دراسة تأثير الري بواسطة المياه العادمة من بعض الخصائص الكيميائية للتربة ومحتواها من المعادن الثقيلة

م. سوسن جبر منصور* د. داود يوسف رعد(** د. عصام شكري الخوري***

(الإيداع: 28 آب 2023، القبول: 4 كانون الثاني 2023)

الملخص:

أجريت تجربة حقلية خلال الموسمين الزراعيين 2019–2020 و2020–2021 في قرية الناصرية التي تقع في الجهة الجنوبية الغربية من منطقة القصير وتبعد عن مدينة حمص حوالي 35 كم بهدف دراسة تأثير استخدام المياه العادمة في بعض الخصائص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض المعادن الثقيلة. استخدم في البحث ثلاثة أنواع من مياه الري: مياه عذبة( )، مياه عادمة ( ) ومياه عذبة وعادمة F1W1، ري متناوب). تم جمع عينات التربة لمعاملات الري من العمقين 0–15 و15–30 سم خلال موسمي التجربة وتم تحديد بعض

خصائص التربة : الـ PH والناقلية الكهربائية والكربونات الكلية والكلس الفعال

المادة العضوية، وتركيز الفوسفور والبوتاسيوم والمعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم والنيكل).

أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية في قيم الـ PH ونسبة الكربونات الكلية والكلس الفعال بين المعاملات الثلاثة، في حين أدى استخدام المياه العادمة إلى زيادة معنوية في الناقلية الكهربائية للتربة والمادة العضوية مقارنة مع التربة المروية بالمياه العذبة والمروية بالتناوب بالمياه العذبة والعادمة في العمقين 0–15سم و15–30 سم. كما أدى استخدام المياه العادمة إلى ارتفاع تركيز كلاً من الفوسفور والبوتاسيوم في التربة مقارنة مع استخدام المياه العذبة.

بينت النتائج أيضاً أن استخدام المياه العادمة في الري أدت إلى زيادة معنوية في محتوى التربة من المعادن الثقيلة (الرصاص والنيكل والكادميوم) مقارنة مع استخدام المياه العذبة فقط أو استخدام المياه العذبة والعادمة بالتناوب، لكنها لم تتعدى الحدود القصوى للمواصفات القياسية السورية للتربة، لذا يمكن اعتبار هذه المياه صالحة للاستخدامات الزراعية وري الأراضي الزراعية خاصة إذا كانت مزروعة بأشجار الزينة والأشجار الحراجية.

الكلمات المفتاحية: الري، المياه العادمة، التربة، المعادن الثقيلة

* طالبة دكتوراه، قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث
** أستاذ دكتور مشرف مشارك، الجامعة اللبنانية العربية
*** أستاذ دكتور مشرف رئيسي، قسم التربة واتصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث

Study of the Effects of Wastewater Irrigation on Some Soil Chemical Properties and Its Some Heavy Metals Content

Eng. Sawsan Mansour* Dr. Dawood Raad** Dr. Essam Al-Khoury***

Abstract A field experiment was carried out during the 2019-2020 and 2020-2021 agricultural seasons In the village of Nasiriyah, which is located on the southwestern side of the Al-Qusayr region, about 35 km from the Homs city. The aim was to study the effect of using wastewater on some chemical properties of soil and its content of some heavy metals.

Three types of irrigation water were used in the experiment: fresh water (F), wastewater (W), and fresh and wastewater (F1W1, alternating irrigation).

Soil samples for irrigation treatments were collected from depths of 0-15 and 15-30 cm during the two experimental seasons, and some soil properties were determined: electrical conductivity, pH, total carbonate, active lime, organic matter, and the concentration of phosphorus, potassium, and heavy metals (lead, cadmium, and nickel).

The results showed that there were no significant differences in the values of soil pH, total carbonate, and effective lime between the three treatments, while the use of wastewater led to a significant increase in the electrical conductivity of the soil and organic matter compared with soil irrigated with fresh water and irrigated alternately with fresh and wastewater at depths of 0-15 and 15-30 cm. The use of wastewater also led to a higher concentration of both phosphorus and potassium in the soil compared to the use of fresh water.

The results also showed that using wastewater in irrigation led to a significant increase in the soil content of heavy metals (lead, nickel, and cadmium) compared to using fresh water only or using fresh and wastewater alternately, but it did not exceed the maximum limits of the Syrian standard specifications for soil, so it can be considered this water is suitable for agricultural uses.

Key words: Irrigation, Waste water, Soil, Heavy metals

---

*PhD student, Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agriculture, Al-Baath University

**Associate Supervising Professor, Lebanese Arab University

Senior Supervisor Professor, Department of Soil and Land Reform, Faculty of Agriculture, Al-Baath University

أولاً: المقدمة

تعد المياه مورداً حيوياً وإحدى أهم عناصر التنمية المستدامة ولكنها محدودة للغاية في معظم البلدان (Mapandaa *et al.*, 2005، وبشكل خاص في الدول العربية والتي تعاني شحاً وندرة في الموارد(المائية المتاحة بها، نظراً لأن معظم أراضيهم في نطاق المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتسم بانخفاض الأمطار. لذا من الضروري ترشيد استخدام المتاح من هذه الموارد المائية.

تشير الدراسات أنه من المتوقع أن يصل عدد سكان العالم إلى 10 مليارات نسمة في غضون الثلاثين عامًا القادمة، وهذا يجعل التحدي اكبر لتأمين المتطلبات الضرورية من المياه، إذ ذكرت منظمة الصحة العالمية واليونيسكو في تقريرهم السنوي بأنه في حلول عام 2050 سوف يكون هناك زيادة في الطلب على المياه بنسبة 20–30% بالنسبة إلى الاحتياجات اليومية (WHO, 2018)، وبالتالي زيادة الإنتاج (زراعي، صناعي...الخ)، بشكل عام الضروري لتأمين مستلزمات هذه الزيادة السكانية، وبما أن الإنتاج الزراعي يعتبر من أهم القطاعات الاقتصادية التي تلبي متطلبات الاعداد المتنامية للسكان، فمن المتوقع زيادة الإنتاج الزراعي بمقدار 70%، ولكن في الوقت نفسه تعد الزراعة أيضا أكبر مستخدم للمياه العذبة وتمثل ما يقرب 75٪ من استخدامات المياه (Wallac, 2000). مما يضع مزيدًا من الضغط على موارد المياه العذبة (Odegard *et al.*, 2014)، لذا يعد تأمين الاحتياجات من المياه الطبيعية أي بلوغ مرحلة الأمن المائي الذي هو أساس التنمية الزراعية المستدامة (Aboulroos and El–Falacky, 2005) من أهم التحديات التي تواجه دول كثيرة في العالم ومن ضمنها سورية التي تمتلك 10.5 مليار م^3 من المصادر المائية المتجددة فقط والتي يستهلك منها 89% في ري 1.2 مليون هكتار من الأراضي الزراعية(المنظمة العربية للتنمية الزراعية،1999)، كما أن معظم الأراضي الصالحة للزراعة في سورية تقع ضمن المنطقتين الجافة وشبه الجافة، انطلاقاً من ذلك ونظراً لمحدودية الموارد المائية في الجمهورية السورية وما يترتب على ذلك من عجز تراكمي متزايد من الموارد المائية المتاحة للأغراض الزراعية كان لا بد من البحث عن مصادر مائية رديفة تدعم الموازنة المائية الحالية، والتي تهدف لوضع استراتيجية هامة تؤدي للتوفير في المياه العذب للشرب، وتحسين نوعية المياه السطحية عبر إعادة استعمال مياه الصرف الصحي (العادمة) .**(Wallace, 2000)**، إذ تنتج المياه العادمة نتيجة الاستهلاك اليومي للماء النقي في مختلف المجالات كالتنظيف، الغسيل، فضلاً عن استخدامها في الصناعات ...الخ (سفر، 2006).

أصبح استخدام المياه العادمة لأغراض الري الزراعي أمراً مهماً في تخطيط الموارد المائية في العديد من البلدان (Abedi–Koupai *et al.*, 2006)، إذ يمكن استخدامها لتقليل استهلاك المياه الطبيعية وفي استعادة الأراضي المتدهورة والحفاظ عليه وفي المساعدة على نمو الغطاء النباتي (USEPA, 1992)

تعد إعادة استخدام المياه العادمة للري ممارسة سليمة بيئيًا للتخلص من مياه الصرف الصحي مقارنة بالتخلص المباشر منها في المسطحات المائية السطحية أو الجوفية (Lui *et al.*, 2002)، بالإضافة إلى ذلك، تشكل المياه العادمة مصدرًا مهمًا للمغذيات النباتية والمواد العضوية اللازمة للحفاظ على مستويات الخصوبة والإنتاجية للتربة(Rusan *et al.*, 2007)

غالباً ما يرتبط استخدام المياه العادمة بالمخاطر البيئية والصحية، إذ ترتبط المخاطر الصحية الرئيسة بتلوث المحاصيل أو المياه الجوفية بواسطة المياه العادمة بسبب اختلاف تركيبها الكيميائي إلى حد ما عن معظم المياه الطبيعية المستخدمة في الري (Rattan *et al.*, 2005)،

وقد زاد اهتمام الكثير من دول العالم باستخدام هذا النوع من المياه في ري المحاصيل الزراعية في المائة سنة الأخيرة(Ozdemir and Dursum, 2004)، إذ يعد استخدامها في الري الطريقة الأكثر كفاءة اقتصادياً(Horswell *et al.*, 2003)، من هذا المنطلق فقد تم اجراء العديد من الدراسات السابقة حول تأثير استخدام المياه العادمة في الري، وقد بينت نتائج هذه الدراسات حدوث بعض التغييرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة (AL–Nakshabandi *et*

al., 1997; Mojiri, 2011)، مثل زيادة ملوحة التربة ، والناقلية الكهربائية ، والمواد العضوية ، و Na ، و K ، و Ca ، و Mg ، والفوسفور المتاح للنبات والعناصر الصغرى(AL–Nakshabandi *et al*., 1997; Najafi, 2009) وانخفاض درجة حموضة التربة (Tarchouna *et al*., 2010)، لكن يختلف تأثير استخدام المياه العادمة في خصائص التربة حسب خصائص المياه العادمة المستخدمة وحسب طبيعة التربة المستخدمة. وقد تم ادخال هذا النوع من المياه غير التقليدية في سورية كمورد مائي إضافي متجدد ضمن الموازنة المائية الوطنية (سفر،2006).

يهدف هذا البحث : إلى دراسة تأثير استخدام المياه العادمة في الري في بعض خصائص التربة الكيميائية ومحتواها من بعض المعادن الثقيلة في قرية الناصرية من منطقة القصير في محافظة حمص

ثانياً: مواد البحث وطرائقه

موقع تنفيذ التجربة: تم تنفيذ تجربة البحث في الشروط الحقلية في قرية الناصرية التابعة إلى منطقة القصير التي تبعد 35كم عن مدينة حمص في الجهة الجنوبية الغربية منها.

معاملات التجربة

1 – مياه عذبة (F)

2 – مياه عادمة (W)

3 –خط يروي بالتناوب، رية مياه عذبة ورية مياه عادمة(F1W1).

مواد الدراسة

1.3. المياه: استخدمت في التجربة نوعين من مصادر مياه الري:

مياه عذبة (F) من بئر عمقه 150م في منطقة الدراسة

مياه صرف صحي غير معالجة (مياه عادمة، W) تم نقلها من محطة الدوير قبل المعالجة بمدينة حمص بواسطة صهاريج خاصة تم تصميمها لذلك.

تم تصميم خزانين (خزان للمياه العذبة متصل بالغاطسة بالبئر الموجود في المنطقة، خزان لوضع المياه العادمة) ووصلها مع شبكة الري بالتنقيط والبدء بقطف عينات المياه لإجراء التحاليل اللازمة، إذ تم أخذ العينات خلال أشهر الصيف وتم قياس الـ pH باستخدام جهاز الpH meter، وقياس الـ EC بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية(Conductivity Electronic meter)، كما تم تقدير كلاً من الفوسفور، البوتاسيوم، النترات (N–NO3)، الأمونيوم (N–NH4) كما تم تقدير التركيز الكلي لبعض المعادن الثقيلة (الرصاص والكادميوم والنيكل) باستخدام جهاز الامتصاص الذري.

ونتائج تحليل المياه موضحة بكلا الجدولين 1 و2 مع الحدود المسموح بها حسب هيئة المواصفات القياسية والمقاييس العربية السورية م.ق.س:2003/2752 الخاصة بالمياه المستخدمة لأغراض الري.

الجدول رقم (1): نتائج تحليل عينات المياه المستخدمة في التجربة (المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري)

مياه الري*	pH	EC ميليموز/سم	N-NO3 ملغ/ل	N-NH4 ملغ/ل	P ملغ/ل	K ملغ/ل
F	7.91 ± 0.11^b	0.28 ± 0.04^b	آثار	آثار	آثار	آثار
W	8.25 ± 0.05^a	1.27 ± 0.11^a	33.23 ± 3.23^a	6.70 ± 1.01^a	15.27 ± 0.25^a	16.77 ± 0.25^a
#P	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
المواصفات القياسية	9-6	2.35	50	10	20	20

*** مصادر مياه الري المستخدمة هي F(المياه العذبة)، W(المياه العادمة)**

 # وجود الأحرف المختلفة بنفس العمود تدل على وجود اختلافات معنوية عند $P<0.05$

إذ بينت نتائج التحليل للمياه المستخدمة كما هو موضح بالجدول رقم (1) بوجود فروق معنوية واضحة ($P<0.05$) لجميع الخصائص المدروسة للمياه، إذ احتوت المياه العادمة على تراكيز مختلفة من الفوسفور، البوتاسيوم والنترات كما أنها تحوي على نسبة من الأملاح أدت إلى زيادة في الناقلية الكهربائية بينما تخلو منها المياه العذبة.

الجدول رقم (2): نتائج تحليل محتوى المياه المستخدمة في التجربة من المعادن الثقيلة ($\bar{X} \pm Sd$)

مياه الري*	رصاص، ملغ/ل	كادميوم، ملغ/ل	نيكل، ملغ/ل
F	0.028 ± 0.004^b	0.0045 ± 0.001^b	0.0013 ± 0.001^b
W	0.55 ± 0.03^a	0.02 ± 0.006^a	0.58 ± 0.03^a
P	0.000	0.000	0.000
المواصفات القياسية	10	0.05	2

*** وجود الأحرف المختلفة بنفس العمود تدل على وجود اختلافات معنوية عند $P<0.05$**

كما بينت كذلك نتائج تحليل محتوى المياه المستخدمة من المعادن الثقيلة (الجدول رقم 2) بأن هناك فروق معنوية ($P<0.05$) بين أنواع المياه، إذ احتوت المياه العادمة على تركيز أعلى من كلاً من الرصاص، النيكل والكادميوم مقارنة مع المياه العذبة التي احتوت على التركيز الأقل من المعادن الثقيلة ولكن بالمقارنة مع المواصفات القياسية السورية كانت أقل بكثير من الحدود القصوى المسموح بها.

2.3. التربة: تم جمع عينات التربة من عمقين مختلفين (0 – 15)، (15–30) سم قبل البدء بري الأرض (2019/9) وكذلك عند انتهاء الموسم الأول (2020/9) وعند انتهاء الموسم الثاني (2021/9)، حيث كانت الزراعة على خطوط المسافة بين الخط والخط 5م وبين الشجرة والشجرة 5م وكل خط يحتوي على 9 أشجار وتم إجراء بعض التحاليل التي تحدد بعض

الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من المعادن الثقيلة، إذ تم تحديد الخواص الكيميائية للتربة من خلال قياس المؤشرات التالية حسب عودة وشمشم (2007):

قياس الناقلية الكهربائية (EC) في مستخلص مائي للتربة (5:1) بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية Conductivity meterElectronic (Rhoades,1990).

قياس الـpH: القياس في معلق تربة بنسبة 1: 2.5 باستخدام جهاز الـpH meter (Mclean, 1982).

تقدير الكربونات الكلية بطريقة الكالسيميتر (Jackson,1958).

تقدير الكلس الفعال بطريقة دورينو – غالية.(Melean, 1982)

تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة Walkley and (Black, 1934)

تقدير الفوسفور المتاح أو القابل للإفادة بطريقة أولسن .(Olsen, 1954).وذلك باستخدام محلول من بيكربونات الصوديوم عيار (0.2 N) ويتم إظهار اللون الأزرق بإضافة مولبيدات الأمونيوم والقياس بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer على طول موجة 660 نانومتر.

تقدير البوتاسيوم المتاح يتم الاستخلاص بمحلول خلات الأمونيوم والقياس على جهاز مطياف اللهب (Jackson, 1965;1958).

تقدير التركيز الكلي من الرصاص والكادميوم والنيكل بعد معاملة التربة بحمض البيروكلوريك والقابل للامتصاص بعد الاستخلاص بـ 0.005M DTPA تم تقدير المعادن الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري(عودة وشمشم،2007).

التحليل الإحصائي :

تم تصميم التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD، Randomized Complete Blocks Design)، إذ تكونت التجربة من ثلاث معاملات وبمعدل ثلاث مكررات للمعاملة الواحدة وبالتالي فقد بلغ عدد القطع التجريبية تسع قطع ، وقد تم تحليل البيانات بواسطة برنامج Minitab16 باستخدام تحليل التباين لمتغير واحد ANOVA One Way للخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من المعادن الثقيلة، وتم استخدام تحليل Tuckey لتحديد أقل فرق معنوي عند مستوى المعنوية $P<0.05$.

ثالثاً: النتائج والمناقشة

خصائص التربة ومحتواها من المعادن الثقيلة قبل الري

يوضح الجدول رقم (3) خصائص التربة قبل استخدام مياه الري لعمقين مختلفين (0-15سم) و (15-30 سم)، إذ بينت النتائج بأن التربة قلوية متوسطة حسب قيمة الـ pH ولم يختلف درجتها باختلاف العمق المأخوذ منه العينات، وكذلك بقية خصائص التربة المدروسة كانت متقاربة في العمقين المختلفين بما يخص الناقلية الكهربائية، الكربونات الكلية، الكلس الفعال أي أنها تحتوي على نسبة من الكربونات الكلية ومحتوى التربة من المواد العضوية كان متوسطاً، بينما كان محتوى التربة من متوسطاً البوتاسيوم ومرتفعاً من الفوسفور أما محتواها المعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم والنيكل) اعلى في الطبقة السطحية (0-15سم) منه في الطبقة الأعمق (15-30سم).

الجدول رقم (3) نتائج التحليل الكيميائي للتربة ومحتواها من العناصر الثقيلة قبل الزراعة

العمق سم	عجينة مشبعة		كربونات كلية%	كلس فعال%	المادة العضوية %	فوسفور متاح ppm	بوتاسيوم ppm	رصاص ppm	كادميوم ppm	نيكل ppm
	PH	الناقلية الكهربائية ميليموز/سم								
15-0	8.04	0.39	9.8	4.6	1.56	29.5	116.3	2.5	1.22	10.3
30-15	8.02	0.38	10.2	5.02	1.45	24.4	105.5	1.3	0.77	6.9

تأثير نوعية مياه الري في الأس الهيدروجيني pH والناقلية الكهربائية للتربة

يبين الجدول رقم (4) تأثير نوعية مياه الري (العذبة، العادمة والري المتناوب للعذبة والعادمة) في الخصائص الكيميائية للتربة على أعماق 0–15سم، 15–30سم.

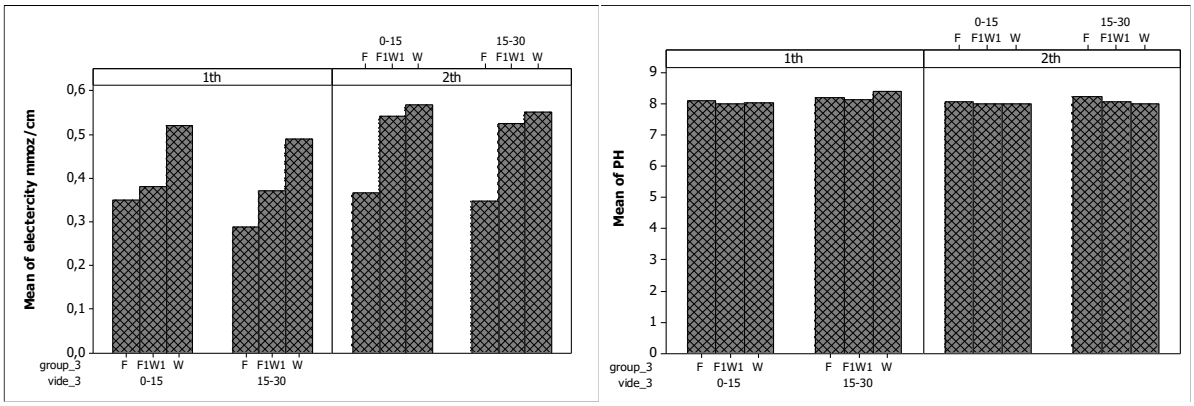
العمق	المعاملات*	pH			الناقلية الكهربائية		
		موسم أول	موسم ثاني	المتوسط	موسم أول	موسم ثاني	متوسط
15-0 سم	F	1±0,18,	0.05±8.06	0.07±8.08	±0,01c0.35	67±0,02c0.3	358±0,01c.0
	F1W1	0±0,1.8	08±0,7.98	08±0,7.99	0,38±0,005b	0,541±0,004b	0,545±0,09b
	W	01±0,8.02	1±0,8.00	06±0,8.01	a0.01±520,	01a0.00,569±	3a0.00,461±
	#P	**0.351**	**0.498**	**0.123**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
30-15 سم	F	±0,28.2	8.23±0,2	±0,228.2	±0,01c290,	0,35±0,03b	b4±0,020,3
	F1W1	±0,1138,	8,06±0,02	05±0,108,	0,37±0,002b	0.53±0,003a	a8±0,0450.
	W	±0,18.4	8.01±0,01	0.2±208.	a2±0,0090,4	0.55±0,003a	±0,03a520.
	P	**0.079**	**0.138**	**0.416**	**0.000**	**0.000**	**0.000**

*** مصادر مياه الري المستخدمة هي F(المياه العذبة)، W(المياه العادمة)، F1W1(ري متناوب مياه عذبة ومياه عادمة)**

 # وجود الأحرف المختلفة بنفس العمود تدل على وجود اختلافات معنوية عند $P < 0.05$

يلاحظ من الجدول رقم (4) والمخطط رقم (1، أ) عدم وجود اختلاف معنوي في قيم الـ pHلعينات التربة المروية بالمياه العذبة، العادمة والنوعين من المياه بالتناوب وبقيت قيم الـ pH متقاربة فيما بينها وتراوحت بين 7.9 – 8.4 بالموسمين وبالعمقين المختلفين للتربة.

كما يتبين من الجدول رقم (4) والمخطط رقم (1، ب) نتائج الناقلية الكهربائية التي لوحظ بأنها اختلفت معنوياً باختلاف نوعية المياه المستخدمة في الري بشكل أساسي دون الاختلاف بالموسم وعمق التربة، إذ كانت القيم الأعلى لعينات التربة المروية بالمياه العادمة، بينما كانت القيم الأدنى للتربة المروية بالمياه العذب، اما التربة المروية بالري المتناوب فقد كانت قيمها متوسطة بين العادمة والعذبة ويعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية للتربة نتيجة ارتفاع الناقلية الكهربائية للمياه العادمة مقارنة مع المياه العذبة لأن المياه العادمة تحتوي على نسبة مرتفعة من الأملاح الكلية الذائبة وبالتالي تزيد من نسبة هذه الأملاح بالتربة فيؤدي ذلك إلى ارتفاع في قيم الناقلية الكهربائية نتيجة الري بالمياه العادمة لموسمين متتاليين كما هو موضح بالجدول رقم (1) وتتفق هذه النتائج مع نتائج Rusan وزملائه (2007)، Jahantigh(2008)، Khai وزملائه (2008).



(ب) **(أ)**

المخطط رقم (1): قيمة الاس الهيدروجيني والناقلية الكهربائية لعينات التربة المروية بالمياه العذبة (F)، المياه العادمة (W) والري المتناوب للمياه العذبة والعادمة (F1W1) خلال موسمين متتالين (1th, 2 th) وبعمقين مختلفين للتربة(0–15، 15–30 سم)

تأثير نوعية مياه الري في محتوى التربة الكربونات الكلية والكلس الفعال

يبين الجدول رقم (5) تأثير نوعية مياه الري (العذبة، العادمة والري المتناوب للعذبة والعادمة) في محتوى التربة من الكربونات الكلية والكلس الفعال على أعماق 0–15سم، 15–30سم.

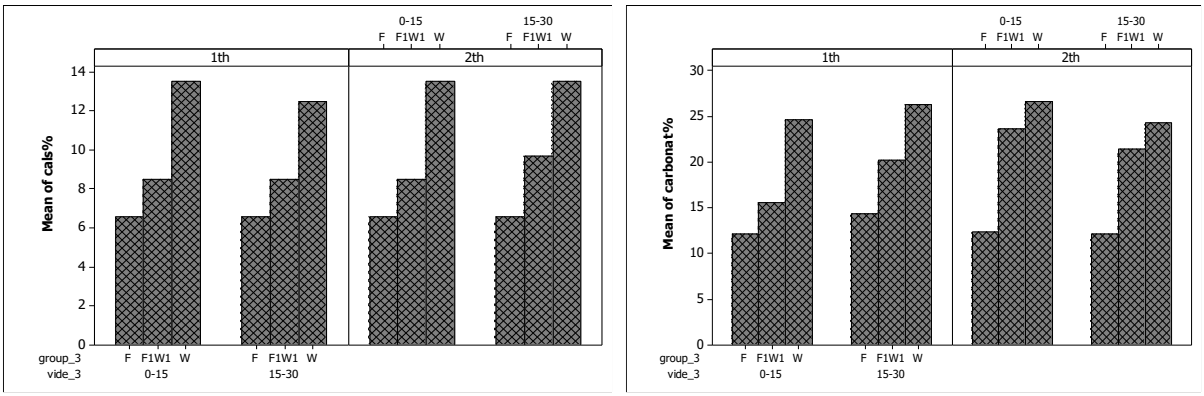
الجدول رقم (5) تأثير استخدام مصادر مختلفة من مياه الري في محتوى التربة من الكربونات الكلية والكلس الفعال وبأعماق مختلفة ($\bar{X} \pm Sd$)

العمق	المعاملات*	كربونات كلية%			كلس فعال%		
		موسم أول	موسم ثاني	المتوسط	موسم أول	موسم ثاني	متوسط
0–15 سم	F	8,2±0,1	8.23 ±0,3312,	8.2 ±0. 2712,	6.6 ±0.1^{c}	6.6 ±0.1^{c}	^{c}096.6 ±0.
	F1W1	8.8±0.27	9.2 ±0.23.63	9.0 ±19.62	8.5±0,1^{b}	^{b}48.5±0,	^{b}328.5±0,
	W	9.5±0,27^{a}	9.8 ±0,26.63	9.7 ±25.62	13.5±0,1^{a}	±0,1^{a}313.	^{a}4±0,1413.
	#P	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
15–30 سم	F	7.4±0,2^{c}	7.2±0,2^{c}	7.3 ±13.3	6.6±0,1^{c}	6.57±0,21^{c}	6.58±0,15^{c}
	F1W1	7.9±0,2^{b}	8.2±0,21^{b}	8.1. ±0,7^{b}	8.5±0,36^{b}	9.67±0,21^{b}	9.8±0,69^{b}
	W	8.47±0,15^{a}	8.80±0,42^{a}	8.6±0,29	12.5±0,1^{a}	13.5±0,3^{a}	13.0±0,58^{a}
	P	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**

*** مصادر مياه الري المستخدمة هي F(المياه العذبة)، W(المياه العادمة)، F1W1(ري متناوب مياه عذبة ومياه عادمة)**

 # وجود الأحرف المختلفة بنفس العمود تدل على وجود اختلافات معنوية عند $P < 0.05$

يتبين من الجدول السابق (5) والمخطط رقم (2،أ) بأن محتوى التربة من الكربونات الكلية لم يرتفع معنوياً عند الري بالمياه العادمة مقارنة مع العذبة، كما لم تختلف القيم بين الموسمين عند استخدام المياه العذبة في ري التربة. قد يعزى سبب عدم ارتفاع الكربونات الكلية والكلس الفعال لأن شأنها في ذلك شأن التركيب الميكانيكي للتربة وهي تحتاج لفترة طويلة من الزمن حتى تتغير بل كان الارتفاع بسيط وغير معنوي وهذا توافق فمع كثير من الدراسات السابقة (Ameri, 2012 ; Khai *et al.*, 2008)، لم يكن هناك اختلاف واضح للعينات المأخوذة من عمق 0–15 سم والعمق 15–30 سم لمختلف معاملات التجربة لأن الكربونات الكلية افضل مقياس لها في التربة بين 0–30 سم (Irandoost and Tabriz, 2017).



(ب) **(أ)**

المخطط رقم (2): قيمة الكربونات الكلية (%) والكلس لفعال (%) لعينات التربة المروية بالمياه العذبة (F)، المياه العادمة (W) والري المتناوب للمياه العذبة والعادمة (F1W1) خلال موسمين متتالين (1th, 2 th) وبعمقين مختلفين للتربة(0–15، 15–30 سم)

تأثير نوعية مياه الري في محتوى التربة من المواد العضوية

يبين الجدول رقم (6) تأثير نوعية مياه الري (العذبة، العادمة والري المتناوب للعذبة والعادمة) في محتوى التربة من المواد العضوية على أعماق 0–15سم، 15–30سم.

الجدول رقم (6) تأثير استخدام مصادر مختلفة من مياه الري في محتوى التربة من المواد العضوية وبأعماق مختلفة (Sd ± $\bar{X}$)

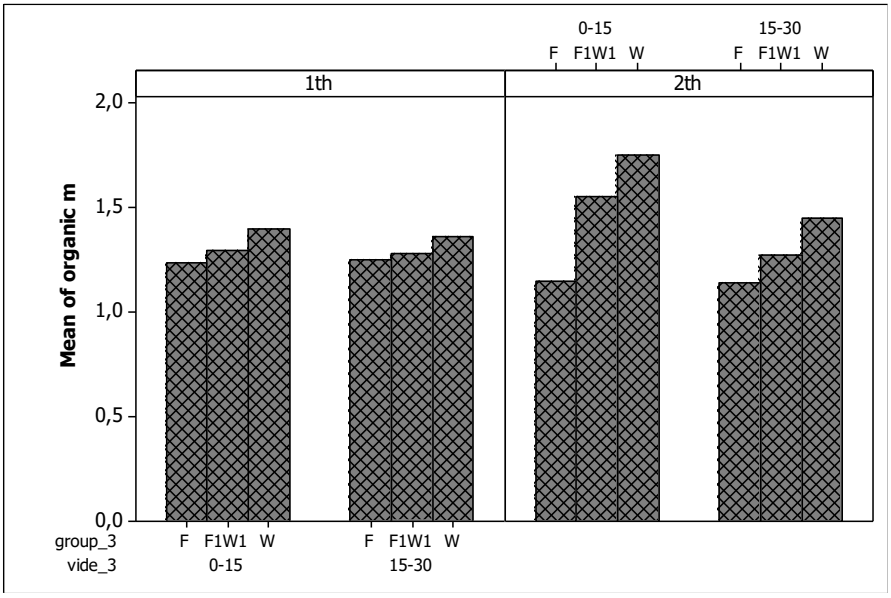
العمق	المعاملات*	مواد عضوية %		
		موسم أول	موسم ثاني	المتوسط
0–15 سم	F	^{c}03±0,1.24	^{c}03±0,1.15	^{c}05±0,1.19
	F1W1	^{b}02±0.1.3	^{b}02±0.1.56	^{b}0.14±1.43
	W	^{a}02±0,1.4	^{a}03±0,1.75	^{a}0.19±1.57
	P#	**0.000**	**0.000**	**0.000**
15–30 سم	F	^{b}02±0,1.25	^{c}0±0,1.14	^{c}0.06±1.20
	F1W1	^{b}0±0,1.28	^{b}03±0,1.27	^{a}02±0,1.28
	W	^{a}0.02±1.36	^{a}03±0,1.45	^{b}05±0,1.41
	P	**0.000**	**0.000**	**0.000**

*** مصادر مياه الري المستخدمة هي F(المياه العذبة)، W(المياه العادمة)، F1W1(ري متناوب مياه عذبة ومياه عادمة)**

 # وجود الأحرف المختلفة بنفس العمود تدل على وجود اختلافات معنوية عند *P*< 0.05

يلاحظ م الجدول رقم (6) والمخطط رقم (3) بأن نسبة المواد العضوية ارتفعت بشكل معنوي باستخدام المياه العادمة في الري مقارنة مع المياه العذبة في الموسم الأول وكذلك في الموسم الثاني، كما أن نسبتها قد زادت في الموسم الثاني مقارنة مع الموسم الأول للتربة المروية بالمياه العادمة والتربة المروية ري متناوب بالمياه العادمة والعذبة بينما لم تختلف نسبة المواد العضوية بين الموسمين في التربة المروية بالمياه العذبة وقد يعزى السبب إلى أن المياه العادمة تحتوي على مخلفات عضوية ومخصبات يمكن أن تؤدي إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية خصوصاً في الطبقات السطحية وهذا توافق مع كثير من الباحثين(Ameri, 2012 ; Khai *et al.*, 2008).

أما بالنسبة لعمق التربة، فإن نسبة المواد العضوية لم تختلف معنوياً لجميع معاملات التربة بين العمقين المدروسين وقد يعزى السبب إلى أن المادة العضوية تتناقص مع زيادة العمق



المخطط رقم (3): نسبة المواد العضوية في التربة المروية بأنواع مختلفة من المياه: بالمياه العذبة (F)، المياه العادمة (W) والري المتناوب للمياه العذبة والعادمة (F1W1) خلال موسمين متتالين (1th, 2 th) وبعمقين مختلفين للتربة(0-15، 15-30 سم)

تأثير نوعية مياه الري في محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم

يبين الجدول رقم (7) تأثير نوعية مياه الري (العذبة، العادمة والري المتناوب للعذبة والعادمة) في محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم على أعماق 0-15سم، 15-30سم.

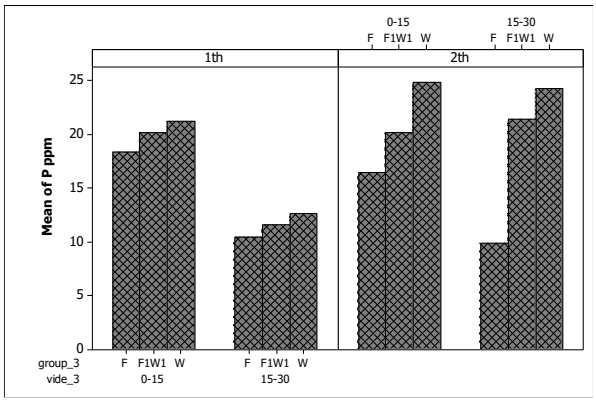
يلاحظ من خلال الجدول ارتفاع محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين للنبات نتيجة الري بالمياه العادمة وعند التناوب بين المياه العذبة والعادمة مقارنة مع المياه العذبة وقد يعزى السبب إلى أن المياه العادمة تحتوي على نسبة جيدة من المواد الغنية بالفوسفور والبوتاسيوم ناتجة عن مخلفات المعامل والمصانع مما يزيد من محتوى التربة من هذين العنصرين وهذ توافق مع كثير من الدراسات السابقة (Ameri, 2012 ; Khai *et al.*, 2008).

الجدول رقم (7) تأثير استخدام مصادر مختلفة من مياه الري في محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم وبأعماق مختلفة ($Sd \pm \bar{X}$)

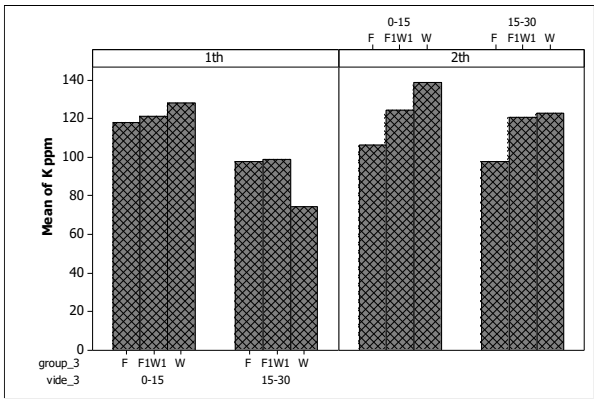
العمق	المعاملات*	الفوسفور ppm			البوتاسيوم ppm		
		موسم أول	موسم ثاني	المتوسط	موسم أول	موسم ثاني	متوسط
15–0 سم	F	18.4±0,2^{c}	16.5±0,2^{c}	17.45±1.1^{c}	118.0±2.0^{b}	106.7 ±3.1^{c}	112.3 ±6.6^{c}
	F1W1	20.2±0,2b^{a}	20.2±0.2^{b}	20.2±0.18^{b}	121.4±0.1^{b}	124.4±0,8^{b}	122.9±1.7^{b}
	W	21.2±0,^{a}	24.8±0,2^{a}	,98^{a}123.0±	128.0±2.7^{a}	138.7±1,1^{a}	133.3±6,1^{a}
	P#	**0.002**	**0.000**	**0.000**	**0.002**	**0.000**	**0.000**
30–15 سم	F	10.5±0,2^{c}	9.87±0.3^{c}	10.2±0.4^{b}	97.9±0.36^{c}	98.0±2.0^{b}	97.9±1,3^{b}
	F1W1	11.6±0,4^{b}	21.42±0,2^{b}	16.5±5.3^{ab}	98.9±0.31^{b}	120.7±0,2^{a}	109.8±11.9^{ab}
	W	12.67±0,2^{a}	24.3±0,4^{a}	18.5±6.4^{b}	104.3±0.2^{a}	123.2±1,0^{a}	113.7±10.4^{a}
	P	**0.002**	**0.000**	**0.024**	**0.000**	**0.000**	**0.000**

*** مصادر مياه الري المستخدمة هي F(المياه العذبة)، W(المياه العادمة)، F1W1(ري متناوب مياه عذبة ومياه عادمة)**

 # وجود الأحرف المختلفة بنفس العمود تدل على وجود اختلافات معنوية عند $P < 0.05$



(أ)



(ب)

المخطط رقم (4): محتوى التربة من الفوسفور (أ) والبوتاسيوم (ب) باختلاف نوعية المياه المستخدمة في الري: المياه العذبة (F)، المياه العادمة (W) والري المتناوب للمياه العذبة والعادمة (F1W1) خلال موسمين متتالين (1th, 2 th) وبعمقين مختلفين للتربة(0–15، 15–30 سم)

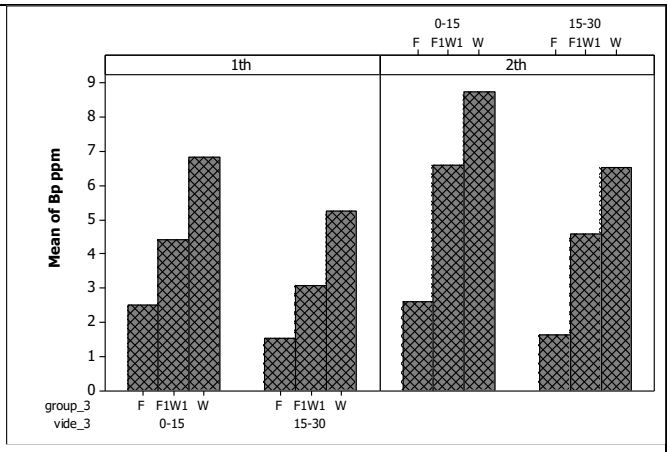
تأثير نوعية مياه الري في محتوى التربة من المعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم والنيكل)

يبين الجدول رقم (8) تأثير نوعية مياه الري (العذبة، العادمة والري المتناوب للعذبة والعادمة) في محتوى التربة من الرصاص، الكادميوم والنيكل على أعماق 0–15سم، 15–30سم.

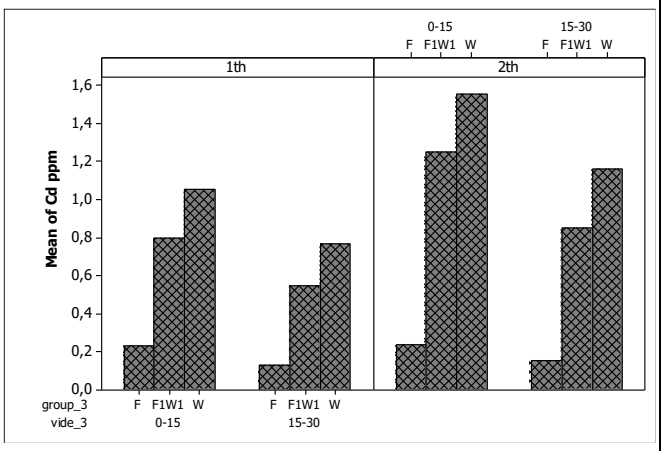
الجدول رقم (8) تأثير استخدام مصادر مختلفة من مياه الري في محتوى التربة من الرصاص، الكادميوم والنيكل **وبأعماق مختلفة** (المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري)

العمق	المعاملات *	الرصاص ppm			الكادميوم ppm			النيكل ppm			الحدود المسموح بها حسب		
		موسم أول	موسم ثاني	المتوسط	موسم أول	موسم ثاني	متوسط	موسم أول	موسم ثاني	متوسط	الرصاص ppm	الكادميوم ppm	النيكل ppm
0–15 سم	F	2.5 ±0,2c	2.6±0,26c	2.55±0.2c	0.23±0.01 c	0.24 ±0.03c	0.24 ±0.02c	11.2 ±0.3c	11.1 ±0.3c	11.1 ±0.3c	10	0.06	40
	F1W1	4.43 ±0,2b	6.6±0.26b	5.52 ±1.2b	0.32±0.02 b	0.4±0,03.0 b	0.36±0.25a	13.2±0.25 b	15.8±0.05b	14.5±1.5b			
	W	,05a17.78±	8.73±0,15a	a06±0,6.83	0.54±0.13 a	0.66±0.03a	0.60±0.29a	15.8±0.06 a	17.8±0.1a	16.8±1.1a			
	#P	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**			
15–30 سم	F	1.53±0,08c	1.63±0.15c	1.58±0.12c	0.34±0.01 c	0.33±0.02b	0.33±0.02c	7.17±0.25 c	8.9±0.25c	8.1±0.99c			
	F1W1	3.07±0,15b	4.60±0,1b	3.83±0.84b	0.46±0.03 b	0.58±0,01a	0.52±0.17b	10.37±0.2 b	12.5±0.5b	11.5±1.2b			
	W	5.27±0,06a	6.53±0,3a	5.90±0.72a	0.66±0.02 a	0.75±0.04a	0.72±0.22a	13.17±0.3 a	14.8±0.2a	14.0±0.9a			
	P	**0.002**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**			

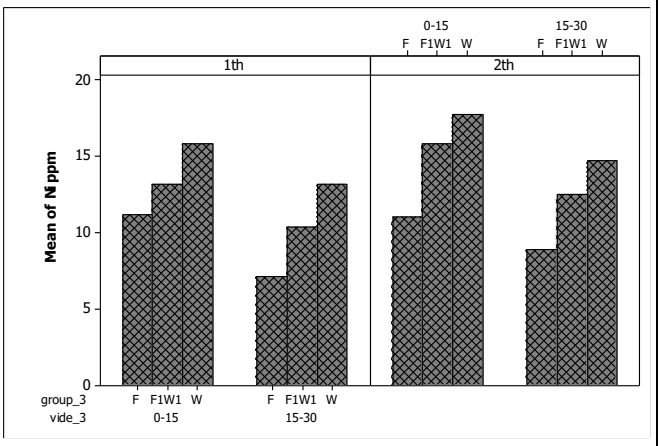
(أ)



(ب)



(ج)



المخطط رقم (5): محتوى التربة من الرصاص (أ) والكادميوم (ب) والنيكل (ج) باختلاف نوعية المياه المستخدمة في الري: المياه العذبة (F)، المياه العادمة (W) والري المتناوب للمياه العذبة والعادمة (F1W1) خلال موسمين متتالين (1th, 2 th) وبعمقين مختلفين للتربة(0–15، 15–30 سم)

تشير النتائج في الجدول رقم (8) والمخطط رقم (5) إلى ارتفاع تركيز كل من الرصاص والكادميوم والنيكل عند الري بالمياه العادمة وعند الري بالتناوب عادمة وعذبة مقارنة مع الري بالمياه العذبة وتظهر الدراسة الإحصائية فروق معنوية بين المعاملات المدروسة والشاهد في الطبقة السطحية أما في العمق الثاني كان منخفضاً مقارنة مع العمق الأول لكن مرتفعاً بالمقارنة مع الشاهد وقد يعزى السبب أن المياه العادمة تحتوي على مواد غنية بالرصاص والنيكل والكادميوم ناتجة عن مخلفات المعامل والمصانع وعند الري بهذه المياه تؤدي إلى ترسبها في التربة وترفع محتوى التربة من هذه المعادن وقد توافق هذا مع

ولكن بالرغم من ارتفاع محتوى التربة من هذه المعادن ولكن تبقى ضمن الحدود القصوى المسموح بها حسب المواصفات القياسية السورية.

المقترحات والتوصيات

يتبين من النتائج التي توصل اليها في هذا البحث بأن استخدام المياه العادمة قد تؤثر بشكل إيجابي في التربة من خلال زيادة محتوى التربة من البوتاسيوم والفوسفور والمواد العضوية، لكنها أدت أيضاً إلى زيادة محتوى التربة من المعادن الثقيلة (الرصاص، النيكل والكادميوم) لكنها بقيت تراكيز هذه المعادن ضمن الحدود المقبولة ضمن المواصفات القياسية للتربة، لذلك يمكن القول بأنه يمكن استخدام المياه العادمة أو حتى استخدامها مع المياه العذبة في ري الأراضي الزراعية دون وجود أي تأثير سلبي على التربة وخصائصها.

1. **المراجع العربية**
2. **المنظمة العربية للتنمية الزراعية جامعة الدول العربية ،(1999)** الدراسة القومية الشاملة حول تحسين كفاءة الري الحقلي بالوطن العربي.
3. **سفر، عادل (2006)**،ندوة دولية حول تحديث طرق الري المنظمة من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة – الفاو ووزارة الزراعة ونوسيتاوايكاردا وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ووكالة التعاون الفني الألمانية وجامعة دمشق .2006/4/3
4. **عودة، محمود و شمشم، سمير (2007)**. خصوبة التربة وتغذية النبات– الجزء العملي مديرية الكتب والمطبوعات جامعة البعث 290 صفحة.

المراجع الأجنبية

1- **Abedi-Koupai, J., Mostafazadeh-Fard, B., Afyuni, M., & Bagheri, M. R. (2006).** Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. *Plant Soil and Environment*, *52*(8), 335.

2- **Aboulroos,S.A. and El-Falacky (2005).** Pollution of soils and water in21- Arabic, Syrian puplisher.

3- **Ameri Ahmadi Aghtape,(2012):**Effectof irrigation with wastewater and foliar fertilizer application on some forage characteristics of foxtail millet.

4- International Journal of plant physiology and Biochemistry Vol.3(3),pp

5- **Al-Nakshabandi, A, M. M. Saqqar, M. R. Shatanawi, M. Fayyadand ،H. Al- Horani. (1997).** Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan, *Agricultural Water Management, Vol. 34, No. 1, pp. 81-94.*

6- **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., Vol. 52, pp. 335-344.*

7- **Horswell, J., Speir, T. W., & Van Schaik, A. P. (2003).** Bio-indicators to assess impacts of heavy metals in land-applied sewage sludge. *Soil Biology and Biochemistry*, *35*(11), 1501-1505.

8- **Jackson, M. L. (1958).** Soil chemical analysis prentice Hall. *Inc., Englewood Cliffs, NJ*, *498*, 183-204.

9- **Jackson, M. L. (1965).** Free oxides, hydroxides, and amorphous aluminosilicates. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling*, *9*, 578-603.

10- **Jahantigh, M. (2008).** Impact of Recycled Wastewater Irrigation on Soil Chemical Properties in an Arid Region, Pak *J Biol Sci, Vol.11, No. 18 ،pp. 2264-2268.*

11- KhaiNM,Tua PT,Vin CN,Oborn T,(2008):Effectof using wastewater as nutrient sources on soil chemical properties in peri-urban agriculture system.VNU Journal of Science,Earth Sciences,24;87-95

12- **Lui, Y, H.L. Xu, K. Y. Show, J. H. Tay (2002).** "Anaerobic granulation technology for wastewater treatment. *World Journal of Microbiology & Biotechnology., Vol. 18, pp. 99-113.*

13- **Mapandaa. F, Mangwayanaa E N, Nyamangara J, and Gillera K E (2005).** The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under

vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environment. 107: 151-165.*

14- **Mclean,E.O,(1982)**:Soil Ph line requirement.p199-224in A.L.page(ed),Methodsof soilanalysis,part2:chemical microbiological properties A.M.SocAgron.,,Madison,WI/USA.

15- **Melean , A.O (1982)**. Soil PH and Lime requirement. In: Page , A. L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (eds)Methods of soil analysis . Part (2) Madison ,WI: American Society of Agronomy.P1159.

16- **Mojiri, A. (2011)**. Effects of Municipal Wastewater on Physical and Chemical Properties of Saline Soil", *J. Biol. Environ. Sci., Vol. 5, No. 14, pp 71-76.*

17- **Najafi, P, and S. Nasr (2009)**. Comparison effects of wastewater on soil chemical properties in three irrigation methods, *Research on Crops, Vol. 10, No ،2 .pp. 277-280.*

18- **Odegard, I.Y.R.; Voet, E.(2014)**.The future of food Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecol Econ. 97, 51–59.*

19- **Olsen, S. R. (1954)**.*Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.

20- **Ozdemir, C., & Dursun, S. (2004)**. Trihalomethane determination and removals from the main discharge channel of Konya City (Turkey). *Environmental technology*, *25*(9), 1091-1096.

21- **Rattan, R. K, S. P. Datta, P. K. Chhonkar, K. Suribabuand, A. K. Singh ، (2005)**:" Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater- A case study", *Agric. Ecosyst .Environ., Vol. 109, No. 3-4, pp. 310-322.*

22- **Rusan, M. J. M., Hinnawi, S., & Rousan, L. (2007)**. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*, *215*(1-3), 143-152.

23- **Rhoades, J. D. (1990)**. Determining soil salinity from measurements of electrical conductivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *21*(13-16), 1887-1926.

24- **Tarchouna, G. L, P. Merdy, M. Raynaud, H. R. Pfeifer, Y. Lucas. (2010)**. Effects of long-term irrigation with treated wastewater, Part I :Evolution of soil physico-chemical properties, *Applied Geochemistry ،Vol. 25, No. 11, pp. 1703-1710.*

25- **USEPA. (1992).** Environmental Protection Agency, Offices of water and wastewater and compliance, (Ed.) *Guidelines for water reuse, U.S. EPA ، Washington, W. A. State Water Strategy.*

26- **Wallace, J.S.(2000).** Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agric. Ecosyst. Environ. 82: 105-119.*

27- **WHO, 2018,** Water sanitation hygiene strategy 2018-2025.

28- **Walkley, A., & Black, I. A. (1934).** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification