



# تأثير الري بمياه الصرف الصحي على أشجار الليمون

## Effects of treated wastewater irrigation on lemon trees

Francisco Pedrero, Juan José Alarcón\*

Irrigation Department, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC),  
Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, Spain

### الملخص

هذا البحث يركز على دراسة وتقييم تأثيرات استخدام مياه الصرف الصحي على أشجار الحمضيات وبالأخص الليمون. وقد تم تجهيز طريقتين عمليتين للري باستخدام نوعين من النفايات السائلة لمياه الصرف الصحي وتم مقارنة النتائج بينهما. مواقع إجراء التجربة كانت في مورسيا في اسبانيا و جنوب شرق اسبانيا. موقع التجربة الأولى كان في مدينة قرطاجنة، حيث تم إجراء معالجة إضافية لمياه الصرف الصحي. أما التجربة الثانية فكانت فيم مدينة Campotejar في اسبانيا، في هذه الحالة المياه المستخدمة هي خليط من مياه بئر ومياه صرف صحي ناتجة من محطة معالجة. ولقد كانت الموصلية الكهربائية ((electrical conductivity (EC)، ونسبة التعكير والمواد الصلبة المذابة ( turbidity and total dissolved solids (TDS)) في مدينة قرطاجنة أعلى من مدينة Campoteja. ولوحظ أن مستوى عالي من الموصلية الكهربائية في كلا من الموقعين وهذا يعود في الأساس إلى وجود تركيز عالي من الكلوريد والبرون.

بالرغم من عدم ملاحظة وجود تسمم في الأوراق، إلا أن الملوحة وتجمع عنصر البرون يمكن أن يعتبر المشكلة الأساسية للري بمياه الصرف الصحي في منطقة مورسيا. التحليلات الميكروبيولوجية كشفت عن غياب مخلفات الحيوانات والبكتيريا *E. coli* وبيض دودة الـ helminth في مياه الصرف الصحي المعالجة وفي تربة منطقة Campotejar، ولكن في قرطاجنة فان مياه الصرف الصحي المعالجة تحتوي على مخلفات الحيوانات والبكتيريا faecal coliforms بمستويات تفوق الحد المسموح به صحياً.



## 1. المقدمة

في الكثير من المناطق في العالم، استخدمت مياه الصرف الصحي المعالجة بنجاح في عملية الري، والكثير من الباحثين سجلوا الكثير من فوائدها [1,2]. ففي دول حوض البحر المتوسط، ازداد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه واستخدام مياه الصرف الصحي أصبح مهما لما يحتويه على عناصر غذائية. ففي اليابان تم دراسة إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لري الخضروات وقد أجريت هذه الدراسة بواسطة [3] Kalavrouziotis et al. لقد استنتجوا ان هناك توجه مستقبلي لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، ولكن يجب أن يكون هناك تقبل من المجتمع لهذه الفكرة لكي تنفذ، والكثير من الأعمال الضرورية مطلوبة لتقليل معامل المخاطرة على الصحة البشرية وان تجعل المستخدم أكثر أمنا.

إن الكثير من الدراسات وضحت مزايا وعيوب استخدام مياه الصرف الصحي في الري للعديد من المحاصيل [4]. وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي يعتبر خيار جيد لزيادة مصادر المياه المتاحة للزراعة. ومن أحد منافعها هو إن استفادة النباتات من المواد الغذائية المعدنية المتوفرة فيها وبالتالي تعمل على التقليل من التلوث الناتج عن مياه الصرف الصحي والتي قد تتسرب إلى أسطح مصادر المياه [5]. على كل حال، بالاعتماد على المصادر الطبيعية وعمليات المعالجة، فان مخلفات مياه الصرف الصحي قد تحتوي على تراكيز عالية من الأملاح، والمعادن الثقيلة، والفيروسات والبكتيريا وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي من الممكن أن تحدث تأثيرات في التربة والنباتات غير مرغوب فيها مع تأثير مباشر على استقرار التربة للحراثة وتوفر مصادر المياه.

موضوع جودة المياه الحالية الناتجة عن إعادة الاستخدام في مجال الزراعة مركز على مقدار المواد الصلبة المذابة فيه (TDS)، و نسبة الملوحة [6]، ومعامل الميكروبات البيولوجية التي ممكن ان تسبب مشاكل صحية [7]. كما ان هناك عوامل أخرى لها علاقة بجودة المياه المعاد استخدامها وهي تلك التي أشار إليها كلا من Levine و [2] Asano، وهناك اعتبارات مهمة على تأثيرات المدى البعيد على المحاصيل المعدة للاستخدام البشري التي رويت بمياه الصرف الصحي.



الغرض من هذه الدراسة هو دراسة تأثيرات إعادة معالجة مياه الصرف الصحي لاستخدامها في ري أشجار الحمضيات. والهدف من هذه الدراسة هو المقارنة بين مصدرين من مصادر المياه المعالجة، أحد هذه المصادر تم الحصول عليه من معالجة ثانوية والمصدر الثاني عبارة عن معالجة من الدرجة الثالثة ودراسة تأثيراتهم على الخواص الكيميائية للتربة وعلى حالة المعادن في أوراق الشجر.



### 3. النتائج والمناقشة

التحليلات لكلا النوعين من أنواع الري المستخدمة أظهرت فروقات واضحة في تركيبها.

Table 1

Physicochemical and microbiological analysis of irrigation water used in both locations (Cartagena and Campotejar). Data contain average values derived from all samples collected during 2006

		Cartagena	Campotejar	t-test	Recommended range
Macroelements (ppm)	Na	334 ± 34	311 ± 15	ns	0-900
	K	42 ± 12	25 ± 10	ns	0-100
	Ca	107 ± 26	69 ± 20	ns	0-200
	Mg	50 ± 10	41 ± 9	ns	0-60
Microelements (ppm)	Fe	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.03	ns	0-1.5
	B	1.39 ± 0.03	0.84 ± 0.03	*	0-1
	Mn	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.01	ns	0-1.5
Heavy metals (ppm)	Ni	0.12 ± 0.03	0.11 ± 0.04	ns	0-2
	Cd	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	ns	0-0.05
	Cr	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.01	ns	0-1
	Cu	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	ns	0-3
	Pb	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	ns	0-1
	Zn	0.11 ± 0.02	0.03 ± 0.02	ns	0-1
Anions (ppm)	Chlorides	221 ± 14	170 ± 12	*	0-100
	Nitrates	3.86 ± 1.36	5.91 ± 1.22	ns	0-50
	Phosphates	3.10 ± 0.60	3.00 ± 0.10	ns	0-15
	Sulphates	354 ± 185	529 ± 167	ns	0-400
Physicochemical parameters	pH	8.28 ± 0.57	7.94 ± 0.71	ns	6.5-8.5
	EC (dS/m)	2.82 ± 0.26	2.10 ± 0.10	*	0.7-3
	TDS (mg/l)	1589 ± 362	945 ± 54	*	450-2000
	Turbidity (NTU)	6.02 ± 1.90	1.89 ± 0.47	*	0-5
Microbiological parameters	Faecal coliforms (UFC/100 ml)	430 ± 125	<10	*	0-200
	<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	<10	<10	ns	0-100
	Helminth (eggs/10 l)	<10	<10	ns	<1

Mean content ( $n=12$ ), \*, statistically significant at  $P < 0.05$  level of significance.

#### الجدول 1

التحليلات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للري بالمياه المستخدمة في كلا المنطقتين (قرطاجنة و Campotejar) البيانات تحتوي على متوسط القيمة المشتقة من كل العينات المجمعّة خلال العام 2006.



مياه قرطاجنة أظهرت ارتفاعا كبيرا في قيم EC، وTDS ومستوى العكارة. هذه المياه أيضا احتوت على تراكيز عالية من الكلوريد والبرون (انظر الجدول 1). بصفة عامة، اغلب العناصر التي حللت في مياه ري مدينة قرطاجنة أظهرت تراكيز عالية أكثر من تلك الموجودة في مدينة Campotejar. هذه النتائج الواقعية هي من جزء كبير من مدينة Campotejar's تستخدم 50% مياه أبار مخلوطة مع مياه صرف صحي معالجة.

في كلا الموقعين، كانت مياه الري عسرة وفيها مستوى مرتفع قليلا من pH. في مثل هذه الظروف فإنه من المهم ان نطبق محلول حامضي مصحح لتجنب المغانيسيوم والرواسب الكلسية [11]. هي الرواسب تعمل انسدادات، والتي تعتبر واحدة من أهم المشاكل المرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي بطريقة الري بالتنقيط.

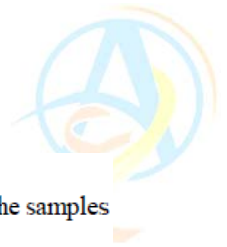


Table 2

Physicochemical and microbiological analysis of soils in Cartagena. Data contain average values derived from the samples collected before and after the application of treated wastewater

		Before	After	t-test	Recommended range
Chemical analysis	Organic matter (%)	1.38 ± 0.12	1.40 ± 0.13	ns	0–1.75
	N (%)	0.08 ± 0.02	0.10 ± 0.02	ns	0.13–0.18
	Na (ppm)	1183 ± 183	900 ± 225	ns	0–2000
	K (ppm)	437 ± 44	358 ± 32	ns	190–300
	Ca (ppm)	1460 ± 227	1417 ± 190	ns	0–3000
	Mg (ppm)	487 ± 30	422 ± 48	ns	300–600
	Fe (ppm)	332 ± 86	237 ± 21	ns	100–400
	B (ppm)	206 ± 15	259 ± 12	*	2–200
	Mn (ppm)	177 ± 13	278 ± 15.22	*	250–1700
	Ni (ppm)	0.15 ± 0.03	0.09 ± 0.04	ns	0–10
	Cd (ppm)	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.01	ns	0.01–7
	Cr (ppm)	0.02 ± 0.01	0.21 ± 0.01	*	0–5
	Cu (ppm)	0.76 ± 0.15	1.11 ± 0.01	*	1–10
	Pb (ppm)	3.75 ± 1.34	3.74 ± 1.69	ns	2–200
	Zn (ppm)	3.15 ± 0.49	3.57 ± 0.12	ns	3–20
	Chlorides (ppm)	2063 ± 20	2231 ± 25	*	0–3000
	Nitrates (ppm)	402 ± 32	522 ± 42.20	*	0–1000
	Sulphates (ppm)	839 ± 110	887 ± 167	ns	0–2000
pH	7.84 ± 0.12	7.93 ± 0.18	ns	6.5–7.5	
EC (dS/m)	0.22 ± 0.01	0.31 ± 0.01	*	0.1–0.7	
Microbiological parameters	Faecal coliforms (UFC/100 ml)	<10	7300 ± 250	*	0–1000
	<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	<10	<10	ns	0–100
	Helminths (eggs/10l)	<10	<10	ns	<1

Mean content ( $n = 12$ ), \*, statistically significant at  $P < 0.05$  level of significance.

## الجدول 2

التحليلات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للتربة في قرطاجنة. البيانات تحتوي على قيم متوسطة ناتجة من العينات المجمعة قبل وبعد استخدام مياه الصرف الصحي

مشاكل الملوحة ممكن أن تظهر عندما يكون EC لمياه الري اكبر من 1.5 dS/m. كلا النوعين من مياه الري المستخدمة هنا تظهر قيم عالية من EC، وحيث أن القيمة الأكبر في مدينة قرطاجنة (قريبة من 3 dS/m) وهي أكبر من الموجودة في مدينة Campotejar (حوالي 2 dS/m). مشكلة الملوحة



هذه تكون ذات تأثير كبير بشكل خاص على أشجار الليمون، والتي تعتبر من أكثر المحاصيل حساسية للأملح [12].

المستوى المرتفع لـ EC الذي لوحظ في تجاربنا كان بالأساس ناتج عن التركيز العالي للكوريد والبرون في كلا الموقعين (الجدول 1). المستويات العالية للكوريد في أشجار الحمضيات من الممكن أن تسبب نقصان في معدل نمو النباتات ويقلل من تبادل الغازات في الورق [13]. المستويات العالية للبرون يمكن أيضا ان يتسبب في مشاكل تسمم نباتي لأشجار الحمضيات [14]. في الكثير من النشرات العلمية وضحت ان البرون يقلل من نمو الشجرة ومن إنتاجيتها ويساهم في سقوط أوراق الشجر واصفرار الأغصان [15].

كما ان مياه الصرف الصحي تحتوي أيضا على كمية من المعادن السامة [16,17] ولهذا فان استخدام مياه الصرف الصحي على المدى الطويل قد يتسبب في تراكم مواد سامة من المعادن الثقيلة مع ظهور آثار غير مرضية على نمو النبات [18].

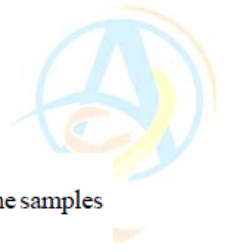


Table 3

Physicochemical and microbiological analysis of soil in Campotejar. Data contain average values derived from the samples collected before and after the application of treated wastewater

		Before	After	t-test	Recommended range
Chemical analysis	Organic matter (%)	1.59 ± 0.10	1.65 ± 0.23	ns	0–1.75
	N (%)	0.10 ± 0.02	0.12 ± 0.22	ns	0.13–0,18
	Na (ppm)	900 ± 225	683.21 ± 25.22	*	0–2000
	K (ppm)	358 ± 00	380 ± 20	ns	190–300
	Ca (ppm)	1417 ± 190	1510 ± 10.25	ns	0–3000
	Mg (ppm)	422 ± 48	430 ± 4.15	ns	300–600
	Fe (ppm)	237 ± 21	242 ± 25	ns	100–400
	B (ppm)	59 ± 12	134 ± 24	*	2–200
	Mn (ppm)	178 ± 14	171 ± 16	ns	250–1700
	Ni (ppm)	0.09± 0.04	0.04± 0.02	ns	0–10
	Cd (ppm)	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	ns	0.01–7
	Cr (ppm)	0.02 ± 0.01	0.08 ± 0.01	ns	0–5
	Cu (ppm)	1.06 ± 0.21	0.85 ± 0.04	ns	1–10
	Pb (ppm)	3.44 ± 1.69	5.23 ± 1.02	ns	2–200
	Zn (ppm)	3.24 ± 0.12	7.20 ± 0.47	*	3–20
	Chlorides (ppm)	1381 ± 25	1110 ± 26.55	*	0–3000
	Nitrates (ppm)	346 ± 40	210 ± 10.22	ns	0–1000
	Sulphates (ppm)	887 ± 167	1320 ± 141	*	0–2000
	pH	7.93 ± 0.18	7.89 ± 0.18	ns	6.5–7.5
	EC (dS/m)	0.09 ± 0.01	0.15 ± 0.03	*	0.1–0.7
Microbiological parameters	Faecal coliforms (UFC/100ml)	<10	<10	ns	0–1000
	<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	<10	<10	ns	0–100
	Helmints (eggs/10 l)	<10	<10	ns	<1

Mean content ( $n=12$ ), \*, statistically significant at  $P < 0.05$  level of significance.

### الجدول 3

التحليلات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للتربة في Campotejar. البيانات تحتوي على قيم متوسطة ناتجة من العينات المجمعة قبل وبعد استخدام مياه الصرف الصحي.

في حالتنا، على كل حال، فإن تركيز المعادن الثقيلة في كلا النوعين من المياه كان دائما يحتوي على المستوى المفضل والموصى به (الجدول 1).





بشكل منفصل عن وجود المعادن الثقيلة، فإن مياه الصرف الصحي تحمل بكتيريا، وفيروسات، وكائنات وحيدة الخلية (protozoa) وديدان خيطية، والتي تسبب العديد من الأمراض، هذه الحالة وجدت في بعض الدول النامية، حيث يتم استخدام مياه صرف صحي معالجة جزئياً لري المحاصيل [19]. في هذا المعنى، وجد إن جودة المياه الميكروبيولوجية في مدينة Campotejar جيدة وذلك لغياب مؤشر المواد السامة الميكروبيولوجية. ولكن، لوحظ مستويات عالية من مخلفات الحيوانات والبكتيريا في مياه الصرف الصحي في مدينة قرطاجنة (الجدول 1)، وهذا يزيد المدى الأقصى من التركيز المسموح به لدى منظمة الصحة العالمية [7] وكذلك في وكالة الحماية والبيئة الأمريكية [20]. إن المستوى الميكروبيولوجي العالي في مياه الصرف الصحي في قرطاجنة يولد المزيد من البكتيريا ومخلفات الحيوانات في التربة في تلك المنطقة (الجدول 2).

Table 4

Leaf mineral analysis in Cartagena. Data contain average values derived from the samples collected before and after the application of treated wastewater

Leaf chemical analysis	Before	After	t-test	Recommended range
C (%)	40.66 ± 0.50	40.78 ± 0.50	ns	
N (%)	2.71 ± 0.07	2.80 ± 0.09	ns	2.4–2.7
Na (ppm)	148 ± 44	123 ± 25	ns	0–3000
K (%)	1.57 ± 0.67	0.90 ± 0.04	ns	0.7–1
Ca (%)	4.53 ± 0.25	5.62 ± 0.76	ns	3–5
Mg (%)	0.31 ± 0.03	0.69 ± 0.04	*	0.25–0.45
Fe (ppm)	144 ± 59	215 ± 23	ns	61–100
B (ppm)	42.90 ± 10.3	54.89 ± 4.64	ns	31–100
Mn (ppm)	26.91 ± 10.28	20.11 ± 2.31	ns	26–60
Ni (ppm)	3.71 ± 0.73	3.26 ± 0.60	ns	1–10
Cd (ppm)	2.22 ± 0.31	1.11 ± 0.87	ns	0.2–3
Cr (ppm)	11.94 ± 0.96	15.50 ± 0.32	ns	0.1–40
Cu (ppm)	12.61 ± 1.65	14.41 ± 2.25	ns	6–14
Pb (ppm)	16.11 ± 0.99	21.01 ± 0.57	*	0.1–40
Zn (ppm)	52.91 ± 14.73	55 ± 1.70	ns	15–200
Chlorides (ppm)	659 ± 120	854.21 ± 123.13	ns	0–1000
Nitrates (ppm)	455 ± 23	442.11 ± 43.44	ns	0–1000
Sulphates (ppm)	864 ± 110	872.42 ± 112.23	ns	0–1000

Mean content ( $n=12$ ), \*, statistically significant at  $P<0.05$  level of significance.

#### الجدول 4

تحليل المعادن في الاوراق في قرطاجنة. البيانات تحتوي على قيم متوسطة ناتجة من العينات المجمعة قبل وبعد استخدام مياه الصرف الصحي.



مياه الصرف الصحي يمكن ان تحتوي على مصدر هام للعناصر الغذائية المفيدة للنباتات وخاصة للتربة منخفضة التسميد [21]. كما أن مياه الصرف الصحي من الممكن أن تزيد مستويات الـ K والـ S [20]، وكذلك من الممكن أن تساهم في تراكم المواد العضوية لمستوى يصل إلى 59%. وبالمثل، أيضا من الممكن أن تزيد محتوى الحديد في التربة. في تجربتنا، فإن مياه الصرف الصحي المعالجة لا تسبب زيادة في المواد العضوية في التربة، والمغذيات والحديد (الجدول 2 و 3). قيمة الـ pH في عينات التربة وجد إنها في المدى من 6.6 إلى 8.4، والذي يعتبر أفضل مدى في التربة الزراعية (الجدول 2 و 3).

وبنفس الطريقة، بعض الباحثين ادعى أن مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرا مهما للنيتروجين اللازم لأشجار الليمون [5,22]. في هذه التجربة، لوحظ ان مستوى النيتروجين في الاوراق في المدى المناسب لتحسين أشجار الليمون (2.5-2.8%) [23] (الجدول 4 و 5).

من المهم أن نوضح إن تركيز عنصر البرون والكلوريد وجدت في تربة مدينة قرطاجنة والتي كانت أعلى بشكل ملحوظ من تربة مدينة Campotejar (الجدول 2 و 3). تركيز البرون يفوق المدى المسموح به في تربة قرطاجنة بعد ان تم استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في الري. تركيز كلا من Mn، Cr، و Cu يزداد كذلك في تربة مدينة قرطاجنة بعد ريها بمياه الصرف الصحي، ولكن تم الحفاظ على القيم في المدى المسموح به (الجدول 2). أما تركيز النيتروجين والكلوريد يقل مع استخدام مياه الصرف الصحي في تربة Campotejar على كل حال تركيز النيتروجين والكلوريد يقل مع استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في تربة Campotejar. ولكن موصلية التربة تزداد نتيجة لوجود كمية إضافية من تركيز الكبريت بعد استخدام مياه الصرف الصحي (الجدول 3).

بالرغم من المستوى العالي للبرون وتركيز الكلوريد في كلا النوعين من المياه، إلا أن أعراض الإصابة بالتسمم الملحي في الأوراق لم يلاحظ، والغذاء في الورقة وتركيز المعادن الثقيلة كانت دائما في المدى المسموح به (الجدول 4 و 5).

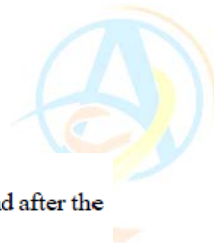


Table 5  
Leaf mineral analysis in Campotejar. Data contain average values derived from the samples collected before and after the application of treated wastewater

Leaf chemical analysis	Before	After	t-test	Recommended range
C (%)	41.77 ± 0.24	42.02 ± 0.22	ns	
N (%)	2.75 ± 0.31	2.82 ± 0.34	ns	2.4–2.7
Na (ppm)	106 ± 25	123 ± 10.35	ns	0–3000
K (%)	0.86 ± 0.09	0.72 ± 0.02	ns	0.7–1
Ca (%)	4.53 ± 0.37	4.30 ± 0.37	ns	3–5
Mg (%)	0.26 ± 0.02	0.33 ± 0.01	ns	0.25–0.45
Fe (ppm)	111.4 ± 10	123.12 ± 8.57	ns	61–100
B (ppm)	27.10 ± 4.64	30.50 ± 2.12	ns	31–100
Mn (ppm)	30.20 ± 6.57	21.11 ± 3.20	ns	26–60
Ni (ppm)	3.26 ± 0.60	3.11 ± 0.50	ns	1–10
Cd (ppm)	2.31 ± 0.07	2.80 ± 0.23	ns	0.2–3
Cr (ppm)	15.50 ± 0.32	21.20 ± 0.62	*	0.1–40
Cu (ppm)	14.41 ± 2.25	10.11 ± 1.10	ns	6–14
Pb (ppm)	15.21 ± 0.47	17.23 ± 0.90	ns	0.1–40
Zn (ppm)	60.30 ± 1.70	63.45 ± 2.30	ns	15–200
Chlorides (ppm)	669 ± 25	802.11 ± 24.77	*	0–1000
Nitrates (ppm)	401 ± 40	420.12 ± 20.44	ns	0–1000
Sulphates (ppm)	716 ± 167	732.04 ± 52.36	ns	0–1000

Mean content ( $n=12$ ), \*, statistically significant at  $P<0.05$  level of significance.

## الجدول 5

تحليل المعادن في الأوراق في Campotejar. البيانات تحتوي على قيم متوسطة ناتجة من العينات المجمعة قبل وبعد استخدام مياه الصرف الصحي.

لوحظ تراكم كثيف من المغنيسيوم والرصاص في الأوراق بعد استخدام مياه الصرف الصحي في تربة مدينة قرطاجنة، إلا أن تركيز الرصاص كان دائما في المدى المسموح به (الجدول 4). أما تراكم عنصر الكروم Cr والكلوريد فقد لوحظ بعد استخدام المياه المعالجة للري في Campotejar، ولكن تراكم المواد المعدنية في الأوراق ليس له أي أثار سامة لأنها في المدى المسموح به (الجدول 5).



## 4. الاستنتاج

الخليط من مياه الصرف الصحي والمياه الجيدة استخدمت في منطقة Campotejar احتوت على agronomic أفضل وعلى جودة ميكروبيولوجية أعلى من مياه صرف الصحي لقرطاجنة. ولهذا فإن امكانية خلط المياه المعالجة مع المياه العادية سوف يعمل على حل المشكلة المتعلقة بمياه الصرف الصحي المستخدمة في الزراعة.

التركيز العالي للملوحة وتركيز البرون B هما المشكلة الرئيسية المتعلقة بمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في تجاربنا. بالرغم من ان مستويات تسمم الأوراق لم يكون ملحوظا، فان تراكم الملح يعتبر مشكلة حاسمة للمحاصيل الحمضية.

في كلا الموقعين، فان استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لم تزيد العناصر الغذائية والمواد العضوية المقاسة في التربة. في مثل ظروفنا، فان مياه الصرف الصحي لم تحتوي على مصدر مغذي للتربة.

**تمت الترجمة في  
المركز العلمي للترجمة**

[www.trgma.com](http://www.trgma.com)

2009-9-5