

استعمال التسميد الأخضر بنبات السيسبان على التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة في ظروف منطقة سلمية

رابعة الحايك*⁽¹⁾ وإيهاب جناد⁽¹⁾ ومحمد منهل الزعبي⁽²⁾

(1). قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية..

(2). إدارة بحوث الموارد الطبيعية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.

(* للمراسلة: د. رابعة الحايك، البريد الإلكتروني: rabea1976@gmail.com).

تاريخ القبول: 2022/09/4

تاريخ الاستلام: 2022/05/8

الملخص:

أُجري البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية بسلمية في الموسمين 2016/2017 و 2017/2018 لدراسة أثر التسميد الأخضر بمحصول السيسبان في الحفاظ على التربة كمستصلح حيوي (Phytoremediation Plant) عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في ري محصول الشعير (صنف فرات 6)، وأثره في تخفيف تراكم المعادن الثقيلة فيها. تضمن التجربة معاملتان: المعاملة الأولى: نوع المياه (مياه عذبة F، ومياه صرف صحي معالجة T) والمعاملة الثانية: تسميد أخضر بنبات السيسبان (G)، وبدون تسميد أخضر (تسميد معدني) (NG) وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD). زاد التسميد الأخضر محتوى الأزوت المعدني في التربة زيادةً معنوية بنسبة 22.5%؛ مقارنة مع التسميد المعدني، وأسهم مع استعمال المياه المعالجة في تخفيف تراكم المعادن الثقيلة في التربة وكان تركيز الرصاص 11.92 ملغ.كغ⁻¹ والكروم 14.46 ملغ.كغ⁻¹ والكاديميوم 0.379 ملغ.كغ⁻¹؛ مقارنةً مع 12.46 ملغ.كغ⁻¹، 15.98 ملغ.كغ⁻¹، 0.531 ملغ.كغ⁻¹ عند استعمال المياه المعالجة والتسميد المعدني، وكانت جميع التراكيز أقل بكثير من الحدود القصوى المسموحة لها في التربة. لذلك يمكن زراعة محصول السيسبان كمستصلحاً حيوياً للتربة عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة مع ضرورة مراقبتها بشكل دوري حتى لا تؤدي إلى تلوث التربة عند استعمالها لفترات طويلة.

الكلمات المفتاحية: التسميد الأخضر، مياه الصرف الصحي المعالجة، الأزوت المعدني، المعادن الثقيلة، السيسبان.

المقدمة:

تتفاقم مشكلة الموارد المائية نتيجة تزايد عدد السكان، والنمو والتنمية الصناعية والزراعية، فضلاً عن هذه العوامل تمثل التغيرات المناخية تحدياً كبيراً ذو تأثيرات سلبية على الموارد المائية والمحاصيل الزراعية. إن زيادة الطلب على الموارد المائية لتلبية الاحتياجات المختلفة جعل من إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة حلاً فعالاً للتخفيف من مشكلة ندرة المياه، وتوفير كميات جيدة من مياه الري، وتقليل استعمال الأسمدة الكيميائية حيث المغذيات في مياه الصرف يمكن أن تقلل من استعمال الأسمدة التقليدية، وبالتالي حماية البيئة وتحسين غلة المحاصيل (Ungureanu et al., 2018; Inyinbor et al., 2019)

انطلاقاً من ذلك ونظراً لمحدودية الموارد المائية في الجمهورية العربية السورية، والعجز المائي المتزايد في الموارد المائية المتاحة للأغراض الزراعية، كان لا بد من البحث عن مصادر مائية رديفة تدعم الموازنة المائية الحالية ووضع استراتيجية لتوفير الماء العذب للشرب، وتحسين نوعية المياه السطحية عبر إعادة استعمال مياه الصرف الصحي بعد معالجتها في مجال الري الزراعي، وإدخال

هذا النوع من المياه غير التقليدية كمورد مائي إضافي متجدد ضمن الموازنة المائية الوطنية في سقاية بعض المحاصيل (الزبني وآخرون، 2014 ب).

وجد الباحثون Pollice وزملاؤه (2004) و Al-Zoubi وزملاؤه (2008) و Zavadi (2009) أن الري بمياه الصرف الصحي أدى إلى زيادة كبيرة في نسبة المادة العضوية في التربة، والتوصيل الكهربائي للتربة، ومحتوى المعادن الثقيلة، ومحتوى المغذيات الكبرى المتاحة N، P، K في التربة المروية بمياه معالجة؛ مقارنة بتلك المروية بالمياه الجوفية. واستنتج Subramani وزملاؤه (2014) في دراسة أجريت في الهند زيادةً معنويةً في محتوى الكاديوم الكلي والكروم والرصاص في الترب المروية بمياه الصرف الصحي؛ مقارنةً بالتربة المروية بمياه عذبة. كما لاحظ الباحثان بهية والجادر (2008) زيادةً معنويةً في قيم التوصيل الكهربائي (EC) والأزوت الكلي (N) والفوسفور (P) في التربة عند ري أحد حقول منطقة المحمودية في بغداد بمياه صرف صحي معالجة؛ مقارنةً بالتربة المروية بمياه نهر الفرات، واستنتجاً بأنه يمكن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الري بدلاً من مياه النهر والاستفادة من المغذيات التي تحتويها (الأزوت والفوسفور).

تعدّ النباتات البقولية من المكونات الرئيسية في أنظمة الدورات الزراعية وفي الزراعات المختلطة، ومن هذه النباتات السيسبان Sesbania وهو من المحاصيل البقولية التي كانت مزروعة في الهند والباكستان وأدخلت إلى سورية منذ العام 1997 لإعادة تأهيل الترب المتأثرة بالملوحة ومن أجل التسميد الأخضر وكمحسن للتربة (الزبني وآخرون، 2014 أ). يمكن لنبات السيسبان معالجة مياه الصرف الصحي في نظام Wetland system مع إنتاج كتلة حيوية غنية بالأزوت تستعمل كعلف للحيوانات أو كسماد للتربة (Dan et al., 2011)، وتؤدي الجذور دوراً مهماً في احتجاز المعادن الثقيلة ومنع التراكم المفرط والسام في البراعم (Branzini et al., 2012). وبين كرد علي وزملاؤه (2005) أن استعمال مخلفات نبات السيسبان كأسمدة خضراء في تسميد نبات ذرة السورغوم العلفية المزروعة في تربة مالحة أسهم في تحسين نموه وإنتاجه وفي تزويده بالأزوت؛ لذا يمكن أن يُستعمل كمادة استصلاح حيوي تعمل على تحسين حالة المادة العضوية للتربة والنشاط الحيوي فيها لتدوير المغذيات وإنتاجية التربة على المدى الطويل. درس Ibrahim وزملاؤه (2020) تأثير قلب محاصيل سمد أخضر عدة ومنها السيسبان في التربة مع مستويات من الأزوت في خصائص التربة الكيميائية، وأدى ذلك إلى زيادة الكربون العضوي، والأزوت الكلي، والفوسفور المتاح، والكاتيونات المتبادلة معنويةً؛ بينما انخفض الرقم الهيدروجيني للتربة.

وفقاً لما سبق، يمكن الاستفادة من المياه المعالجة في ري المحاصيل العلفية المختلفة وتسميدها؛ لتخفيف العبء عن استعمال المياه العذبة لكن مع ضرورة دراسة تأثير الري بمياه الصرف الصحي المعالجة على خواص التربة الكيميائية وتراكم المعادن الثقيلة فيها، وأهمية التسميد الأخضر بنبات السيسبان في تحسين هذه الخصائص. ولتحقيق ذلك تمت هذه الدراسة بهدف تحديد أثر التسميد الأخضر بمحصول السيسبان في الحفاظ على التربة من التدهور كمستصلح نباتي (Phytoremediation plant) وذلك عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة، وأثره في تخفيف تراكم المعادن الثقيلة فيها.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية:

زُرِعَ محصولُ الشعير (*Hordeum vulgare L.*) Barley (صنف فرات 6) - وهو أحد الأصناف المعتمدة للزراعة المروية في منطقة الاستقرار الثانية في سورية ثنائي الصفوف - بتاريخ 12/1، وحُصِدَت النباتات بتاريخ 5/25 في الموسمين الزراعيين 2017/2016 و 2018/2017.

زُرِعَ محصولُ السيسبان *Sesbania aculeata* - وهو من المحاصيل البقولية المروية الصيفية سريعة النمو - بعد حصاد الشعير في الموسم الأول ضمن دورة زراعية، ومن ثم تم قلبه في التربة كتسميد أخضر عند بداية مرحلة الإزهار، حيث زُرِع بتاريخ 2017/7/1 وحُشَّ وَقَلِبَ بتاريخ 2017/9/10.

موقع التجربة:

نُفِّدَ البَحْثُ في مركز البحوث العلمية الزراعية في سلمية، التي تقع تقريباً في وسط سورية على أطراف البادية السورية على خط عرض 35 وخط طول 37 وارتفاعها عن سطح البحر 450 م تقريباً؛ تبعد عن مدينة حمص 45 كم للشمال الشرقي وعن مدينة حماه 33 كم، وتُصنَّف من المناطق شبه الجافة، حيث بلغ متوسط الهطول المطري 272 مم للمنطقة أثناء تنفيذ التجربة، وكان أعلى متوسط شهري للهطول المطري 72 مم في شهر كانون الثاني، وأدنى قيمة له 18 مم في شهر تشرين الأول؛ وسجل متوسط درجة الحرارة أعلى قيمة له في شهر تموز (38 م) أثناء تنفيذ التجربة، وأدنى قيمة له في شهر كانون الثاني (2 م)، وكان أعلى متوسط للرطوبة النسبية في شهري كانون الثاني وكانون الأول (75%) (الجدول 1).

الجدول (1): متوسط المعطيات المناخية في مركز بحوث سلمية في مدة تنفيذ البحث 2016-2017-2018

المعطيات	درجة الحرارة الصغرى	درجة الحرارة العظمى	متوسط رطوبة نسبية	سرعة رياح	مجموع مدة سطوع الشمس	الهطول
الشهر	C°	C°	%	م. ثا ¹	ساعة	مم
كانون الثاني	2	12	75	4	5	72
شباط	4	17	65	4	6	32
آذار	8	21	62	5	7	24
نيسان	10	26	51	4	9	18
أيار	15	30	52	4	10	19
حزيران	19	35	48	5	12	0
تموز	21	38	48	5	12	0
آب	22	37	53	4	12	0
أيلول	19	35	51	3	10	0
تشرين الأول	14	29	55	3	8	18
تشرين الثاني	7	20	65	3	6	35
كانون الأول	4	14	75	5	4	55
المتوسط/المجموع	12	26	58	4	8	272

المصدر: محطة رصد سلمية

مواصفات تربة موقع التجربة:

حُلِّلت تربة موقع التجربة قبل زراعة محصول الشعير وهي تقع تحت رتبة التربة الجافة (Aridisols) (USDA, 1999)، وتبين أنها معتدلة إلى خفيفة القلوية، غير مالحة وذات محتوى عالٍ من كربونات الكالسيوم ومحتوى جيد من المادة العضوية، وهي متوسطة المحتوى من الأزوت المعدني ومرتفعة المحتوى من الفوسفور المتاح، مرتفعة المحتوى جداً بالبوتاسيوم المتاح، وذلك عائد كون موقع التجربة يقع في مركز تربية ثروة حيوانية حيث تتلقى التربة مخلفات الحيوانات دائماً وهذه المواد العضوية تُثبج الفوسفور والبوتاسيوم بواسطة الأحماض العضوية الناتجة عن تفكك المواد العضوية، وأيضاً تكون سبباً في زيادة النشاط الحيوي في التربة والذي يسهم بدوره في زيادة الإتاحة، وهي تربة طينية، ذات كثافة ظاهرية 1.2 غ/سم³ بالمتوسط، بلغ متوسط الرطوبة الحقلية عند السعة الحقلية 33% حجماً ومتوسط الرطوبة الحقلية عند نقطة الذبول 17% حجماً (الجدول 2).

الجدول (2): بعض مواصفات التربة الكيميائية والفيزيائية قبل الزراعة في موقع التجربة

الكثافة الظاهرية	نقطة الذوبان	السعة الحقلية	القوام	طين	سنت	رمل	K _{av}	P _{av}	N _{min}	CaCO ₃	المادة العضوية	معلق 1:5	
												EC	pH
غ/سم ³	Vol. %			%			مغ.كغ ⁻¹			%		dS.m ⁻¹	
1.2	17	33	طيني	47	27	26	877	18	19	29.87	2.65	0.6	7.49

من خلال تحليل المعادن الثقيلة (الرصاص والكروم والكاميوم) في التربة المبين في الجدول (3) يُلاحظ أن جميع تراكيز هذه المعادن بالمتوسط هو ضمن الحدود المسموح بها في التربة (Adriano, 1986; Alloway, 1995).

الجدول (3): تركيز المعادن الثقيلة في التربة قبل الزراعة في موقع التجربة

Cd	Cr	Pb	محتوى المعادن الثقيلة في التربة قبل الزراعة
مغ.كغ ⁻¹			
0.04	7.03	4	الحدود المسموحة للمعادن في التربة (Adriano, 1986)
1	100	100	

تصميم التجربة:

نُفذت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (RCBD) وبثلاثة مكررات، حيث كانت المعاملة الأولى هي معاملة نوع المياه: مياه عذبة (F)، مياه صرف صحي معالجة (T) والمعاملة الثانية هي معاملة التسميد: تسميد أخضر بنبات السيسبان (G)، وبدون تسميد أخضر (تسميد معدني) (NG). استُخدم البرنامج الإحصائي (Genstat12) في تحليل التباين Anova للبيانات والقراءات المدروسة، وقورنت المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي Least Significant Difference (L.S.D) عند مستوى معنوية $P < 0.05$.

مصادر المياه المستعملة في الري:

مياه عذبة: بئر سطحي في مركز بحوث السلمية، ودلت تحاليل المياه أنها معتدلة الحموضة وغير مالحة، وتركيز الكاتيونات والأنيونات فيها ضمن المجال الطبيعي لمياه الري (FAO/WHO, 1992) (جدول 4).

مياه صرف صحي معالجة: استُعملت مياه الصرف الصحي المعالجة الخارجة من محطة معالجة مياه مدينة سلمية. تقع المحطة في الجهة الغربية من مدينة سلمية وعلى بعد حوالي 7/ كم منها. تعتمد المحطة في عملها على المعالجة الثانوية على باستخدام بحيرات الأكسدة الطبيعية. كان التحليل الكيميائي والحيوي عامّة للمياه المعالجة المستعملة في الري ضمن الحدود المسموح بها في المواصفة السورية 2752 لإعادة استعمال المياه المعالجة لأغراض الري، وتمت تحاليل المياه في مخبر محطة معالجة مياه سلمية، حيث كان هناك ارتفاع في تركيز شوارد الصوديوم كون المياه المصروفة إلى محطة المعالجة هي مياه صرف منزلي حاوية على بقايا المنظفات وطريقة المعالجة ببخيرات الأكسدة الطبيعية لا تعالج الصوديوم، كما كان الأمر ذاته بالنسبة لتركيز كل من الكالسيوم والأمونيوم والفوسفات؛ إذ كانت أعلى من الحدود المسموح بها في المواصفة السورية 2752 لمعالجتها بنسبة بسيطة بطريقة ببخيرات الأكسدة الطبيعية (هيئة المواصفات والمقاييس السورية، 2008) (الجدولان 4 و 5).

الجدول (4): التحليل الكيميائي للمياه المستعملة في الري

NO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	T.D.S	ECw	pH	
ملغ لتر ⁻¹							dS.m ⁻¹		
3.4	11.7	184	383	244	66.1	1075	1.68	7.26	مياه عذبة
20	59	587	312	66.9	132	1167	2.62	7.51	مياه معالجة
60-80	-	300	500	60	270	1500-2000	-	9-6	الحدود القصوى المسموحة*

*الحدود القصوى المسموحة حسب المواصفة السورية 2752/2008 مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري.

الجدول (5): التحليل الحيوي وتراكيز بعض المعادن الثقيلة في المياه المعالجة المستعملة في الري

Cd	Cr	Pb	العكارة	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	BOD ₅	COD	TSS		
ملغ.لتر ⁻¹			NTU	ملغ.لتر ⁻¹							
0.03	0.3	0.2	159	65	246	43	55	225	105	مياه معالجة	
0.05	1	5	-	20-30	500	20	30-150	75-300	50-150	الحدود القصوى المسموحة*	

*الحدود القصوى المسموحة حسب المواصفة السورية 2008/2752 مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري.

مراحل العمل:

- تم إجراء تحليل لتربة موقع التجربة قبل الزراعة لمعرفة خواصها الكيميائية عن طريق أخذ عينات تربة من الموقع على أعماق مختلفة.
- في الموسم الأول: تم تجهيز تربة التجربة وتقسيمها حسب مخطط البحث، وتم تركيب شبكة ري بالتنقيط مصممة حسب معاملات التجربة، ثم زرع محصول الشعير كمحصول شتوي في كافة القطع على سطور بمعدل 15 كغ/دونم، طول السطر 3 متر، والمسافة بين السطور 20 سم، وبين النباتات 5-7 سم على السطر الواحد.
- تم إضافة كامل السماد الفوسفوري والسماد الأزوتي على شكل يوريا بعد إجراء تحاليل للتربة ومعرفة محتواها من الأزوت المعدني والفوسفور القابل للإفادة وذلك وفق توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.
- بعد حصاد الشعير تم تقسيم القطع التجريبية إلى قسمين: القسم الأول زرع فيه نبات السيسان في الموسم الصيفي حتى مرحلة بداية الإزهار، ثم حُشَّ وقلب في التربة كسماد أخضر، والقسم الثاني تُرك بدون زراعة.
- في الموسم الشتوي التالي أُعيد زراعة كافة القطع التجريبية بمحصول الشعير وطُبقت عليه الخدمات نفسها في الموسم الأول. وأصبحت التجربة قسمين: القسم الأول شعير - سيسان - شعير، والقسم الثاني شعير - شعير.
- بعد حصاد الشعير في الموسم الثاني تم أخذ عينات تربة من كافة القطع التجريبية وإجراء التحاليل اللازمة لمعرفة التغيرات التي طرأت على بعض خواصها الكيميائية والمعادن الثقيلة فيها.

طرائق البحث:

تحليل التربة:

تم أخذ تسع عينات تربة مركبة قبل زراعة الموسم الأول من تربة التجربة من ثلاثة مواقع ولثلاثة أعماق (0-20 و 20-40 و 40-60)، ثم بعد حصاد الشعير في الموسم الثاني من كافة القطع التجريبية وعددها 12، وحُللت جميعها في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

❖ قُدرت درجة تفاعل التربة (pH): بجهاز (pH meter) لمعلق تربة (1:5) تربة - ماء مقطر، والناقلية الكهربائية للتربة (EC) بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية في مستخلص تربة (1:5)، وكربونات الكالسوم الكلية (CaCO₃): تم قياسها بجهاز الكالسيومتر (المكلاس). قُدر الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين بطريقة أولسن بواسطة جهاز المطيافية الضوئية الآلي، وقدرت المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بثاني كرومات البوتاسيوم، وتم هضم العينات بالطريقة الرطبة ثم قُدر الأزوت المعدني باستخلاص الأزوت الأمونيكي بمحلول غني بشاردة البوتاسيوم والماء المقطر للأزوت النتراتي وقُدر الأزوت الكلي بطريقة كلاهل. تم تقدير التركيب الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدوميتر وصنف القوام بناءً على مثلث تصنيف القوام الأمريكي (الزعيبي وآخرون، 2013).

- ❖ تحليل المعادن الثقيلة في التربة: قُدر الشكل الكلي للمعادن الثقيلة الرصاص والكروم والكاديميوم بهضمها (بطريقة الماء الملكي) والقياس بجهاز الامتصاص الذري نوع Varian (الزعيبي وآخرون، 2013).
- ❖ السعة الحقلية: جرى تعيين السعة الحقلية حقلياً وذلك على الأعماق (0-15 و 16-30 و 31-45 و 46-60) سم وبمعدل ثلاثة مكررات لكل عمق، ومن ثم المحتوى الرطوبي الحجمي Θ_{FC} عند السعة الحقلية = المحتوى الرطوبي الوزني * الكثافة الظاهرية P_d ($\Theta_{FC} = \Theta_M \cdot P_d$).
- ❖ نقطة الذبول WP: حُسبت نقطة الذبول باستخدام برنامج حاسوبي SPAW (Soil-Plant-Air-Water) استناداً إلى التركيب الميكانيكي للتربة.
- ❖ الكثافة الظاهرية: حُسبت من خلال برنامج حاسوبي SPAW (Soil-Plant-Air-Water) استناداً إلى التركيب الميكانيكي للتربة، وكانت 1.2 غ/سم³.

تحليل المياه:

- أُخِذَت عينات دورية من مياه الصرف الصحي المعالجة مرتين في الشهر في الموسمين وتم تقويمها حسب المواصفة السورية 2752 لاستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الري:
- ❖ قُدر الرقم الهيدروجيني للمياه (pH) بجهاز (pH meter) الكهربائي، والناقلية الكهربائية (EC) بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية، والأملاح الذائبة الكلية (TDS) بدلالة الناقلية الكهربائية، كما قُدرت المواد العالقة الكلية TSS. قُدر الأكسجين الحيوي المطلوب BOD بعد وضع العينة خمسة أيام في الحاضنة وعلى درجة حرارة 20 م⁰، كما قُدر الأكسجين الكيميائي المطلوب COD، وقُدر الأزوت المعدني (النترات والأمونيوم) بواسطة جهاز سبيكتروفوتوميتر. قُدرت المعادن الثقيلة الرصاص والكروم والكاديميوم في عينات المياه المأخوذة دورياً؛ بواسطة القياس بجهاز الامتصاص الذري، وقُدرت الفوسفات (PO_4^{3-}) بواسطة جهاز التحليل الآلي والكلورايد (Cl^-) بطريقة المعايرة بوجود محلول نترات الفضة وكرومات البوتاسيوم (الزعيبي وآخرون، 2013).

كمية الري المقدمة:

حُسبت كمية مياه الري المطلوبة لري محصول الشعير وفقاً لمايلي:

- حُسبت قيمة الماء المتاح الكلي والماء المتاح بسهولة لتربة مركز بحوث سلمية؛ وفق المعادلات رقم (1) و(2) (Allen et al., 1998):

$$TAW=1000 (\Theta_{FC}-\Theta_{WP}) \times Zr \quad (1)$$

حيث: TAW: الماء المتاح الكلي في منطقة الجذور الفعالة (م)، Θ_{FC} : المحتوى الرطوبي الحجمي عند السعة الحقلية (م³·م⁻³)، Θ_{WP} : المحتوى الرطوبي الحجمي عند معامل الذبول (م³·م⁻³)، Zr: عمق الجذور الفعالة (م).
إن الجزء من ماء التربة المتاح الذي يمكن للمحصول استخلاصه من منطقة الجذور من دون أن يعاني من الإجهاد المائي يدعى ماء التربة المتاح بسهولة للنبات (RAW) Readily available water ويعبر عنه بالمعادلة:

$$RAW = P \times TAW \quad (2)$$

حيث: RAW: الماء المتاح بسهولة للنبات (م)، P: نسبة الجزء من الماء المتاح الذي يمكن استخلاصه من منطقة الجذور قبل حدوث إجهاد مائي.

وقد عُدت كمية مياه الري المضافة في الريّة الواحدة مساوية لقيمة الماء المتاح بسهولة RAW، أما قيمة المعامل P فعُدّت مساوياً (0.5).

- تم الري بطريقة الري بالتقطيع وكانت شبكة الري مقسمة إلى قسمين قسم للمياه المعالجة وقسم للمياه العذبة ويبعدان عن بعضهما مسافة 3 م، تألفت القطعة التجريبية الواحدة ضمن القسم الواحد من 4 خطوط سقاية GR (منقطات داخلية بتباعد 40 سم)، طول خط الزراعة = 3 م، المسافة بين الخطوط = 50 سم، المسافة بين القطعة التجريبية والأخرى 1 م، المسافة بين النباتات على الخط الواحد بالنسبة للشعير 5 سم وبالنسبة للسيسبان 40 سم.
- يبين الجدول (6) كمية الري المقدمة على كامل موسم النمو محصول الشعير ومتوسط الريّة الواحدة وعدد الريات والتباعد بين الريات كمتوسط موسمي الزراعة:

الجدول (6): متوسط كمية مياه الري المقدمة لمحصول الشعير في الموسم الواحد والريّة الواحدة وعدد الريات والتباعد بين الريات لموسمي الزراعة 2016-2017 و 2017-2018

التباعد بين الريات	عدد الريات	متوسط الريّة الواحدة (م ³ /هـ)	كمية مياه الري المقدمة في الموسم (م ³ /هـ)	المعاملة
10	7	450	3355	G
				Ng
				G
				Ng
				F
				T

النتائج والمناقشة:

تأثير التسميد الأخضر بنبات السيسبان في بعض خصائص التربة الكيميائية:

أظهرت النتائج المبينة في الجدول (7) عدم وجود تأثير للتسميد الأخضر بنبات السيسبان على تغير الرقم الهيدروجيني pH والناقلية الكهربائية EC، حيث وصلت قيم الـ pH إلى 8.30 و EC إلى 0.60 ديسيمنز/م عند التسميد الأخضر؛ مقارنةً مع 8.27 لـ pH، 0.57 ديسيمنز/م لـ EC عند عدم تطبيق التسميد الأخضر، ربما يعود ذلك إلى الحاجة لتطبيق التسميد الأخضر لمدة طويلة ليتغير الرقم الهيدروجيني (Singh et al. 1992; Buragohain et al. 2018).

بلغ محتوى التربة من المادة العضوية 3.37% عند استعمال نبات السيسبان وقلبه في التربة؛ مقارنةً مع 3.12% عند عدم التسميد الأخضر، حيث تحسّنت المادة العضوية في التربة لكن كانت الفروق غير معنوية فيما بينها (الجدول 7)، توافق ماسبق مع (Salahin et al., 2013; Meena et al., 2018) عند استعمال السيسبان وقلبه في التربة قد حسّن المادة العضوية ومغذيات التربة؛ وبالتالي تحسين صحة التربة وإنتاج محاصيل مستدامة.

حسّن التسميد الأخضر بنبات السيسبان محتوى التربة من الأزوت المعدني والفوسفور والبوتاسيوم المتاحين، وكان تركيزها 26.33 ملغ.كغ⁻¹، 40.7 ملغ.كغ⁻¹، 1766 ملغ.كغ⁻¹؛ مقارنةً مع 21.5 ملغ.كغ⁻¹، 32.8 ملغ.كغ⁻¹، 1521 ملغ.كغ⁻¹ على التوالي عند عدم التسميد الأخضر، وتوقفت معنوياً معاملة التسميد الأخضر من حيث زيادة تركيز الأزوت المعدني في التربة؛ بينما كانت الزيادة غير معنوية في تركيز الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين (الجدول 7). يؤكد ذلك ما توصل له الباحثون Kumar وزملائه (2014) و Ibrahim وزملائه (2020) من حيث أن زراعة السيسبان ومحاصيل السماد الأخضر الأخرى تحسّن محتوى التربة من المغذيات الرئيسية المتاحة الأزوت والفوسفور والبوتاسيوم، وتكون ضياعات غسل الأزوت عبر طبقات التربة ضئيلة؛ مقارنة مع

الأسمدة المعدنية، حيث تحتاج المغذيات في السماد الأخضر إلى أن تتمعدن حتى يمكنها الغسل والضياح عبر قطاع التربة، لكن تصبح متاحة ليستفيد منها المحصول الرئيس ومن ثم تخفف الاحتياجات السمادية الأزوتية (Singh et al. 1992).

تأثير نوعية المياه في بعض خصائص التربة الكيميائية:

دلّت النتائج في الجدول (7) على عدم وجود تأثير معنوي للري بمياه الصرف الصحي المعالجة على تغير قيم الرقم الهيدروجيني pH والناقلية الكهربائية EC لمحلول التربة (1:5) حيث بلغت قيم الـ pH 8.30 و EC 0.62 ديسيمنز/م عند الري بمياه معالجة؛ مقارنةً مع 8.26، 0.55 ديسيمنز/م عند الري بمياه عذبة؛ مما يدل على أن محتوى المياه من الأملاح ضئيل؛ وبالتالي لم يؤثر استعمال مياه صرف صحي معالجة في الري بشكل سلبي في زيادة الرقم الهيدروجيني pH والناقلية الكهربائية EC في التربة؛ وهذا ما توافق مع Castro وزملائه (2011).

كذلك الأمر لم يكن هناك تأثير معنوي للري بمياه الصرف الصحي المعالجة على قيمة المادة العضوية في محلول التربة، بلغ محتوى التربة من المادة العضوية 3.39% عند الري بمياه معالجة؛ مقارنةً مع 3.1% عند الري بمياه عذبة (الجدول 7)، وهذا يؤكد ما توصل إليه عددٌ من الباحثين (ميلاد وآخرون، 2019؛ Hasan et al. 2014; 2019; Al-Rashidi et al., 2013) عندما لم يلاحظوا أي فروق معنوية في المادة العضوية للتربة عند الري بمياه صرف صحي معالجة؛ مقارنةً مع المياه العذبة عند استعمال مياه الصرف الصحي في الري لمدة تقل عن أربع سنوات.

بيّن الجدول (7) وجود تأثير معنوي للري بمياه صرف صحي معالجة في زيادة تركيز الأزوت المعدني وغير معنوي عند الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين في محلول تربة موقع التجربة على المدى القصير، وبلغت القيم 25.5 ملغ.كغ⁻¹، 42.8 ملغ.كغ⁻¹، 1680 ملغ.كغ⁻¹ على التوالي؛ مقارنةً مع 22.3 ملغ.كغ⁻¹، 30.7 ملغ.كغ⁻¹، 1607 ملغ.كغ⁻¹ على التوالي عند الري بمياه عذبة، وتوافق هذا مع عددٍ من الباحثين (Jahan et al. 2019؛ الزعبي وآخرون، 2018؛ Al-Rashidi et al., 2013؛ بهية والجادر، 2008) حين لاحظوا تحسّن خصائص التربة الكيميائية، وأهمها: الأزوت والفوسفور والبوتاسيوم عند الري بمياه صرف صحي معالجة؛ مقارنةً بالتربة المروية بالمياه الجوفية.

التأثير المشترك لاستعمال المياه المعالجة والتسميد الأخضر في بعض خصائص التربة الكيميائية:

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي الموضحة في الجدول (7) وجود تأثير مشترك لكن غير معنوي عند استعمال نوعي مياه مختلفين مع التسميد الأخضر في بعض خصائص التربة المدروسة، وبلغت أعلى قيمة للرقم الهيدروجيني لمحلول التربة pH 8.32 عند معاملة الري بمياه عذبة وبوجود التسميد الأخضر؛ مقارنةً مع أقل قيمة 8.25 عند معاملة الري بمياه عذبة وبغياب التسميد الأخضر. كما لم يؤثر استعمال نوعي مياه مختلفين والتسميد الأخضر في تغيير الناقلية الكهربائية EC لمعلق التربة 1:5 وكانت التربة غير مالحة، وبلغت أعلى قيمة لها 0.67 ديسيمنز/م عند الري بمياه معالجة وبوجود التسميد الأخضر (الجدول 7).

دلّت النتائج في الجدول (7) على تأثير معنوي من المادة العضوية بشكل غير معنوي عند استعمال نوعي مياه مختلفين مع التسميد الأخضر حيث بلغ 3.56% عند الري بمياه معالجة وبوجود التسميد الأخضر؛ مقارنةً مع 3.02% عند الري بمياه عذبة ومن دون التسميد الأخضر، وتعود هذه الزيادة في المادة العضوية لاستعمال المياه المعالجة مع التسميد الأخضر (حميد وعليوي، 2018؛ Dan et al., 2011).

بينت النتائج في الجدول (7) وجود تأثير مشترك لاستعمال نوعي مياه مختلفين والتسميد الأخضر في زيادة محتوى التربة من الأزوت المعدني والفوسفور والبوتاسيوم المتاحين، لكن كان تأثيراً غير معنوياً، حيث بلغ تركيز الأزوت المعدني 28 ملغ.كغ⁻¹ عند الري

بمياه معالجة وبوجود التسميد الأخضر؛ مقارنةً مع 20 ملغ. كغ⁻¹ عند الري بمياه عذبة ومن دون تسميد أخضر. كما بلغ تركيز الفوسفور المتاح 47.5 ملغ. كغ⁻¹ عند الري بمياه معالجة وبوجود التسميد الأخضر؛ مقارنةً مع 27.5 ملغ. كغ⁻¹ عند الري بمياه عذبة ومن دون التسميد الأخضر؛ وكان الفرق غير معنوي في تركيز البوتاسيوم المتاح في التربة حيث وصل إلى 1772 ملغ. كغ⁻¹ عند الري بمياه عذبة وبوجود التسميد الأخضر؛ مقارنةً مع 1442 ملغ. كغ⁻¹ عند الري بمياه عذبة ومن دون التسميد الأخضر، وتوافق ماسبق مع Qadir (2008) و Samarah وزملائه (2020) عندما لم تطرأ زيادة معنوية في الخصائص الكيميائية للتربة سواءً عند الري بمياه صرف صحي معالجة أو عذبة، لكن كان هناك تحسّن في مغذيات التربة: الأزوت والفوسفور والبوتاسيوم نتيجة الري بمياه معالجة والتسميد الأخضر (Lee et al, 2016; Rezapour, 2021).

الجدول (7): تأثير استعمال نوعي مياه مختلفين مع التسميد الأخضر في خصائص التربة الكيميائية

البوتاس المتاح	الفوسفور المتاح	الأزوت المعدني	المادة العضوية	معلق 1:5		معاملة التسميد	معاملة نوع المياه
				EC ds/m	pH		
	ملغ. كغ ⁻¹		%				
1772	33.9	24.67	3.18	0.53	8.28	G	F
1442	27.5	20	3.02	0.57	8.25	NG	
1760	47.5	28	3.56	0.67	8.32	G	T
1600	38.1	23	3.22	0.57	8.29	NG	
379	21	2.6	0.6	0.2	0.15		L.S.D _{5%}
1766 ^a	40.7 ^a	26.33 ^a	3.37 ^a	0.60 ^a	8.30 ^a		G
1521 ^a	32.8 ^a	21.5 ^b	3.12 ^a	0.57 ^a	8.27 ^a		NG
268	15	1.82	0.4	0.1	0.11		L.S.D _{5%}
1607 ^a	30.7 ^a	22.3 ^b	3.10 ^a	0.55 ^a	8.26 ^a		F
1680 ^a	42.8 ^a	25.5 ^a	3.39 ^a	0.62 ^a	8.30 ^a		T
268	15	1.82	0.4	0.1	0.11		L.S.D _{5%}

تأثير التسميد الأخضر بنبات السيسبان في تراكم المعادن الثقيلة في التربة:

أظهرت النتائج في الجدول (8) وجود تأثير معنوي للتسميد الأخضر بنبات السيسبان في نقصان تراكم بعض المعادن الثقيلة في التربة (الكروم والكاديوم)، وكان هذا التأثير غير معنوي عند الرصاص، حيث وصلت تراكيز هذه المعادن في التربة إلى 8.43 ملغ. كغ⁻¹، 11.79 ملغ. كغ⁻¹، 0.28 ملغ. كغ⁻¹ على التوالي عند عدم زراعة نبات السيسبان واستعماله كسماد أخضر؛ مقارنةً مع 8.14 ملغ. كغ⁻¹، 10.91 ملغ. كغ⁻¹، 0.21 ملغ. كغ⁻¹ على التوالي عند التسميد الأخضر، وكانت جميع التراكيز ضمن الحدود المسموحة للمعادن في التربة (Adriano, 1986)؛ مما يدل على أهمية التسميد الأخضر بنبات السيسبان في تخفيف تراكم المعادن الثقيلة في التربة ويتوافق ذلك مع ما درسه عددٌ من الباحثين (Ye et al. 2001; Yang et al. 2003; Sinha & Gupta 2005) حيث أظهرت أنواعاً مختلفةً من السيسبان إمكانية النمو في مواقع شديدة التلوث بالمعادن الثقيلة ومعالجة تلوث التربة بها.

تأثير نوعية المياه في تراكم المعادن الثقيلة:

دلّت النتائج في الجدول (8) على تراكم المعادن الثقيلة في التربة عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الري، لكن كانت تراكيزها بعيدةً عن الحدود المسموحة لتراكمها في التربة، حيث وصلت تراكيز المعادن الرصاص والكروم والكاديوم في التربة إلى 12.19 ملغ. كغ⁻¹، 15.22 ملغ. كغ⁻¹، 0.455 ملغ. كغ⁻¹ على التوالي عند الري بمياه معالجة، وكان تراكمها معنويًا؛ مقارنةً مع الري بمياه عذبة 4.38 ملغ. كغ⁻¹، 7.48 ملغ. كغ⁻¹، 0.037 ملغ. كغ⁻¹ على التوالي، وكانت جميع التراكيز ضمن الحدود المسموحة للمعادن في التربة (Adriano, 1986)، رغم ذلك يتطلب استعمال المياه المعالجة في الري مراقبةً وتقييماً دائمين لمحتوى المعادن

الثقيلة في التربة (Dotaniya et al. 2018)، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل له عددٌ من الباحثين (Rusan et al. 2020; Rezapour et al., 2019; Samarah et al. 2007) الذين استنتجوا إمكانية تراكم المعادن الثقيلة في التربة، وتلوثها عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة على المدى الطويل.

3.6. التأثير المشترك لاستعمال المياه المعالجة والتسميد الأخضر في تراكم المعادن الثقيلة:

بيّنت النتائج في الجدول (8) وجود تأثير مشترك عند استعمال نوعي مياه مختلفين والتسميد الأخضر في تراكم بعض المعادن الثقيلة، مثل: الرصاص والكروم والكاديوم في التربة، وكان تأثيراً غير معنوي في الرصاص والكروم، حيث كان تركيز الرصاص والكروم الأعلى عند الري بمياه صرف صحي معالجة ومن دون التسميد الأخضر 12.46 ملغ.كغ⁻¹، 15.98 ملغ.كغ⁻¹ على التوالي، مقارنةً مع باقي المعاملات حيث كان التركيز الأدنى لهما عند الري بمياه عذبة مع التسميد الأخضر 4.36 ملغ.كغ⁻¹، 7.37 ملغ.كغ⁻¹ على التوالي. بينما كان التأثير المشترك لنوعي المياه مع التسميد معنوياً في تركيز الكاديوم في التربة، حيث بلغ 0.531 ملغ.كغ⁻¹ عند الري بمياه معالجة ومن دون تسميد أخضر، وهو التركيز الأعلى معنوياً؛ مقارنةً مع الري بمياه عذبة وبوجود التسميد الأخضر 0.038 ملغ.كغ⁻¹، حيث كان عندها تركيز الكاديوم أعلى ظاهرياً بالمقارنة مع الري بمياه عذبة والتسميد المعدني، ربما تظهر فعالية السماد الأخضر مع وجود تركيز عالية نسبياً من العناصر الثقيلة بينما هي لا تظهر مع التراكيز المنخفضة. كانت تراكيز الرصاص والكروم والكاديوم جميعها ضمن الحدود المسموحة للمعادن في التربة (Adriano, 1986)، وأسهم التسميد الأخضر بنبات السيسبان مع استعمال المياه المعالجة في تقليل تراكم المعادن الثقيلة في التربة التي تحتاج لمدة طويلة من الري ليظهر أثرها الملوث للتربة وتوافقت مع نتائج عددٍ من الباحثين (Rusan et al. 2007; Dan et al. 2011; Samarah et al. 2020).

الجدول (8): تأثير استعمال نوعي مياه مع التسميد الأخضر في تراكم المعادن الثقيلة في التربة

Cd	Cr	Pb	معاملة التسميد	معاملة نوع المياه
	ملغ.كغ ⁻¹			
0.038 ^d	7.37	4.36	G	F
0.035 ^{cd}	7.59	4.4	NG	
0.379 ^b	14.46	11.92	G	T
0.531 ^a	15.98	12.46	NG	
0.064	1.2	1	L.S.D _{5%}	
0.208 ^b	10.91 ^b	8.14 ^a	G	
0.283 ^a	11.79 ^a	8.43 ^a	NG	
0.045	0.829	1	L.S.D _{5%}	
0.037 ^b	7.48 ^b	4.38 ^b	F	
0.455 ^a	15.22 ^a	12.19 ^a	T	
0.045	0.829	0.673	L.S.D _{5%}	

الأحرف المختلفة تشير إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بينما المتماثلة تكون الفروق غير معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

الاستنتاجات:

- ✓ خفّض التسميد الأخضر بنبات السيسبان تراكم المعادن الثقيلة (الكروم والكاديوم) في التربة معنوياً و(الرصاص) بشكل غير معنوي؛ مقارنةً مع التسميد المعدني، وكانت جميع التراكيز ضمن الحدود القصوى المسموحة للمعادن في التربة؛ وبالتالي يمكن لنبات السيسبان أن يكون مناسباً لمعالجة التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة.
- ✓ زاد التسميد الأخضر بنبات السيسبان محتوى الأزوت المعدني في التربة وبالتالي يمكن أن يسهم في تأمين جزءاً من الاحتياجات الأزوتية السمادية للمحصول.

- ✓ كان لاستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة دوراً إيجابياً في زيادة محتوى الآزوت المعدني في التربة وبالتالي تأمين جزءاً من الاحتياجات الآزوتية السمدية للمحصول.
- ✓ لم يُغير الري بمياه معالجة في خصائص التربة الكيميائية (المادة العضوية، الآزوت الكلي، الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين) بشكل معنوي عند استعمالها على المدى القصير.
- ✓ وجود تأثير مشترك عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة والتسميد الأخضر في تراكم الرصاص والكروم والكاديوم في التربة، وكان تأثيراً غير معنوي في الرصاص والكروم بينما كان التأثير المشترك لنوعي المياه مع التسميد معنوياً في تركيز الكاديوم في التربة، وهو تراكم أقل مقارنةً مع استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة مع التسميد المعدني.
- ✓ أدى الري بمياه معالجة إلى زيادة محتوى التربة من الرصاص والكروم والكاديوم على المدى القصير (عامين) لكن كانت التراكيز الناتجة لهذه المعادن أقل بكثير من الحدود القصوى المسموحة لها في التربة، لذلك من الضرورة مراقبتها بشكل دوري حتى لا تؤدي إلى تلوث التربة عند استخدامها لفترات طويلة.

المراجع:

- بهية، محمد حسن صبري حسن وبثينة محمد صادق الجادر (2008). تأثير الري بمياه المجاري المعالجة في الصفات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية للتربة. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 39(6):21-33.
- حميد، مروان عبد مناف وإيمان عبد المهدي عليوي (2018). تأثير الدورة الزراعية والري المتناوب بالمياه المالحة في بعض صفات التربة وحاصل الحنطة. *Triticum aestivum* L. مجلة الزراعة العراقية البحثية. 32(1).
- الزعبي، محمد منهل وأنس الحصني وحسان درغام (2013). طرائق تحليل التربة والنبات والسماذ والمياه. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. دمشق: سورية.
- الزعبي، محمد منهل وأويديس أرسلان ورياض حاجي الشاهر (2014 أ). المحاصيل العلفية المتحملة للملوحة. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. دمشق: سورية.
- الزعبي، محمد منهل وعمر جزدان وأحمد مجر ومحمد ناصر حبوب وهالا درويش ومحمد حقون (2014 ب). استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. دمشق: سورية.
- الزعبي، محمد منهل ومعمر ديوب ووسيم عدلة، وسيم ورابعة الحايك ومصطفى بدا وندى غيبة وعمر جزدان وإلهام طعمة (2018). استعمال المياه غير التقليدية في إنتاج محاصيل علفية آمنة. المجلة السورية للبحوث الزراعية. 5(2): 179-189.
- كرد علي، فواز وفريد العين ومحمد الشماع وعبد الكريم رزوق (2005). تأثير التسميد الأخضر بالسيبيان في نمو وكفاءة امتصاص الآزوت لنبات ذرة السورغوم المزروعة في تربة مالحة باستعمال الطريقة غير المباشرة للتسميد النظيري ^{15}N . منشورات هيئة الطاقة الذرية. دمشق: سورية.
- ميلاد، رمضان ومحمود عياش وإميرف ومصطفى علي بن زقطة (2019). تأثير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري على بعض الخواص الكيميائية للتربة ونمو محصول القمح. مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية. 1(1): 196-208.
- هيئة المواصفات والمقاييس السورية. (2008). مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري (2752). وزارة الصناعة. دمشق: سورية.
- Adriano, D.C. (1986). Trace element in the terrestrial environment. 1st ed. New York: USA. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Allen, R. G.; S. P. Luis; D. Raes; and M. Smith (1998). Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Irrigation and Drainage. Vol. 300.

- Alloway, B. J. (1995). Heavy metals in soil. Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall. London: United Kingdom. P. 368.
- Al-Rashidi, R.; M. Rusan; and K. Obaid (2013). Changes in Plant Nutrients and Microbial Biomass in Different Soil Depths After Long-Term Surface Application of Secondary Treated Wastewater. *Environmental and Climate Technologies*. 11: 28-33.
- Al-Zoubi, M. M.; A. Arslan; G. Abdelgawad; N. Pejon; M. Tabba and O. Jouzdan (2008). The effect of sewage sludge on productivity of a crop rotation of wheat, maize and vetch and heavy metals accumulation in soil and plant in Aleppo Governorate. *Amer-Eur. J. Agric. & Environ. Sci*. 3: 618-625.
- Branzini, A.; R. S. González; and M. Zubillaga (2012). Absorption and translocation of copper, zinc and chromium by *Sesbania virgate*. *Journal of Environmental Management*. 102: 50-54.
- Buragohain, S.; B. Sharma; D. J. Nath; N. Gogaoi; R. S. Meena; and R. Lal (2018). Effect of ten years of bio-fertilizer use on soil quality and rice yield on an inceptisol in Assam, India. *Soil Research*. 56: 49-58.
- Castro, E.; M. P. Man˜ as; and J. De Las Heras (2011). Effects of wastewater irrigation on soil properties and turfgrass growth, *Water Science & Technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*. IWA Publishing. 63(8): 1678-1688.
- Dan, T. H.; L. H. Quang; N. H. Chiem; and H. Brix (2011). Treatment of high-strength wastewater in tropical constructed wetlands planted with *Sesbania sesban*: Horizontal subsurface flow versus vertical downflow. *Ecological Engineering*. 37:711-720.
- Dotaniya, M. L.; S. Rajendiran; V. D. Meena; M. V. Coumar; J. K. Saha; S. Kundu; and A. K. Patra (2018). Impact of long-term application of sewage on soil and crop quality in vertisols of Central India. *Bull Environ. Contam Toxicol*. 101: 779-786.
- FAO/WHO Standard. (1992). Wastewater Treatment and use in agriculture. Irrigation and Drainage Papers No. 47. Food and Agriculture Organization. Rome: Italy.
- Hasan H.; A. Battikhi; and M. Qrunfleh (2014). Impacts of Treated Wastewater Reuse on Some Soil Properties and Production of *Gladiolus communis*. *J. Horticulture*. 1: p. 111.
- Ibrahim, A. K; S. A. Ibrahim; N. Voncir; and A. M. Hassan (2020). Effect of Some Leguminous Green Manure Crops and Nitrogen Levels on Soil Chemical Properties of Maize (*Zea mays* L.) Grown Soil. *IAR Journal of Agriculture Research and Life Sciences*. 1(1): 17-25.
- Inyinbor, A. A.; O. S. Bello; A. P. Oluyori; H. E. Inyinbor; and A. E. Fadiji (2019). Wastewater conservation and reuse in quality vegetable cultivation: Overview, challenges and future prospects. *Food Control*. 98: 489-500.
- Jahan, K. M., R. Khatun; and M. Z. Islam (2019). Effects of wastewater irrigation on soil physico-chemical properties, growth and yield of tomato. *Progressive Agriculture*. 30(4): 352-359.
- Kumar, R.; G. Mahajan; S. Srivastava; and A. Sinha (2014). Green manuring: a boon for sustainable agriculture and pest management - a review. *Agric. Rev*. 35(3): 196-206.
- Lee, S. H.; H. S.Bae; Y. Y. Oh; S. H. Lee; Y. J. Kim; S. Kim; and et al. (2016). Effect of *Sesbania* Incorporation as Nitrogen Source on Growth and Yield of Whole Crop Barley and Reduction of N Fertilizer in Saemangeum Reclaimed Tidal Land. *Korean J. Soil Sci. Fert*. 49(6): 751-759.
- Meena, B. L.; R. K. Fagodiya; K. Prajapat; M. L. Dotaniya; M. J. Kaledhonkar; P. C. Sharma; and et al. (2018). Legume Green Manuring an Option for Soil Sustainability. R. S. Meena et al. (eds.) *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. Chapter 12. Karnal: India. Central Soil Salinity Research Institute. Springer Nature Singapore.

- Pollice, A., A. Lopez; G. Laera; P. Rubino and A. Lonigro (2004). Tertiary Filtered Municipal Wastewater as Alternative Water Source in Agriculture: a field investigation in southern Italy. *Sci. Total Environ.* 324: 201-210.
- Qadir, M. (2008). Sustainable Management of Wastewater for Agriculture. Proceedings of the First Bridging Workshop. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo: Syria. & Colombo: Sri Lanka. International Water Management Institute (IWMI). p. 133.
- Rezapour, S.; B. Atashpaz; S. S. Moghaddam; and C. A. Damalas (2019). Heavy Metal Bioavailability and Accumulation in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Irrigated with Treated Wastewater in Calcareous Soils. *Science of the Total Environment.* 656: 261-269.
- Rezapour, S.; A. Nouri; H. M. Jalil; S. A. Hawkins; and S. B. Lukas (2021). Influence of Treated Wastewater Irrigation on Soil Nutritional-Chemical Attributes Using Soil Quality Index. *Sustainability.* 13(4):1952.
- Rusan, M. J. M.; S. Hinnawi; and L. Rousan (2007). Long Term Effect of Wastewater Irrigation of Forage Crops on Soil and Plant Quality Parameters. *Desalination.* 215(1-3): 143-152.
- Salahin, N.; Md. Kh. Alam; Md. M. Islam; L. Naher; and N. M. Majid (2013). Effects of Green Manure Crops and Tillage Practice on Maize and Rice Yields and Soil Properties. *Australian Journal of Crop Science.* 7(12): 1901-1911.
- Samarah, N. H.; Kh. Y. Bashabsheh; and N. Th. Mazahrih (2020). Treated Wastewater Outperformed Freshwater for Barley Irrigation in Arid Lands. *Italian Journal of agronomy.* 15(3).
- Singh, Y.; B. Singh; and C. S. Khind (1992). Nutrient transformations in soils amended with green manures. *Adv. Soil Sci.* 20: 237-309.
- Sinha, S.; and A. Gupta (2005). Translocation of Metals From Fly Ash Amended Soil in The Plant of *Sesbania Cannabina* L. Ritz: Effect on Antioxidants. *elsevier, Chemosphere.* 61(8): 1204-1214.
- Subramani, T.; M. Mangaiyarkarasi; and C. Kathirvel (2014). Impact of Sewage and Industrial Effluent on Soil Plant Health Act on Environment. *Journal of Engineering Research and Applications.* 4(6): 270-273.
- Ungureanu, N.; V. Vladut; M. Dinca and B. S. Zabava (2018). Reuse of Wastewater for Irrigation, A Sustainable Practice in Arid and Semi-Arid Regions. Conference Paper, project "Innovative technologies for crop irrigation in arid, semi-arid and sub-dry climate". Contract no. 27 PCCDI.
- USDA, United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (1999). Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second Edition. Soil Survey Staff. Agriculture Handbook. Washington: USA. Number 436: P: 871.
- Yang, B.; W. S. Shu; Z. H. Ye; C. Y. Lan; and M. H. Wong (2003). Growth and Metal Accumulation in Vetiver and two *Sesbania* Species on Lead/Zinc Mine Tailings. *Chemosphere.* 52(9): 1593-1600.
- Ye, Z. H.; Z. Y. Yang; G. Y. Chan; M. H. Wong (2001). Growth Response of *Sesbania Rostrate* and *Sesbania Cannabina* to Sludge Amended Lead/Zinc Mine Tailing. A greenhouse study. *Environ. Int.* 26(5-6): 449-455.
- Zavadil, J. (2009). The Effect of Municipal Wastewater Irrigation on the Yield and Quality of Vegetables and Crops. *Soil & Water Res.* 4(3): 91-103.

Use Green Manure With Sesbania On Soil Irrigated With Treated Wastewater In Salamiah Conditions

Rabe'a ALhayek ^{*(1)}, Ihab Jnad ⁽¹⁾, Muhammad Manhal Al-Zuobi ⁽²⁾

(1). Department of Rural Engineering, Agricultural Faculty, Damascus University, Syria.

(2). General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria.

(*Corresponding author: Rabe'a ALhayek, E. mail: rabea.rose1976@gmail.com.)

Received: 8/05/2022

Accepted: 4/09/2022

Abstract

The research was conducted at Salamiah Scientific Agricultural Research Center in the 2016/2017 and 2017/2018 seasons to study the effect of green manure with Sesbania on soil properties as a phytoremediator plant when using treated wastewater to irrigate barley crop (Furat 6 variety), and its effect on reducing the accumulation of heavy metals in it. The experiment included two types of treatments: first one was the type of water quality (fresh water F and treated wastewater T) and the second one was the fertilization treatment: green manure with Sesbania (G), and mineral manure (N_G) according to Randomized complete block design (RCBD). The results concluded that green manure significantly increased mineral nitrogen content in the soil by 22.5% compared with mineral fertilization, and contributed with treated wastewater use to reduce the accumulation of heavy metals in the soil, the concentration of lead was 11.92 mg.kg⁻¹, chromium 14.46 mg.kg⁻¹ and cadmium 0.379 mg.kg⁻¹; Compared with 12.46 mg.kg⁻¹, 15.98 mg.kg⁻¹, 0.531 mg.kg⁻¹ when using treated water and mineral fertilization, all concentrations were much less than the maximum permissible limits in the soil. Therefore, it can cultivate Sesbania as phytoemediator plant when using treated wastewater in irrigation, and need to monitor it periodically to prevent soil contamination when used for long time.

Key Words: Green Manure, Treated Wastewater, Mineral Nitrogen, Heavy Metals, Sesbania.