استعمال المياه غير التقليديّة في إنتاج محاصيل علفيّة آمنة

محمد منهل الزعبي*[1،2] ومعمر ديوب[1] ووسيم عدلة[1] ورابعة الحايك[1] ومصطفى بدا[1] وندى غيبة[1] وعمر جزدان[2] وإلهام طعمة[2]

(1). الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.
(2). المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، دمشق، سورية.
(*للمراسلة: د. محمد منهل الزعبي. البريد الإلكتروني: manhalzo@yahoo.com).

تاريخ الاستلام: 2017/07/19 تاريخ القبول: 2017/11/30

الملخص:
دُرس تأثير الرّي بمياه الصرف الصحي المعالجة في إنتاجيّة ونوعيّة بعض المحاصيل العلفيّة، حيث نُفذّت تجربة حقلية في مركز بحوث السلمية على محصولي التريتكالي والسيسبان ضمن دورة زراعية، بالتعاون بين المركز العربي (أكساد) والهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية خلال موسمي 2015 و2016، بتصميم القطع المنشقة، حيث تضمّنت طريقتين من طرائق الري (تنقيط، وسطحي) ونوعيتين من مياه الري (مياه جوفية FW، ومياه صرف صحي معالجة TWW)، حيث بلغ مجموع المعاملات أربع وثلاثة مكررات لكلّ معاملة. حُللت التربة والمياه قبل الزراعة. أظهرت النتائج وجود فروق معنويّة في إنتاجيّة محصول التريتكالي بين المعاملات المختلفة، حيث بلغت الإنتاجيّة من الحب عند الري بمياه TWW 2.06 طن/هكتار، مقارنةً بالري بمياه FW 1.39 طن/هكتار. وكان الفرق معنويّاً أيضاً في إنتاجيّة السيسبان كعلف أخضر عند الري بمياه TWW 39.18 طن/هكتار مقارنةً بالري بمياه FW 35.25 طن/هكتار. وكانت الزيادة غير معنويّة في إنتاجية التريتكالي من الحب والقش عند الري بطريقة التنقيط DI (1.88 و7.20) طن/هكتار على التوالي مقارنةً بطريقة الري السطحي SI (1.57 و6.71) طن/هكتار على التوالي. أمّا محصول السيسبان فقد أدّت طريقة الري DI لزيادة معنوية في مردود العلف الأخضر 42.3 طن/هكتار مقارنةً بطريقة الري SI 32.13 طن/هكتار. وكذلك كان الفرق معنويّاً في مردود الحب عند الري بطريقة DI 1.1 طن/هكتار مقارنةً بطريقة الري SI 0.74 طن/هكتار. ولم يلحظ وجود أي فروق معنويّة في تراكم المعادن الثقيلة في التربة عند الري بمياه TWW أو FW، وكذلك بين طريقتي الري بالتنقيط والسطحي، كما لم يلحظ أي فروق معنويّة لتراكم المعادن الثقيلة في النسج النباتية لمحصول التريتكالي، بينما تراكمت المعادن الثقيلة (Pb ,Cr, Co, Cd) في المجموع الخضري لمحصول السيسبان عند الري بمياه TWW (0.14، 5.73، 16.67، 5.383) مغ/كغ على التوالي مقارنةً بالري بمياه FW (0.11، 3.4، 12.5، 3.63) مغ/كغ على التوالي، علماً أنّ جميع هذه التراكيز لمختلف العناصر بقيت ضمن الحدود المسموح بها.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي المعالجة، طرائق ري، نوعية مياه ري، معادن ثقيلة، تريتكالي، سيسبان.

المقدمة:

نظراً لمحدوديّة الموارد المائية في الجمهورية العربية السورية، وما يترتب على ذلك من عجز تراكمي متزايد في الموارد المائية المتاحة للأغراض الزراعيّة، كان لابدَّ من البحث عن مصادر مائية رديفة تدعم الموازنة المائية الحالية، وتهدف لوضع استراتيجية هامة لتوفير الماء العذب للشرب، وتحسين نوعيّة المياه السطحية، وذلك عبر إعادة استعمال مياه الصرف الصحي Wastewater بعد معالجتها في مجال الري الزراعي، وإدخال هذا النوع من المياه غير التقليدية كمورد مائي إضافي متجدد ضمن الموازنة المائية الوطنية (جزدان، 2002) في سقاية بعض المحاصيل كري مقيد، حيث تتجاوز مساحة الأراضي الزراعية التي تستخدم بها هذه النوعية من المياه 37000 هكتاراً في مختلف المحافظات، والتي تشكّل نسبة 2.6% من كامل المساحة المروية.

يؤدي استعمال المياه العادمة المعالجة وغير المعالجة بشكل عشوائي وغير مرشّد إلى آثار بيئيّةٍ هامّة وضارّة على كلٍّ من التربة والمحاصيل الزراعية، والمياه السطحية والجوفية، والصحة العامة والبيئة بشكلٍ عام، وقد تكون سامّة للإنسان والنبات والحيوان، منها العناصر المعدنية الثقيلة، والمواد العضوية وغير العضوية، بخاصة عند وجودها بتراكيزٍ عالية، فتتراكم في التربة ثم تنتقل عبر السلسلة الغذائية إلى النبات والحيوان فالإنسان مسببة أمراضاً خطيرة، كما تؤدّي إلى تغيّراتٍ هامّة في الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة (Alzoubi *et al.*, 2014).

تحتوي مياه الصرف الصحي على أعدادٍ وأنواعٍ كبيرة من الطفيليّات الممرضة، والتي تتضمّن البكتريا والفيروسات والأوليات والديدان، وأنّ هذه الطفيليّات تنتقل إلى مياه الصرف عن طريق الإنسان المريض أو الذي يحمل المرض (Alzoubi *et al*., 2014)، كما أوضح Scott *et al*., (2000) أنّ ماء الصرف الصحي يمكن أن يحتوي على طيفٍ واسع من الطفيليّات التي لها تأثير سلبي على صحة الإنسان والبيئة. إنّ معالجة مياه الصرف الصحي تقلل إلى حدٍّ كبير من الحمولة الممرضة للطفيليّات، ويعتمد ذلك على طريقة المعالجة سواءً الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية. وقد بيّن Khaskhoussy *et al*., (2015) أنّ استعمال المياه المعالَجة في الري يجب أن تكون مشروطة ببعض التدابير والاختبارات مثل: قوام التربة واختيار طرائق الري. كما أوضح Abedi-Koupai *et al*., (2006) أنّ تراكم المعادن الثقيلة قد زاد معنويّاً في التربة عند الري بمياه الصرف الصحي مقارنةً بالري بالمياه الجوفية.

وقد بيّن Andrea *et al*., (2015) أنّ فوائد استخدام المياه المعالَجة يتمثل بخمس نقاط وهي توفير المواد الغذائيّة، وتوفير مصدر للمياه، والمساهمة في الإمدادات الغذائيّة في المناطق الحضرية، وأسلوب لتوليد الدخل ورفع مستوى المعيشة، كما يساهم بتوليد الطاقة عن طريق محاصيل الوقود الحيوي. كما ذكر Abdel-Aziz, (2015) أنّ استعمال المياه المعالَجة أدّى لتحسين خواص التربة الفيزيائية، والكيميائية، وكذلك إنتاجيّة النبات عند المقارنة بالري بالمياه الجوفية. وبيّن Mojiri and Hamidi, (2011) أنّ استعمال المياه المعالَجة أدّى لزيادة تراكيز المعادن الثقيلة في النبات.

تقع محطة معالجة الصرف الصحي في الجهة الغربية من مدينة السلمية، على بعد حوالي 7 كم منها. تعتمد المحطة في عملها على مبدأ بحيرات الأكسدة الطبيعية، وقد تمّ اعتماد هذه الطريقة في المعالَجة بسبب وجود أراضٍ رخيصة ذات مردود متدنٍ، ولتوفر السطوع الشمسي لفترةٍ طويلة من العام، وكذلك درجات الحرارة المرتفعة، بالإضافة إلى الكلفة المتدنية لإنشائها واستثمارها مقارنةً مع الطرق الأخرى في المعالَجة. تمّ توسيع المحطة عام 2011 عن طريق إنشاء أحواض تهوية ميكانيكية وأحواض تخمير وتجفيف الحمأة.

يهدف هذا البحث لدراسة تأثير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على خواص التربة، ورصد العناصر الثقيلة في التربة والمحصول في منطقة السلمية. ودراسة استخدام هذا النوع من المياه في إنتاجيّة المحصول كماً ونوعاً.

مواد البحث وطرائقه:

1. توصيف التربة قبل الزراعة:

أُخذت عيّنات التربة من الطبقة 0–30 سم، وتمّ هضم العيّنات بالطريقة الرطبة (Walinga *et al*., 1995) ثم قُدّر الآزوت المعدني، وتمّ استخلاص الفوسفور المتاح بطريقة أولسن (Olsen *et al*., 1954)، حيث قُدّر بواسطة جهاز المطيافية الضوئية الآلي (Richards, 1962)، وقُدّرت المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة (Jackson, 1958)، كما قُدّرت بعض العناصر الصغرى المتاحة بطريقة الاستخلاص DTBA ثنائي إثيلين ثلاثي أمين خماسي حمض الخل والمعادن الثقيلة بطريقة الماء الملكي، ثم قُدّرت هذه العناصر بجهاز الامتصاص الذري نوع Varian (Issac and Kerber, 1971).

2. تحليل المياه:

قُدّر الكلور بالمعايرة بمحلول نترات الفضة، والكبريتات بطريقة العكارة والكربونات والبيكربونات بالمعايرة بحمض الكبريت. أمّا الكالسيوم والمغنزيوم بالمعايرة بالفيرسينات، وقُدّر البوتاسيوم والصوديوم بجهاز اللهب، وقُدّرت أشكال الآزوت بجهاز المطياف الضوئي الآلي.

و قد حُللت عيّنات المياه جرثومياً، حيث جرى تعداد كلي للبكتريا وعد بكتريا E.Coli وبكتريا السالمونيلا والشيغيلا، وبيوض الديدان، وذلك بإجراء التخفيفات حتى الوصول للتخفيف المناسب بطريقة التخفيف التدريجي والنشر في أطباق تحوي بيئات تفريقية (nutrient agar ، EMB ، SS agar). حُضّنت الأطباق على الدرجة 28 ± 2 مْ لثلاثة أيام. وقُدّر الأكسجين الكيميائي المطلوب COD والأكسجين الحيوي المطلوب BOD.

3. تصميم التجربة:

نُفّذت التجربة بتصميم القطع المنشقة، تشمل نوعين من طرائق الري (تنقيط، سطحي) ونوعين من المياه (مياه جوفية، مياه صرف صحي معالجة) كل معاملة تحوي ثلاث مكررات.

مساحة القطعة التجريبية 4× 4=16 م، عدد المعاملات 4 معاملة، عدد المكررات 3 مكررات. عدد القطع التجريبية 12 قطعة. مساحة التجربة 12 × 16 = 192 م^2.

4. الزراعة:

زُرعت التجربة في مركز بحوث السلمية بالموسم الشتوي بمحصول التريتكالي وذلك في 2015/12/16 وكان الحصاد بتاريخ 2016/6/8، سُمّدت التجربة حسب التوصية السمادية قبل الزراعة بسماد سوبر فوسفات بمعدل 50 كغ/هكتار P_2O_5، وسُمّدت بسماد اليوريا بمعدّل 120 كغ N/هكتار وذلك على دفعتين، وكانت الزراعة على خطوط 25 سم بين الخط والآخر، و5 سم بين النبات والآخر.

زُرع الموسم الصيفي بمحصول السيسبان بتاريخ 2016/7/4 وكان الحصاد بتاريخ 2016/10/26، وحسب توصيات هذا المحصول فهو لا يحتاج لتسميد، وكانت الزراعة على خطوط 50 سم بين الخط والآخر، و5 سم بين النبات والآخر.
تمّ حساب الرطوبة الحقلية وزنياً بأخذ عيّنة تربة قبل الري، وتجفيفها في فرن التجفيف على الدرجة 105مْ حتى ثبات الوزن، وكان عدد الريات 11 رية لمحصول التريتكالي و18 رية لمحصول السيسبان.

5. التحاليل والاختبارات:

- تقدير الإنتاجيّة: وذلك بحصاد متر مربع من كلّ قطعة تجريبية ثم نسبها إلى كامل القطعة.
- تحليل التربة: للفوسفور متاح والآزوت الكلي والمعدني والمادة العضوية والبوتاسيوم المتاح.
- تحليل العناصر الثقيلة في التربة: قُدّرت بعض العناصر الثقيلة الكلية (بطريقة الماء الملكي) بجهاز الامتصاص الذري نوع Varian (Kerber and Issac, 1971).
- تحليل العناصر الثقيلة في النبات: قُدّرت بعض العناصر الثقيلة (الكلية) في مستخلصات النبات بجهاز الامتصاص الذري.

النتائج والمناقشة:

1. تحليل المياه: تبين الجداول 1 و2 نتائج تحليل عينات المياه.

الجدول 1. التحليل الكيميائي لعيّنات المياه

	pH	ECw dS/m	comlc/l						مغ/لتر						
			Ca^{++}	Mg^{++}	HCO_3^-	CO_3^{--}	Cl^-	Na^+	K^+	NO_3^-	B	Cd	Pb	Cr	CO
مياه جوفية	7.26	1.68	3.3	20.4	7.8	24	10.8	8	11.7	3.4	0.24	-	-	-	-
مياه معالجة	7.51	2.62	6.6	5.5	17.2	3.2	8.8	25.5	59	9.5	0.35	0.03	0.2	0.3	2.34
الحدود المسموح بها	-	-	-	60مغ/ل	520مغ/ل	-	500مغ/ل	300مغ/ل	-	30	2	0.05	5	1	5

الجدول 2. التحليل الحيوي لعينات المياه

	TDS	TSS	COD	BOD_5	العكارة
	مغ/ل				
مياه معالجة	2304	234	353	230	232
الحدود المسموح بها	2000	150	20	10	

	Total count cfu/ml	Coil form cfu/ml	Salmonella cfu/ml	Helminth eggs
مياه معالجة	24×10^3	10^4	10^3	.

يبيّن التحليل السابق أنّ جميع المعادن الثقيلة ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية السورية، بينما تجاوز تحليل BOD_5 وCOD الحدود المسموح بها حسب المواصفة السابقة.
من خلال التحاليل الجرثومية يُلاحظ أنّ عيّنة المياه المعالَجة تحتوي على بكتريا القولونيات والسالمونيلا وهذه المؤشرات تجاوزت الحدود المسموح بها في المواصفة القياسية السورية 2752، ولا تحتوي على بيوض الديدان.

2. تحليل التربة قبل الزراعة: تبيّن الجداول 4 و5 نتائج تحليل عيّنات التربة قبل زراعة محصول التريتكالي.

الجدول 3. توصيف التربة قبل الزراعة

العمق	pH	EC_e dS/m	%		مغ/كغ			التحليل الميكانيكي		
			$CaCO_3$	المادة العضوية	N_{min}	$P_{.av}$	$K_{.av}$	رمل	سلت	طين
0 – 20 سم	7.25	0.36	20	2.6	19	17	826	26	26	48
20 – 40 سم	7.47	0.38	20.8	2.87	20	28	980	28	32	40
40 – 60 سم	7.74	0.38	20	2.34	18	10	825	24	22	54

يوضّح التحليل السابق أنّ التربة معتدلة الحموضة، غير مالحة كلسية وذات محتوى جيد من المادة العضوية، وهي متوسطة المحتوى من الآزوت المعدني، وعالية المحتوى من الفوسفور في العمق الأول، وعالية جداً في العمق الثاني، ومتوسطة في العمق الثالث. والتربة عالية المحتوى بالبوتاسيوم، وهي تربة طينية.

الجدول 4. المعادن الثقيلة في التربة قبل الزراعة

العمق	مغ/كغ			
	Cd	Cr	Pb	Co
0 – 20 سم	0.44	21	70	8
20 – 40 سم	0.39	25.7	71	8.5
40 – 60 سم	0.35	30	83	5.8
الحدود المسموح بها	**2 – 0.01**	**150 – 10**	**200 – 2**	**140 -**

من خلال تحليل المعادن الثقيلة في التربة يُلاحظ أنّ معظم تراكيز هذه المعادن هو ضمن الحدود المسموح بها في التربة (Adriano, 1986).

3. إنتاجية محصول التريتكالي: تبيّن الجداول 5، 6 و7 إنتاجية محصول التريتكالي وذلك تحت تاثير معاملات طرائق الري ونوعيّة المياه والتفاعل بينهما.

الجدول 5. إنتاجيّة محصول التريتكالي في معاملات طرائق الري

المعاملات	وزن النبات الكامل (طن/هكتار)	وزن الحب (طن/هكتار)	وزن القش (طن/هكتار)	معامل الحصاد	وزن الألف حبة (غ)
ري سطحي	8.29[a]	1.58[a]	6.71[a]	19.01[a]	41[a]
ري تنقيط	9.01[a]	1.88[a]	7.20[a]	20.3[a]	40.67[a]
$LSD_{0.05}$	**2.25**	**0.45**	**1.82**	**1.349**	**1.129**

من خلال الجدول (5) يلاحظ زيادة الإنتاج زيادة عند الري بالتنقيط في وزن النبات الكامل، ووزن الحب، ووزن القش بنسبة 8، 16، 6.8% على التوالي مقارنةً بالري السطحي.

الجدول 6. إنتاجية محصول التريتكالي في معاملات نوعية المياه

المعاملات	وزن النبات الكامل (طن/هكتار)	وزن الحب (طن/هكتار)	وزن القش (طن/هكتار)	معامل الحصاد	وزن الألف حبة (غ)
مياه معالجة	9.57[a]	2.06[a]	7.51[a]	21.33[a]	40.5[a]
مياه جوفية	7.80[a]	1.4[b]	6.41[a]	17.98[b]	41.17[a]
$LSD_{0.05}$	**2.25**	**0.45**	**1.82**	**1.349**	**1.129**

من خلال الجدول (6) يُلاحظ زيادة الإنتاج زيادةً عند الري بالمياه المعالَجة في وزن النبات الكامل ووزن الحب ووزن القش بنسبة 18.5، 32، 14.6% على التوالي مقارنة بالري بالمياه الجوفية، يمكن تفسير هذه النتائج أنّ استعمال المياه المعالَجة يؤدّي إلى زيادة إنتاجيّة النبات، وذلك لاحتوائها على العناصر المغذية للنبات وهو ما يؤكّده الجدول (1).

الجدول 7. إنتاجية محصول التريتكالي في التفاعل بين طرائق الري ونوعية المياه

المعاملات	وزن النبات الكامل (طن/هكتار)	وزن الحب (طن/هكتار)	وزن القش (طن/هكتار)	معامل الحصاد	وزن الألف حبة (غ)
ري سطحي مياه معالجة	8.73^{a}	1.67^{b}	7.06^{a}	19.13^{b}	40.67^{a}
ري سطحي مياه جوفية	7.85^{a}	1.48^{b}	6.36^{a}	18.9^{bc}	41.33^{a}
ري تنقيط مياه معالجة	10.41^{a}	2.45^{a}	7.96^{a}	23.54^{a}	40.33^{a}
ري تنقيط مياه جوفية	7.76^{a}	1.31^{b}	6.45^{a}	17.06^{c}	41^{a}
$LSD_{0.05}$	**3.19**	**0.64**	**2.58**	**1.908**	**1.597**

من خلال الجدول (7) يُلاحظ التفاعل بين طريقة الري ونوعية المياه حيث تفوّقت معنويّاً المعاملة (ري تنقيط مياه معالَجة) على جميع المعاملات من حيث إنتاجيّة الحبوب، تتوافق نتائج زيادة إنتاجية النبات مع ما توصل إليه Abdel–Aziz, (2015) والذي بين أن استعمال المياه المعالجة أدّى لتحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية وكذلك إنتاجيّة النبات عند المقارنة بالري بالمياه الجوفية.

4. إنتاجيّة محصول السيسبان: يبيّن الجدول 8 إنتاجيّة محصول السيسبان وذلك في معاملات طرائق الري ونوعية المياه والتفاعل بينهما.

الجدول 8. إنتاجيّة محصول السيسبان في معاملات طرائق الري

المعاملات	وزن الحب (طن/هكتار)	وزن القش (طن/هكتار)	وزن النبات كامل (طن/هكتار)
ري سطحي	0.74 b	23.39 a	24.12 a
ري تنقيط	1.1 a	22.7 a	23.8 a
$LSD_{0.05}$	**0.258**	**3.867**	**3.99**

أظهرت نتائج الجدول السابق وجود زيادة معنويّة في إنتاجية محصول السيسبان من الحب عند الري بالتنقيط مقارنةً بالري السطحي، الأمر الذي يبيّن زيادة الإنتاجيّة عند استعمال الري الحديث وذلك من خلال زيادة كفاءة استعمال المياه وتتفق هذه النتائج مع Paul *et al* ., (2013).

الجدول 9. إنتاجية محصول السيسبان في معاملات نوعية المياه

المعاملات	وزن الحب (طن/هكتار)	وزن القش (طن/هكتار)	وزن النبات كامل (طن/هكتار)
مياه معالجة	1.05^{a}	26.73^{a}	27.78^{a}
مياه جوفية	0.785^{a}	19.36^{b}	20.14^{b}
$LSD_{0.05}$	**0.258**	**3.867**	**3.99**

يُلاحظ من الجدول (9) زيادة إنتاجيّة محصول السيسبان من الحبوب عند الري بالمياه المعالجة بنسبة الزيادة 25% مقارنةً بإنتاجيته عند الري بالمياه الجوفية. وكذلك ازدادت إنتاجيّة السيسبان معنويّاً من القش عند الري بالمياه المعالجة مقارنةً بإنتاجيته عند الري بالمياه الجوفية، يمكن تفسير هذه النتائج أنّ استعمال المياه المعالَجة يؤدّي إلى زيادة إنتاجية النبات، وذلك لاحتوائها على العناصر المغذية للنبات، وتتوافق هذ النتائج مع ما توصل إليه El-Nahhal *et al* ., (2013) الذين بيّنوا أنّ استعمال المياه المعالجة أدّى لزيادة إنتاجيّة النبات مقارنةً بالري بالمياه الجوفية .

الجدول 10. إنتاجية محصول السيسبان في التفاعل بين طرائق الري ونوعية المياه

المعاملات	وزن الحب (طن/هكتار)	وزن القش(طن/هكتار)	وزن النبات كامل (طن/هكتار)
ري سطحي مياه معالجة	0.87^{bc}	29.69^{a}	30.56^{a}
ري سطحي مياه جوفية	0.6^{c}	17.09^{c}	17.69^{c}
ري تنقيط مياه معالجة	1.237^{a}	23.77^{b}	25.01^{ab}
ري تنقيط مياه جوفية	0.967^{ab}	21.64^{bc}	22.6^{bc}
$LSD_{0.05}$	**0.3648**	**5.468**	**5.647**

يبيّن الجدول السابق زيادةً معنويّةً في وزن الحب عند الري بالمياه المعالَجة بطريقة الري بالتنقيط وكانت أفضل المعاملات من حيث مردود الحب، وتفوقت هذه المعاملة على معاملة الري السطحي بالمياه المعالجة والجوفية. كما يُلاحظ من الجدول فروق معنويّة عند الري بالمياه المعالجة في وزن القش مقارنة بالمياه الجوفية، وكذلك كان التفوق واضحاً للمعاملات المروية بالمياه المعالجة مقارنةً بالمياه الجوفية.

5. تحليل التربة بعد الحصاد: تبيّن الجداول 11 و12 و13 تحاليل التربة بما فيها المعادن الثقيلة ضمن معاملات طرائق الري ونوعية المياه والتفاعل بينهما وذلك بعد حصاد محصول تريتكالي.

الجدول 11. تحاليل التربة بعد حصاد محصول تريتكالي في معاملات طرائق الري

	%		مغ/كغ						
المعاملات	**المادة العضوية**	**الآزوت الكلي**	**الآزوت المعدني**	**الفوسفورالمتاح**	**البوتاسيوم المتاح**	**Cd**	**Cr**	**Pb**	**CO**
ري سطحي	2.74^{a}	0.395^{a}	31.5^{a}	37.8^{a}	976^{a}	0.567^{a}	29.67^{a}	29.18^{a}	43.2^{a}
ري تنقيط	2.80^{a}	0.328^{a}	29.2^{a}	33.2^{a}	964^{a}	0.508^{a}	28.50^{a}	30.67^{a}	41.2^{a}
$LSD_{0.05}$	**0.576**	**0.1575**	**16.89**	**16.38**	**212.8**	**0.1364**	**4.685**	**4.668**	**6.95**

يبيّن الجدول (12) عدم وجود فروق معنويّة في جميع التحاليل الخصوبية والمعادن الثقيلة عند الري بالمياه المعالجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية.

الجدول 12. تحاليل التربة بعد حصاد محصول تريتكالي في معاملات نوعية المياه

	%		مغ/كغ						
المعاملات	**المادة العضوية**	**الآزوت الكلي**	**الآزوت المعدني**	**الفوسفور المتاح**	**البوتاسيوم المتاح**	**Cd**	**Cr**	**Pb**	**CO**
مياه معالجة	2.95^{a}	0.407^{a}	37.0^{a}	46.5^{a}	1091^{a}	0.515^{a}	29^{a}	29.53^{a}	43^{a}
مياه جوفية	2.58^{a}	0.317^{a}	23.7^{a}	24.5^{b}	848^{b}	0.560^{a}	29.17^{a}	30.32^{a}	41.3^{a}
$LSD_{0.05}$	**0.576**	**0.1575**	**16.89**	**16.38**	**212.8**	**0.1364**	**4.685**	**4.668**	**6.95**

وبيّنت نتائج تحليل التربة في الجدول (12). زيادة كلٍّ من الفوسفور المتاح والبوتاسيوم المتاح في التربة عند الري بالمياه المعالَجة زيادة معنويّة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية. ولم يلحظ فروق معنويّة في تراكم المعادن الثقيلة في التربة عند الري بالمياه المعالَجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية.

الجدول 13. تحاليل التربة بعد حصاد محصول تريتكالي في التفاعل بين طرائق الري ونوعية المياه

المعاملات	%		مغ/كغ						
	المادة العضوية	الآزوت الكلي	الآزوت المعدني	الفوسفورالمتاح	البوتاسيوم المتاح	Cd	Cr	Pb	CO
ري سطحي مياه معالجة	2.93[a]	0.473[a]	38.3[a]	49.3[a]	1099[a]	0.527[a]	29[a]	30.40[a]	44.7[a]
ري سطحي مياه جوفية	2.54[a]	0.317[a]	24.7[a]	26.3[ab]	852[a]	0.607[a]	30[a]	27.97[a]	41.7[a]
ري تنقيط مياه معالجة	2.97[a]	0.340[a]	35.7[a]	43.7[ab]	1083[a]	0.503[a]	29[a]	28.67[a]	41.4[a]
ري تنقيط مياه جوفية	2.62[a]	0.317[a]	22.7[a]	22.7[b]	844[a]	0.513[a]	28[a]	32.67[a]	41[a]
LSD 0.05	**0.815**	**0.2227**	**17.88**	**23.16**	**300.9**	**0.1929**	**6.626**	**6.602**	**9.83**

كما لم يلحظ فروق معنويّة في تراكم المعادن الثقيلة في التربة عند دراسة التفاعل بين طريقة الري ونوعيته. إنّ تراكيز هذه المعادن هو ضمن الحدود المسموح بها في التربة (Adriano, 1986).

6. تحليل النبات بعد الحصاد: يبيّن الجدول (14) تحاليل المعادن الثقيلة في النبات وذلك بعد حصاد محصول تريتكالي.

الجدول 14. المعادن الثقيلة في نبات تريتكالي في معاملات طرائق الري

المعاملات			المعادن الثقيلة مغ/كغ			
			Cd	Cr	Pb	CO
سطحي	معالجة	حب	0.21	3.1	2.2	9.8
		قش	0.08	1.3	0.42	6.1
	جوفية	حب	0.22	2.3	2.3	13
		قش	0.09	1.1	0.46	6.2
تنقيط	معالجة	حب	0.21	5.1	2.1	11
		قش	0.08	1	0.35	6.3
	جوفية	حب	0.22	5.5	2.3	13
		قش	0.09	1.3	0.3	9.8

لم يلحظ من الجدول السابق زيادة معنويّة في تراكيز الكادميوم والكروم والرصاص والكوبالت عند الري بالمياه المعالَجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية. وتُبيّن الجداول 15، و16، و17 تحاليل المعادن الثقيلة ضمن معاملات طرائق الري و نوعيّة المياه والتفاعل بينهما وذلك بعد حصاد محصول السيسبان.

الجدول 15. المعادن الثقيلة في نبات السيسبان في معاملات طرائق الري

المعاملات	المعادن الثقيلة (مغ/كغ)			
	Cd	Cr	Pb	CO
ري سطحي	0.1383[a]	5.25[a]	16[a]	5.250[a]
ري تنقيط	0.1133[b]	3.88[b]	13.17[b]	3.767[b]
LSD 0.05	**0.00971**	**0.76**	**1.053**	**0.2632**

ويبيّن الجدول (15) زيادة تراكيز جميع المعادن الثقيلة في المجموع الخضري زيادةً معنويّةً عند الري بطريقة الري السطحي مقارنةً بالري بطريقة الري بالتنقيط، إلا أنّ هذه جميع تراكيز هذه المعادن ضمن الحدود المسموح بها عالمياً.

الجدول 16. المعادن الثقيلة في نبات السيسبان في معاملات نوعية المياه

المعاملات	المعادن الثقيلة (مغ/كغ)			
	Cd	Cr	Pb	CO
مياه معالجة	0.14[a]	5.73[a]	16.67[a]	5.383[a]
مياه جوفية	0.1117[b]	3.4[b]	12.5[b]	3.633[b]
$LSD_{0.05}$	0.0097	0.76	1.053	0.2632

ويبيّن الجدول (16) زيادة تراكيز جميع المعادن الثقيلة في المجموع الخضري زيادةً معنويّةً عند الري بالمياه المعالجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية، وذلك لاحتواء هذه المياه على المعادن الثقيلة وهذا ما أكّده Mojiri and Hamidi, (2011) اللذين بيّنا أنّ استعمال المياه المعالَجة أدّى لزيادة تراكيز المعادن الثقيلة في النبات. إلا أنّ هذه جميع تراكيز هذه المعادن ضمن الحدود المسموح بها عالمياً.

الجدول 17. المعادن الثقيلة في نبات السيسبان في التفاعل بين طرائق الري ونوعية المياه

المعاملات	المعادن الثقيلة (مغ/كغ)			
	Cd	Cr	Pb	CO
ري سطحي مياه معالجة	0.1633[a]	6.6[a]	19.33[a]	6.633[a]
ري سطحي مياه جوفية	0.1133[b]	3.9[bc]	12.67[bc]	3.867[b]
ري تنقيط مياه معالجة	0.1167[b]	4.87[b]	14[b]	4.133[b]
ري تنقيط مياه جوفية	0.11[b]	2.9[c]	12.33[c]	3.4[c]
$LSD_{0.05}$	**0.01373**	**1.074**	**1.489**	**0.3723**

من خلال الجدول السابق يُلاحظ أنّ أعلى كميّة للكاديوم كانت عند الري السطحي للمياه المعالَجة والتي أبدت فروقاً معنويّةً مقارنةً بجميع المعاملات، ويمكن تفسير هذه النتيجة بأنّ استعمال المياه المعالَجة يؤدّي إلى زيادة تركيز الكاديوم وذلك لاحتواء هذه المياه على معدن الكاديوم وخصوصاً عند الري السطحي، حيث كميّة المياه المقدّمة للمحصول أكبر من الري بالتنقيط وبالتالي زيادة الكاديوم، وتتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Alghobar and Suresha, (2016) اللذين بيّنا أنّ استعمال المياه المعالَجة أدى لزيادة تركيز الكاديوم في النبات مقارنةً بالري بالمياه العذبة. وتفوقت ظاهريّاً المعاملة (ري تنقيط مياه معالَجة) على معاملة المياه الجوفية عند الري بالتنقيط والري السطحي.

وبالنسبة للكروم كذلك كانت أعلى كميّة للكروم عند الري بالري السطحي للمياه المعالجة والتي أبدت فروقاً معنويّة مقارنةً بجميع المعاملات، وتفوقت معنويّاً المعاملة المروية بالمياه المعالجة بالتنقيط على المروية بالمياه الجوفية بنفس طريقة الري، وتتوافق هذ النتائج مع ما توصل إليه Alghobar and Suresha, (2016) اللذين وضّحا أنّ استعمال المياه المعالجة أدّى لزيادة تركيز الكروم في النبات مقارنةً بالري بالمياه العذبة.

كانت أعلى كميّة للرصاص عند الري بالري السطحي للمياه المعالَجة والتي أبدت فروق معنويّة مقارنةً بجميع المعاملات، وتفوقت معنويّاً المعاملة المروية بالمياه المعالجة بالتنقيط على المروية بالمياه الجوفية بنفس طريقة الري.

كانت أعلى كميّة للكوبالت عند الري بالري السطحي للمياه المعالَجة والتي أبدت فروقاً معنويّةً مقارنةً بجميع المعاملات، وتفوقت معنويّاً المعاملة المروية بالمياه المعالَجة بالتنقيط على المروية بالمياه الجوفية بنفس طريقة الري. إنّ تراكيز هذه المعادن هو ضمن الحدود المسموح بها في النبات (Adriano, 1986).

7. **دراسة الاحتياج المائي:** يبيّن الجدول 18، 19 الاحتياج المائي لنبات التريتكالي والسيسبان

الجدول 18. الاحتياج المائي لمحصول التريتكالي

المعاملة		رطوبة بداية الموسم (م³/هكتار)	السقايات المقدمة الفعلية (م³/هكتار)	الهطول (م³/هكتار)	رطوبة نهاية الموسم (م³/هكتار)	الاستهلاك المائي الفعلي (م³/هكتار)	المردود الحبي (كغ/هكتار)	كفاءة استعمال المياه (كغ/م³)
سطحي	معالجة	840	6002	1567	1200	7209	1670	0.23
	جوفية						1483	0.21
تنقيط	معالجة	880	4238		1080	5605	2453	0.44
	جوفية						1307	0.23

يبيّن الجدول السابق زيادة كفاءة استعمال المياه عند الري بالتنقيط بالمياه المعالجة مقارنةً بالمياه الجوفية، وكذلك كانت كفاءة استعمال المياه في الري السطحي أفضل في المعاملة المروية بالمياه المعالجة مقارنة بالري بالمياه الجوفية. وبلغ الاحتياج المائي للتريتيكالي عند الري بالتنقيط 4238 م³/هكتار، مقارنة عند الري السطحي 6002 م³/هكتار.

الجدول 19. الاحتياج المائي لمحصول السيسبان

المعاملة		رطوبة بداية الموسم (م³/هكتار)	السقايات المقدمة الفعلية (م³/هكتار)	الهطول (م³/هكتار)	رطوبة نهاية الموسم (م³/هكتار)	الاستهلاك المائي الفعلي (م³/هكتار)	المردود الحبي (كغ/هكتار)	كفاءة استعمال المياه (كغ/م³)
سطحي	معالجة	720	11304		1470	10554	869	0.08
	جوفية			0			603	0.057
تنقيط	معالجة	680	7828		1400	7108	1238	0.17
	جوفية						967	0.14

يبيّن الجدول السابق زيادة كفاءة استعمال المياه عند الري بالتنقيط بالمياه المعالَجة مقارنةً بالمياه الجوفية، وكذلك كانت كفاءة استعمال المياه في الري السطحي أفضل في المعاملة المروية بالمياه المعالجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية. وبلغ الاحتياج المائي للسيسبان عند الري بالتنقيط 7828م³/هكتار، مقارنة عند الري السطحي 11304م³/هكتار.

الاستنتاجات:

- ازداد إنتاج المحاصيل العلفية (التريتكالي والسيسبان) عند الري بالتنقيط مقارنةً بالري السطحي، كذلك عند الري بالمياه المعالجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية.
- أدّى استعمال المياه المعالجة لتخصيب التربة بالمادة العضوية والأزوت والفوسفور والبوتاسيوم عند الري بالمياه المعالَجة مقارنةً بالري بالمياه العذبة.
- ازداد معنويّاً تركيز الكادميوم والكروم والرصاص والكوبالت في قش محصول التريتكالي وفي أوراق محصول السيسبان عند الري السطحي مقارنةً بالري بالتنقيط.
- ازداد معنويّاً تركيز الكادميوم والكروم والرصاص والكوبالت في أوراق محصول السيسبان عند الري السطحي مقارنةً بالري بالتنقيط، وعند الري بالمياه المعالَجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية. إلا أنّ تراكيز هذه المعادن في النبات هي ضمن الحدود المسموح بها.
- لم يلحظ فروق معنويّة في تراكم المعادن الثقيلة في التربة عند الري بالمياه المعالجة مقارنةً بالري بالمياه الجوفية.

المراجع:

جزدان، عمر (2000). دراسة تأثير الري بالمياه العادمة المعالجة وغير المعالجة في خصائص التربة الفيزيائية والهيدروفيزيائية والكيميائية وفي إنتاجية بعض الخضر والمحاصيل باستعمال الأحواض الليزيمترية. رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم التربة واستعمالات المياه، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

Abdel-Aziz, R. (2015). Impact of treated wastewater irrigation on soil chemical properties and crop productivity. International Journal of Water Resources and Arid Environments. 4(1): 30-36.

Abedi-Koupai, J.; B. Mostafazadeh-Fard; M. Afyuni; M.R. Bagheri (2006). Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. Plant Soil Environ., 52(8): 335–344

Adriano, D.C. (1986). Trace element in the terrestrial environment. Springer–Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Alghobar, Mohammed Abdullah; and S. Suresh (2016). Effect of wastewater irrigation on growth and yield of rice crop and uptake and accumulation of nutrient and heavy metals in soil. Applied Ecology and Environmental Sciences. 4(3): 53-60.

Alzoubi, M.M.; O. Jouzdan; A. Majar; M.N. Haboub; M. Hakkoun; H. Drwesh (2014). Treated waste water use in agriculture. General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR In collaboration with ACSAD and ICBA). Damascus, Syria. Pp 2-63.

Andrea, M.; G.J. Ariela Salas Barboza; Valeria Garcés; María S. Rodríguez Alvarez; Martín A. Iribarnegaray; Viviana I. Liberal; Graciela E. Fasciolo; Jules B. van Lier; and Lucas Seghezzo (2015). The use of (treated) domestic wastewater for irrigation: current situation and future challenges. International Journal of Water and Wastewater Treatment. 12: 1-10.

El-Nahhal, Y.; K. Tubail; M. Safi; and J. Sufi (2013). Effect of treated waste water irrigation on plant growth and soil properties in Gaza strip, Palestine. American Journal of Plant Sciences. 4: 1736-1743 .

Isaac, R.; and J.D. Kerber (1971). Atomic Absorption and flame photometry, techniques and uses in soils, plant and water analysis. In L.M. Walsh(ed) . Soil. Sci. Soc of Amer. Madison W. I17-37.

Jackson, L. (1958). Soil chemical analysis, Prentice Hall Inc. Englewood Cliffe N. J: 151-153 and 331-334.

Khaskhoussy, K.; B. Kahlaoui; B. Messoudi Nefzi; O. Jozdan; A. Dakheel; M. Hachicha (2015). Effect of treated wastewater irrigation on heavy metals distribution in a Tunisian soil. Engineering, Technology & Applied Science Research. 5(3): 805-810.

Amin, M.; and A. Hamidi (2011). Effect of municipal wastewater on accumulation of heavy metals in soil and wheat (*triticum aestivum* L.) with two irrigations. Nardi Fundulea, Romania Romanian Agricultural Research. (28).

Olson, R.S.; C.V. Cole; S. Watanabe; and L.A. Dean (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular No.939.

Paul, J.C., J.N. Mishra, P.L. Pradhan, and B. Panigrahi (2013). Effect of drip and surface irrigation on yield, water-use-efficiency and economics of capsicum (capsicum annum l.) Grown under mulch and non-mulch conditions in eastern coastal India. European Journal of Sustainable Development. 2(1): 99-108.

Richards, L.A. (1962). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Agricultural hand book no 60 United states Department of Agriculture.

Scott, C.A.; A.J. Zarazúa; and G. Levine (2000). Urban-Wastewater reuse for crop production in the water-short Guanajuato River Basin, Mexico. IIMI Research Report no. 41. International Irrigation Management Institute (IIMI). Colombo. Sri Lanka.

Walinga, I.; J. Van Der; V. Houba; W. Van Vark; and I. Novozamsky (1995). Plant analysis manual. Kluwer Academic Publishers. London.

Use of Non-Conventional Water in the Production of Safe Fodder Crops

Mahammad Manhal Al-Zubi*(1) Moaammar Dayyoub(1) Wasim Adla(1) Rabiaa Al-Hayek(1) Mostafa Badda(1) Nada Ghaiba(1) Omar Jezdan(2) and Ilham Taameh(2)

(1). General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSR), Damascus, Syria.
(2). Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD), Damascus, Syria.
(*Corresponding author: Dr. Mahammad Manhal Al-Zubi.
E-Mail: manhalzo@yahoo.com).

Received: 19/07/2017 Accepted: 30/11/2017

Abstract:
An experiment was conducted for two seasons 2015 -2016, to study the effect of treated waste water (TWW) on some fodder crops productivity at Salamieh Research Center (GCSAR), on triticale and sesbania crops within crop rotation. This experiment was conducted with collaboration between (ACSAD) and (GCSAR). The experimental design was split plot design with three replicates, using drip irrigation (DI) and surface irrigation (SI) systems with two treatments namely fresh water (FW) and (TWW). Soil and water were analyzed before cultivation. The results showed significant differences in the productivity of triticale grain yield of the treatments irrigated with (TWW) (2.06 ton/ha) compared to the treatments irrigated with (FW) (1.39 ton/ha). Also, significant differences in the productivity of sesbania green fodder yield of the treatments irrigated with (TWW) (39.18 ton/ha) compared to the treatments irrigated with (FW) (35.25 ton/ha). The increasing of triticale grain and straw yields were not significant in the treatments irrigated with (DI) (7.2 and 1.88 ton/ha, respectively) compared to the treatments irrigated with (SI) (1.57 and 6.71 ton/ha, respectively). Furthermore, results showed significant differences in productivity of sesbania green fodder yield in the treatments irrigated with (DI) (42.3 ton/ha) compared to the treatments irrigated with SI (32.13 ton/ha). Also, the differences in productivity of sesbania grain yield was significant in the treatments irrigated with (DI) (1.1 ton/ha) compared to the treatments irrigated with (SI) (0.74 ton/ha). No significant differences in soil heavy metals results when treatments irrigated with (TWW) or (FW), as well as treatments irrigated with DI or SI. It was noticed that there were no significant differences in plant heavy metals results in triticale crop, whereas, significant differences were noticed in heavy metals (Pb ,Cr, Co, Cd) in green fodder when treatments irrigated with (TWW) (5.38, 16.67, 5.73, and 0.14 mg/kg, respectively) compared to the treatments irrigated with (FW) (3.63, 12.5, 3.4, 0.11 mg/kg, respectively), taking into consideration that heavy metals accumulated in soil and plant were within acceptable limits.

Key words: Treated wastewater, Irrigation methods, Water quality, Heavy metals, Triticale, Sesbania.