مجلة جامعة الزيتونة الدولية للنشر العلمي
Zaytoonah University International Journal for Scientific Publishing
Issue N.34-Vol.1 / ISSN:2958-8537

العدد الرابع والثلاثون (34)، المجلد الأول
تاريخ 31 – 5 – 2025
(ص36لـ ص53)

فعالية مياه الصرف الزراعي في نمو وإنتاجية محصول الحلبة

The Effectiveness of Agricultural Wastewater in the Growth and Productivity of Fenugreek Crop

ابراهيم محمد الشريف
Ibraheem Mohamed Alshareef
قسم التقنيات البيئية والنفطية– كلية البيئة والموارد الطبيعية
جامعة وادي الشاطىء
b.alshareef@wau.edu.ly

فريحة بشير التوهامي
Fariha Bsheer Attohami
قسم النبات. كلية العلوم. جامعة سبها

آمنة المبروك العريفي
Amna Elmabrouk Elareffi
قسم الصحة والسلامة البيئية والمهنية– كلية البيئة والموارد الطبيعية– جامعة وادي الشاطئ

الملخص:

أجريت هذه الدراسة لتقييم مدى إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي في ري المحاصيل الزراعية وذلك بدراسة تأثيرها على نمو وإنتاجية الحلبة *Trigonella foenum-graecum* . وقد تم هذا التقييم من خلال الري بتركيزات مختلفة من خلال خلط مياه الري مع مياه الصرف الزراعي بالنسب التالية (100% مياه ري (الشاهد)، 25% مياه صرف+75% مياه ري، 50% مياه صرف+50% مياه ري، 75% مياه صرف+ 25% مياه ري و100 مياه صرف) وتم قياس مؤشرات النمو للمجموع الخضري والإنتاجية، وكذلك محتوى النباتات من الصوديوم والبوتاسيوم بالإضافة إلى بعض خواص التربة التي تستخدم كمؤشر على تأثير الملوحة على التربة مثل الإيصالية الكهربائية والأس الهيدروجيني، وكذلك محتوى التربة من الصوديوم والبوتاسيوم. بينت النتائج احتواء مياه الصرف على نسب عالية من أملاح الصوديوم والبوتاسيوم مقارنة بمياه الري، وبلغت الإيصالية في مياه الصرف 6.11 ديسيسمنز/م، وسببت التراكيز العالية من مياه الصرف ارتفاع إيصالية التربة. في نتائج هذه

الدراسة يتضح تأثير تركيز مياه الري على محتوى التربة من الصوديوم، حيث كان أقل محتوى للتربة من الصوديوم عند الري بمياه الشاهد ومعدل خلط 25%، بينما كانت أعلى القيم عند الري بتراكيز مياه الصرف الزراعي (50، 75 و100 %) وهذا يعطي أفضلية هنا للخلط بمعدل 25 % (25% مياه صرف+75% مياه الري العادية). تأثير مياه الصرف على ارتفاع نبات الحلبة حيث كان أعلى ارتفاع عند معاملة الشاهد وأقل ارتفاع عند التركيز 100%. لم يظهر تأثير مياه الصرف إلا ابتداء من الاسبوع السادس وهذا يشير إلى زيادة تراكم الأملاح في النبات مع مرور الوقت. بالنسبة لإنتاج البذور، فقد كانت أفضل إنتاجية لمحصول الحلبة عند تركيز 50 %، وهذا يعزز فرضية أن مياه الصرف يمكن أن تستغل في تنمية هذه المحصول وتخفف الضغط على المياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية: البقوليات، ملوحة المياه، الإنتاجية، خواص التربة، الصوديوم.

Abstract

This study was conducted to evaluate the feasibility of reusing agricultural wastewater in irrigating crops by examining its effect on the growth and productivity of fenugreek (Trigonella foenum-graecum). This evaluation was carried out by irrigating with different concentrations by mixing irrigation water with agricultural wastewater in the following ratios (100% irrigation water (control), 25% wastewater + 75% irrigation water, 50% wastewater + 50% irrigation water, 75% wastewater + 25% irrigation water, and 100% wastewater). Growth indicators for the vegetative biomass and productivity were measured, as well as the sodium and potassium content in the plants, in addition to some soil properties used as indicators of salinity effects on the soil, such as electrical conductivity, pH, and the sodium and potassium content in the soil. The results showed that wastewater contained high levels of sodium and potassium salts compared to irrigation water, with conductivity in wastewater reaching 6.11 dS/m, and the high concentrations of wastewater caused an increase in soil conductivity. The results of this study indicate the effect of irrigation water concentration on soil sodium content, where the lowest sodium content in the soil was observed with the control irrigation and a mixing rate of 25%, While the highest values were recorded at irrigation with concentrations of agricultural wastewater (50%, 75%, and 100%), this gives an advantage here for mixing at a rate of 25% (25% wastewater + 75% normal irrigation water). The effect of wastewater on the height of fenugreek plants was observed, where the highest height was at the control treatment and the lowest height at the 100% concentration. The effect of wastewater did not appear until the sixth week,

which indicates an increase in salt accumulation in the plant over time. Regarding seed yield, the best yield for the fenugreek crop was at a concentration of 50%, reinforcing the hypothesis that wastewater can be utilized in developing this crop and alleviating pressure on groundwater.

Key words: **Legumes**, **water salinity**, **productivity**, **soil properties**, **sodium**

المقدمة

تعتبر الزراعة أهم نشاط لحياة الإنسان، نظراً لأنها المصدر الأساسي للغذاء وأي تهديد للزراعة يعني بالضرورة أنه تهديد للأمن الغذائي. وتعتبر المياه هي أساس الزراعة، ولذلك تسببت الضغوطات الكبيرة على المياه في العقود الماضية، خاصة مع ظهور الثورة الزراعية، تسببت في استنزاف قدر كبير من المياه وتدهور كميات كبيرة منها. ويعد قطاع الزراعة من أهم القطاعات المستهلكة للمياه حيث يستهلك أكثر من نحو 80% من الموارد المائية المتاحة (غانم، 2021). ومن هنا، ظهر اتجاه في كثير من الدول إلى استخدام مصادر المياه المنخفضة الجودة (مثل مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي) خاصة في الدول التي تعتمد على مصادر غير متجددة للمياه. وبسبب الظروف الجافة في ليبيا وانتشار المناخ الصحراوي، فإن إدارة المياه الجوفية وإعادة تدوير المياه يعتبر حاجة ملحة.

مع زيادة عدد سكان العالم، تشير التقديرات إلى أن إنتاج الغذاء سيحتاج إلى زيادة تتراوح بين 87٪ و100٪ بحلول عام 2050 لتلبية احتياجاته الغذائية. وتشير التوقعات إلى أن جزءا كبيرا من هذه الزيادة سيوفر من خلال الزيادات في الإنتاج الزراعي وخاصة من محاصيل الحبوب .(Kromdijk and Long, 2016). تؤدي الضغوط المختلفة مثل الحرارة والملوحة والجفاف وإجهاد المعادن الثقيلة إلى تأثر إنتاج المحاصيل سلباً (Seleiman *et al*, 2020; Adnan *et al.,* 2020)، من بين هؤلاء، ربما يكون إجهاد الملوحة هو الإجهاد الغير حيوي العالمي الأكثر أهمية وانتشارا، حيث يؤثر على 20٪ من إجمالي المساحة المزروعة في العالم ويسبب حوالي 20٪ من خسائر الإنتاج (Alkharabshe *et al.,* 2021). على المستوى العالمي، يتم تسريع تملح التربة بسبب تغير المناخ، والزراعة المكثفة، وسوء تصريف الأراضي المزروعة، ومياه الري الملوثة أو منخفضة الجودة (Alkharabsheh *et al.,* 2021). ومن هنا فإن إعادة استخدام المياه تعتبر خياراً لا مفر منه لتحقيق الأمن الغذائي.

وبما أنه من المتوقع أن تنخفض إمدادات مياه الري ذات النوعية الجيدة، يجب استخدام إمدادات المياه المتاحة بكفاءة أكبر (Wichelns, 2002)، حيث يمكن أن تكون إحدى التقنيات هي إعادة استخدام مياه الصرف المالحة و/أو الصوديومية الناتجة عن الزراعة المروية (Rhoades, 1999; Oster, 2001)، أو المياه ذات الجودة الهامشية التي تولدها البلديات (Bouwer, 2002). وفي حالة سوء الإدارة، فإن استخدام المياه والتربة ذات الجودة الرديئة يمكن أن يؤدي إلى زيادة مشاكل الملوحة والصودية، التي تعاني منها بالفعل العديد من مشاريع الري مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل.

المياه الجوفية تشكل المصدر الوحيد للمياه بمنطقة الدراسة، والمتمثلة في آبار المشاريع الزراعية العامة وآبار المواطنين والعيون، حيث استغلال هذه المياه في مختلف نواحي الحياة، في الشرب والأنشطة الاقتصادية والزراعية، وقد بلغ معدل استهلاك المياه الجوفية بالمشاريع الزراعية 85.1 مليون متر مكعب في السنة ويتوقع ان يصل إلى 100 مليون م / السنة وذلك بسبب التوسع بالمشاريع الزراعية، (المثناني وآخرون، 2005)

الميزة التي تتمتع بها البقوليات المثبتة للنيتروجين على النباتات غير المثبتة للنيتروجين لاستعادة التربة المالحة هي أنها لا تملك القدرة على إزالة الأيونات السامة فحسب، بل تزيد أيضا من مستويات النيتروجين في التربة. على سبيل المثال، تمكنت *Hedysarum carnosum*، وهي بقوليات رعوية، من زيادة تراكم + Na في الجذور والحفاظ على كفاءة تثبيت N2 التكافلية العالية في ظل الملوحة العالية (100 ملي مول كلوريد الصوديوم)، مما يشير إلى استخدامه المحتمل في تحسين خصوبة التربة في ظل الظروف المالحة (Kouas *et al.*, 2010). أيضا، نمت البقوليات الشجرية مثل *Acacia nilotica* و *Leucaena leucophela* كعلف في ظل الظروف المالحة مع انخفاض طفيف في كفاءة تثبيت النيتروجين عند 90 ملي مول كلوريد الصوديوم (Bruning and Rozema, 2013). تشير هذه الأمثلة إلى أن زراعة البقوليات المثبتة للنيتروجين يمكن اعتبارها خيارا مهماً لاستخدامها في البيئات المالحة واستعادة التربة المتدهورة بالملح.

تعتبر الحلبة (*Trigonella foenum-graecum L*) واحدة من الأعشاب الطبية المقاومة للملوحة والتي لها تاريخ طويل من الاستخدام في الطب التقليدي مع العديد من الخصائص العلاجية مثل كونها مضادة للسرطان ومضادة لمرض السكري (Amuthaselvi and Ambrose, 2016 2016). وقد أجريت العديد من الدراسات حول تأثيرات إجهاد الملوحة على الحلبة. أظهرت الدراسات التي أجراها (Chowdhury *et al* 2014. على الحلبة أنه عندما تزيد ملوحة التربة عن 4 ديسي سيمنز/متر، فإن بقاء شتلات الحلبة معرض للخطر بشكل كبير. ومع ذلك، في المراحل اللاحقة من النمو حتى النضج، يكون النبات قادرًا على تحمل مستويات أعلى من الملوحة (4-12 ديسي سيمنز/متر).

هدفت الدراسة الحالية إلى تقييم تأثيرات مياه الصرف الزراعي بمشروع براك الزراعي على خواص التربة والنمو والإنتاج في نبات الحلبة

المواد وطرق العمل

منطقة الدراسة

أجريت هذه الدراسة بمنطقة وادي الشاطئ الواقعة جنوب ليبيا في القسم الشمالي من حوض مرزق بمنطقة فزان. ويمتد الوادي من الشرق الى الغرب على امتداد160 كم وبعرض يتراوح ما بين 10-18كم في المتوسط واقتصرت الدراسة على مشروع جنوب براك الشكدة الزراعي والواقع بين خطي طول ً14٦1744.16و14٦2936.96‘ شرقا وبين دائرتي عرض 27٦275184و 27٦3224 كما في الصورة و

يعتبر هدا المشروع من ضمن المشاريع الزراعية الاستيطانية الإنتاجية والمكون من 300مزرعة مجهزة بعدد25 بئر ارتوازياً، ولقدم ولسوء الإدارة و الاستخدام الجائر لهذه الشبكة وعدم الصيانة،أصيبت بالتدهور وسببت مشاكل بيئية للمنطقة،وذلك لعدم الاستفادة منها في المجالات الزراعية وتربية الحيوانات، الأمر الدي أوجب خطة لدراسة و تقييم إمكانية الاستفادة منها في الزراعة.

النباتات المستخدمة:

نبات الحلبة *Trigonella Foenum* :

وهي نبات بقولي عشبي حولي ذو أزهار صفراء وقرون رفيعة الورقة ريشية مركبة ثلاثية الوريقات والأزهار صغيرة جداً على شكل عنقود، والبذور صغيرة الحجم ملساء بنية اللون فاتحة، يتراوح طول النبات بين 50 سم إلى 80 سم تعتبر أنواع الحلبة من النباتات التي لها القدرة على التأقلم تحث ظروف البيئات المختلفة من الطقس والمناخ لأنها تتحمل الجفاف والعطش ودرجات الحرارة المرتفعة والبرودة المنخفضة بالرغم من أن الحلبة من النباتات الشتوية ومع دلك فالفترة الضوئية الطويلة وشدة أشعتها تعمل بدورها على سرعة النمو الخضري والتبكير بالإزهار والنضج الثمري السريع.

تم استخدام نوع واحد من التربة الشائعة بمنطقة الدراسة وهي التربة الرملية. جمعت مياه الصرف الزراعي بمشروع براك–أشكدة الزراعي–الشاطىء–ليبيا.

تصميم تجارب الزراعة

استخدمت في هذه التجربة مياه الصرف الزراعي في ري النباتات المزروعة في انابيب قطرها 16سم وارتفاعها 50سم واستخدمت ثلاث تكرارات للتراكيز المحددة لكل نبات وكانت التراكيز هي الشاهد و25% و50%و75%و100%.

25% 5 لتر مياه صرف –15 لتر مياه ري

50% 10 لتر مياه صرف–10 لتر مياه ري

75% 15لتر مياه صرف – 5 لتر مياه ري

100% مياه صرف زراعي

والري حسب الحاجة بمقدار نصف لتر إلى لتر لكل أنبوب ثم أخذ القياسات الأسبوعية للنباتات (ارتفاع النبات وعدد الأوراق لكل نبات) واستمرت فترة الزراعة لمدة 5 أشهر

بعد 5 أشهر وانتهاء المدة المحددة للزراعة تم جني الثمار للتراكيز التي أنتجت ثمار وتجفيفها ووزنها، ثم اقتلاع الشتلات في كل تركيز وتجفيفها ووزنها، ثم طحن الجزء الخضري للشتلات المجففة كاملة والاحتفاظ بها الى حين إجراء التحاليل اللازمة.

تقدير الصوديوم والبوتاسيوم

تم وزن 2جم من عينات النبات المجففة والمطحونة وتحليلها بواسطة جهاز Energy Dispersive X-Ray Fluorescence من نوع Rigaku موديل NEX QC Quant EZ

8.3 تقدير البرولين:

ثم أخذ 100ملجم من الوزن الجاف للنبات ويوضع عليه 5مل منMCW ميثانول- كلوروفورم –ماء مقطر بنسبة 12:5:1ثم سحقت بواسطة هاون خزفي ثم وضعت ف جهاز الطرد المركزي سرعة 10000دورة في دقيقة لمدة 10دقائق على درجة حرارة 4مْ ثم سحب 125مايكرولتر من الراشح ونقل أنابيب اختبار وخففت عن طريق إضافة 875ميكرولتر من ماء مقطر ثم أضيف 1.5مل من محلول النهايدرين ثم وضع المزيج في حمام مائي بدرجة حرارة 100مْ لمدة60 دقيقة ثم تترك 30دقيقة بدرجة حرارة الغرفة ثم قياس الامتصاص بجهاز قياس الطيف الضوئي(سبكتروفوتوميتر) على طول موجي 520 نانو ميتر (Hyun et al., 2003).

طرق القياسات في التربة:

تقدير الخواص الفيزيائية للتربة ومياه الري:

الأس الهيدروجيني (pH)

قياس الأس الهيدروجيني لمستخلص عجينة التربة المشبعة حسبما ورد في (Richards ,1954) باستخدام جهاز *pH meter* نوع *JENWAY 3310*، تم ضبط جهاز ال pH قبل قياس أي عينة باستخدام محاليل منظمة معلومة pH (4.0، 7.0، 9.0).

الايصالية الكهربائية (EC):

تم قياس الايصالية الكهربائية (EC) لمستخلص عينات التربة حسبما ذكره (Richards ,1954)، باستخدام جهاز الايصالية الكهربائية *4310 JENWAY Conductivity meter mode l*، وحسبت بوحدة dS.m-1 وضبطت القراءات على درجة الحرارة (25م0)

الخواص الكيمائية

أيون الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+

قدر تركيز أيون الصوديوم في عينات التربة حسبما ذكره (راين وآخرون، 2003)، ومياه الري حسب الطريقة المذكورة في (APHA, 1995) بواسطة جهاز مطياف اللهب *model 410 CORNING Flame photometer*. تم قياس البوتاسيوم باستخدام جهاز Energy Dispersive X-Ray Fluorescence من نوع Rigaku موديل NEX QC Quant EZ

طرق القياس في مياه الصرف الزراعي ومياه الري:

الأس الهيدروجيني (pH)

قيس الاس الهيدروجيني لمياه الري حسب الطريقة المذكورة في (APHA,*1995*)، باستخدام جهاز *pH meter* نوع *JENWAY 3310*، تم ضبط جهاز ال pH قبل قياس أي عينة باستخدام محاليل منظمة معلومة pH (4.0، 7.0، 9.0).

الايصالية الكهربائية (EC)

تم قياس الايصالية الكهربائية (EC)، لمياه الري وفقا مذكره (APHA,1995)، باستخدام جهاز الايصالية الكهربائية *4310 JENWAY Conductivity meter mode l*،

النتائج والمناقشة

خواص المياه المستخدمة

وضعت العديد من المعايير لتقييم صلاحية المياه المستخدمة في عملية الري، منها معايير محلية ومنها معايير دولية وأشهرها معايير (FAO,2005) والتي استخدمت كمؤشر لتقييم مياه الري ومياه الصرف الزراعي. الصفات الرئيسية المحددة لجودة مياه الري تعتمد على معرفة تركيز الأملاح الذائبة ونسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والماغنسيوم بشكل أساسي. هذه المؤشرات يمكن من خلالها التنبؤ بمدى التملح الذي سيلحق بالتربة نتيجة الري بنوعية مياه معينة.

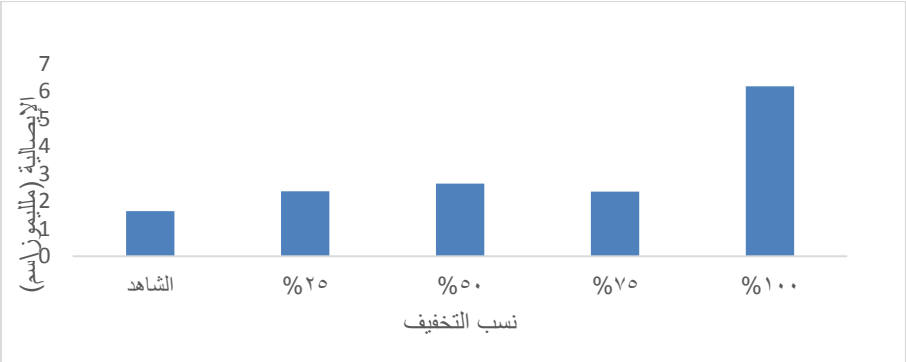
من خلال النتائج المتحصل عليها لمياه الري ومياه الصرف (الجدول 1) نلاحظ أن إيصالية مياه الري لم تتجاوز الحدود المشار إليها في معايير الفاو (0–3 ديسيسمنز/متر) بعكس مياه الصرف الزراعي التي تجاوزتها بكثير (5.28 ديسيسمنز/متر). قيمة الإيصالية لمياه الصرف بمشروع براك الزراعي تجاوزت قيم الإيصالية الكهربائية لمياه الصرف الزراعي التي يعاد استخدامها بمصر (3.13–4.68 ديسيسمنز/متر) بعد خلطها بمياه النيل لتصبح الإيصالية 1.56 ديسسمنز/ متر (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1995). القيم في هذه الدراسة تعتبر عالية إذا ما قورنت بمعايير لمياه الري (FAO, 2005)والتي كانت (0–3 ملليموز/سم). القيم في هذه الدراسة تقع في حدود دراسة لنفس مياه الصرف بمشروع براك الزراعي (عبدالسلام، 2015) للبحيرتين والمجرى المائي، والتي وجد فيها أن الإيصالية تراوحت بين 4.7–21.4 ملليموز/سم. أما تركيز الصوديوم فقد بلغ مستويات مرتفعة في مياه الصرف أقل بكثير من القيم التي أوردها (فلاح، 2011) والتي بلغت 1900 جزء بالمليون.

الجدول (1) يبين خواص مياه الري ومياه الصرف (100%)

المحتوى	مياه الري	مياه الصرف الزراعي
الاس الهيدروجيني	7.76	7.9
الصوديومppm	202	685.93
البوتاسيوم ppm	2.32	9.3
الإيصالية ملليموز/سم	0.9	6.11

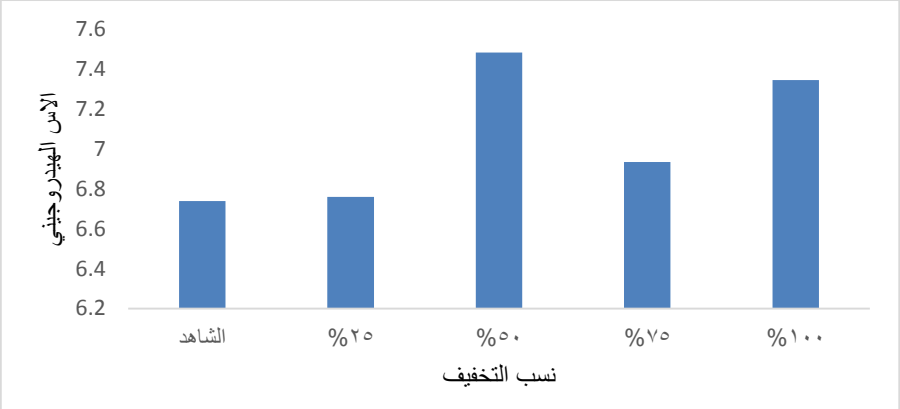
بالنسبة للأس الهيدروجيني في مياه الري فقد كانت القيم 7.49 ضمن المعايير الموصى بها من قبل (FAO, 2005) والتي تتراوح بين (6.5-8.5) بينما تجاوزتها في مياه الصرف الزراعي. (Dinka,2016) لاحظ أن ارتفاع الرقم الهيدروجيني لمياه الري يرتبط بتركيزات عالية من Na والأنيونات الرئيسية (HCO_3^{-1}, $CO3^{-}$, Cl, SO_4^{2}). ليس لدرجة حموضة الماء عواقب مباشرة على المحاصيل، إلا في الحالات القصوى (Hopkins *et al.*, 2007). أفاد (Dinka,2016) أن الرقم الهيدروجيني > 8.2 مع زيادة HCO_3 يؤثر بشكل كبير على إنتاج المحاصيل ويخلق مشكلة انسداد، في حالة أنظمة الري بالتنقيط والرش الجزئي. علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي ارتفاع درجة الحموضة في الماء إلى ترسيب الأملاح ويمكن أن يقلل من فعالية المبيدات الحشرية (Bauder *et al.*, 2014).

الشكل (1) يوضح تأثير معاملات مياه الصرف الزراعي على الإيصالية في التربة. أوضحت النتائج زيادة الإيصالية مع زيادة التركيز في التربة. أعلى قيمة للإيصالية كانت 6.18 ملليموز/ سم عند تركيز 100% بسبب ارتفاع الملوحة في المياه. وهذا هو بالتأكيد نتيجة لارتفاع الملوحة في الصرف الزراعي التي بلغت 6.11 ملليموز/سم مقارنة بمياه الري العادية التي كانت فيها الإيصالية 0.68 ملليموز/سم فقط. ولا شك ان نسجة التربة والتي أظهرت النتائج أنها تربة رملية (90% رمل) لعبت دورا كبيراً في تحديد درجة الإيصالية.



الشكل (1) تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على الإيصالية الكهربائية للتربة

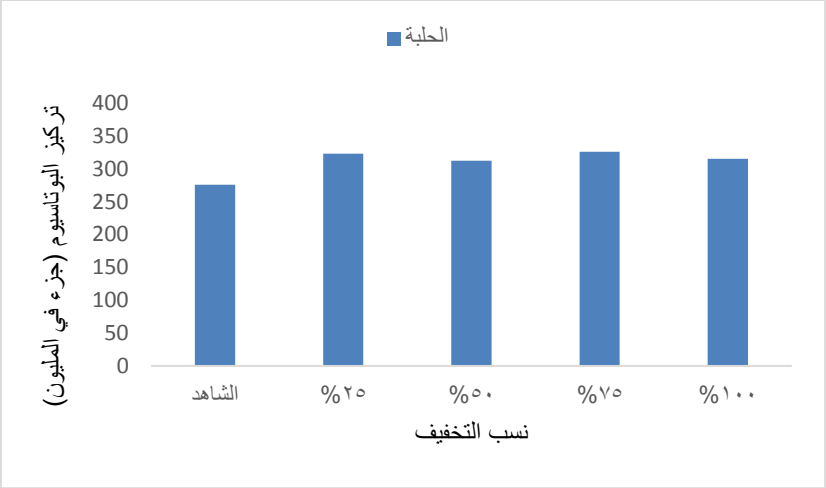
الشكل (2) يوضح تأثير الري بمياه الصرف الزراعي على الأس الهيدروجيني للتربة، حيث كان أقل مستوى للأس الهيدروجيني عند الري بتراكيز الشاهد و25 %.



الشكل (2) تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على الاس الهيدروجيني للتربة

استنتج (Walker, 1960) من الأدلة المتاحة آنذاك أن الجذور امتصت معظم النيتروجين من التربة على شكل نترات؛ وبما أن عدد الأنيونات أكثر من الكاتيونات التي تمر بعد ذلك إلى الجذر، سيتم الحفاظ على الحيادية الكهربائية عبر الحدود بين التربة والجذر عن طريق تصدير أنيون (ربما HCO3) من الجذر. جمع (Cunningham, 1964) تحليلات لـــ 62 نوعًا من النباتات الشائعة المزروعة في التربة ووجد أنها تحتوي في المتوسط على 2.5 ميغا مكافئ من الكاتيونات الممتصة ($K^+ + Na^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}$) و3.6 ميغا مكافئ من الأنيونات الممتصة (مثل $NO_3^- + SO_4^{2-} + H_2PO_4^- + Cl^-$) لكل جرام من الوزن الجاف من المناطق القمية في النبات. استنتج (Nye, 1968) من هذه التحليلات أن الجذور بشكل عام يجب أن تطلق HCO_3^- في التربة للحفاظ على الحياد الكهربائي عبر واجهة التربة الجذرية. وبالتالي فإن الجذور عادة ما تجعل التربة المجاورة أكثر قلوية. كما جادل بأن ثاني أكسيد الكربون الذي يتنفسه الجذر سوف يتسرب بسهولة من خلال نظام مسام الهواء للتربة، ولن يرفع ضغط ثاني أكسيد الكربون في منطقة الجذور، وبالتالي يؤثر على الرقم الهيدروجيني له، أعلى بكثير من ذلك في التربة المجاورة. مما سبق يتضح أن النباتات تختلف في تأثيرها على الأس الهيدروجيني حسب اختلاف النبات.

يعد البوتاسيوم من العناصر الأساسية لنمو وتكملة حياة جميع النباتات. تحتوي القشرة الارضية على 26 غم كجم$^{-1}$ ويتراوح مدى البوتاسيوم في معظم الترب الزراعية من 0.4 الى 30.0 كمتوسط عام 8.3 غم كجم$^{-1}$ (العكيلي وآخرون، 2019). يتضح من الشكل 3 أن محتوى التربة من البوتاسيوم لم يتأثر باختلاف تراكيز مياه الصرف.

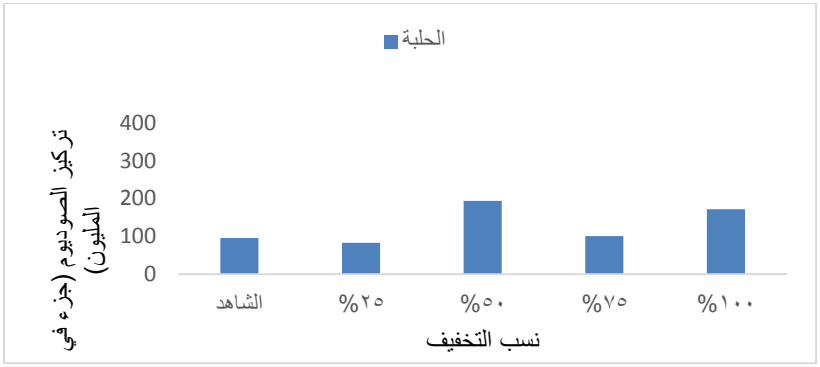


الشكل (3). تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على محتوى التربة من البوتاسيوم

تركيز الصوديوم هو 0.1 إلى 1.0 مليمول في محلول التربة في المناطق المعتدلة وفي المناطق القاحلة وشبه القاحلة تركيزه هو 50 إلى 100 مليمول وهو ما يضر بالخصائص الفيزيوكيميائية للتربة (Qadir *et al.*, 2006).

تساهم مياه الري ذات الجودة المنخفضة بشكل أكبر في تراكم الصوديوم في الترب. تؤدي زيادة تركيز Na+ إلى تدهور تجمعات التربة وتسبب صلابة التربة وضعف تهويتها. يؤدي انخفاض إجهاد الماء إلى حدوث إجهاد اسموزي للنباتات مما يؤثر على عملية التمثيل الغذائي للنبات بأكمله، كما أن زيادة الرقم الهيدروجيني يقلل من توافر معظم العناصر الغذائية بما في ذلك K+. في التربة الصودية، يؤدي تنافس Na+ مع الكاتيونات الأساسية الأخرى أيضًا إلى تقليل توفرها للنباتات (Wakeel, 2013)

في نتائج هذه الدراسة يتضح تأثير تركيز مياه الري على محتوى التربة من الصوديوم، حيث كان أقل محتوى للتربة من الصوديوم عند الري بمياه الشاهد وتركيز 25%، بينما كانت أعلى القيم عند الري بتراكيز مياه الصرف الزراعي (50، 75 و100 %) وهذا يعطي أفضلية هنا للخلط بمعدل 25 % (25% مياه صرف+75% مياه الري العادية)



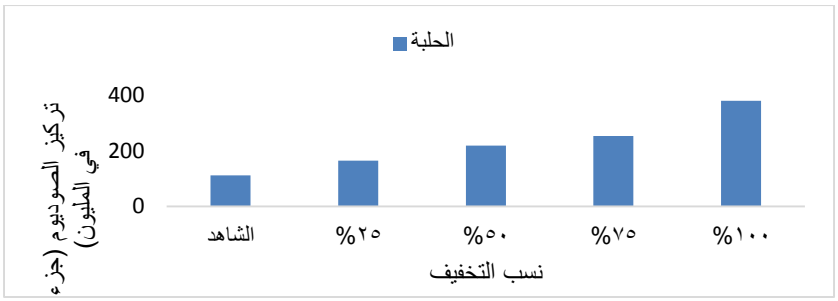
الشكل (4). تأثير الري بتخفيفات مختلفة بمياه الصرف الزراعي على محتوى التربة من الصوديوم

تركيز العناصر في النبات

بشكل عام، فقد كان هناك زيادة في محتوى النباتات من الصوديوم كلما زاد تركيز مياه الصرف كما هو موضح في الشكل (5) ومع ذلك فإن تراكم الصوديوم لم يكن كبيراً عند مقارنته ببعض العناصر الأخرى، وجدير بالذكر هنا أن الانتقائية الأيونية للنبات تتيح له التحكم في امتصاص الأيونات السامة مثل Na وCl وتراكمها في السيتوبلازم (Shannon *et al.*, 1999)، حيث تقوم النباتات بذلك إما من خلال "التنظيم الأيوني " لإبقاء Na+ و Cl- خارج تيار النتح ومن ثم سيتوبلازم الأجزاء الهوائية للنباتات) (Harvey, 1985، أو من خلال التمييز الأيوني، مما يمكّن النبات من التمييز بين العناصر المتشابهة كيميائيًا. الأيونات مثل Na+ و K+ (Gorham *et al.*, 1997). وقد لاحظ Maksimović (*et al.*, 2010 أنه قد زاد تركيز Na+ بشكل ملحوظ في أنسجة البازلاء في وجود كلوريد الصوديوم، وعند أعلى تركيز NaCl في المحلول المغذي، كان تركيز Na+ في جميع أنسجة البازلاء هو الأعلى بشكل ملحوظ. التراكيز في الحلبة كانت في الغالب أقل من القيم التي أوردها (Tunçtürk *et al.*, 2011) لنبات الحلبة المعامل بتراكيز ملحية من كلوريد الصوديوم تدرجت من صفر إلى 250 مللي مول وتراوحت التراكيز بين 1030 إلى 12835 جزء بالمليون.

تنظيم تدفق أيونات الصوديوم والبوتاسيوم داخل الخلايا يعتبر أمرًا أساسيًا لأنشطة الإنزيمات المختلفة في العصارة الخلوية وكذلك لتنظيم حجم الخلية والحفاظ على إمكانات الغشاء(Hasegawa and Bressan, 2000) وربما هذا ما يفسر ارتفاع تركيز البوتاسيوم في النبات مقارنة بالصوديوم رغم أن تركيز الصوديوم في مياه الصرف الزراعي كان أعلى منه بكثير في مياه الري العادية.

(Mishra *et al.*, 2014) أفاد أن أحد أصناف الفول يحتوي على ناقلات K+/Na+ فريدة تساعد في الحفاظ على مستوى أقل من Na+ داخل الخلايا. بينما في حمامة البازلاء(*Pigeon pea*)، تم الإبلاغ عن أن انخفاض نسبة $Na+/Ca^2$ تحت الملوحة تنظم امتصاص K+ مما يؤدي إلى تحسين نسبة Na+/K+.



الشكل (5). تأثير الري بتخفيفات مختلفة بمياه الصرف الزراعي على تركيز عنصر الصوديوم في النباتات

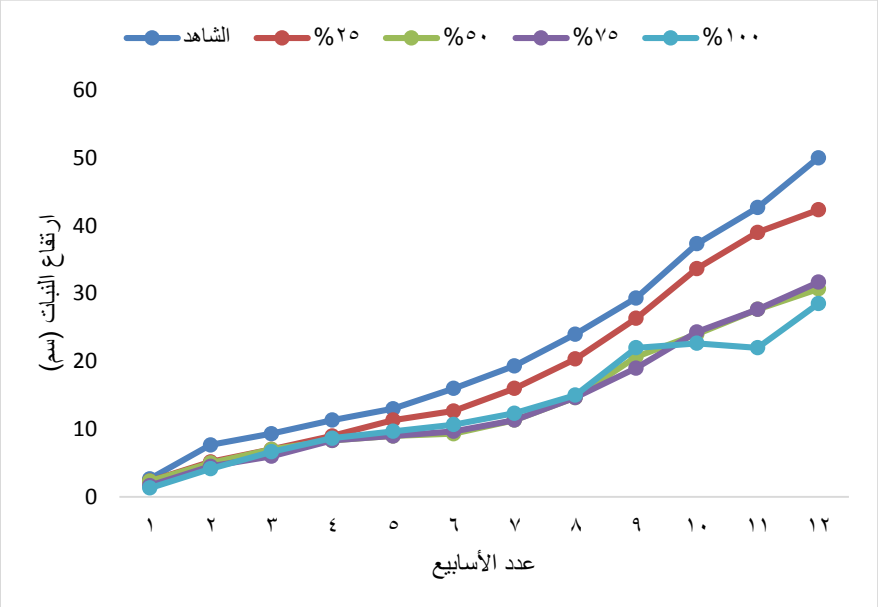
مناقشة نتائج النمو والإنتاجية

تثير الضغوط اللاأحيائية بشكل عام والملوحة بشكل خاص سلسلة من التغيرات المورفولوجية والفسيولوجية والكيميائية الحيوية والجزيئية، والتي تؤثر بشكل سلبي على نمو النبات وتطوره وإنتاجيته. العمليات الفسيولوجية

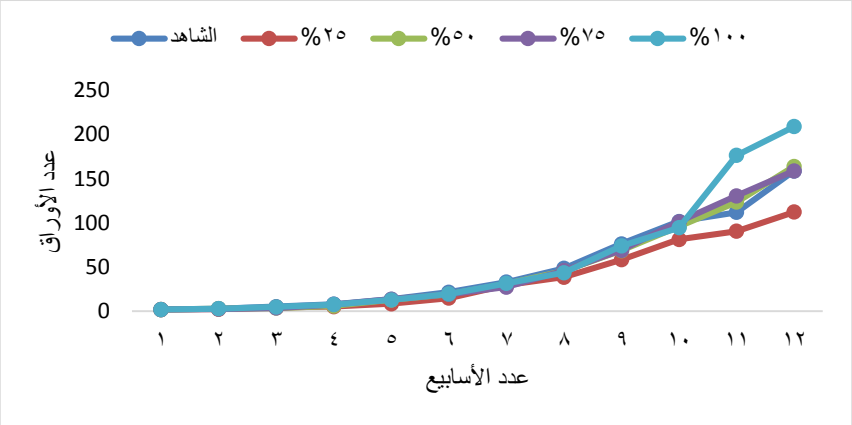
الرئيسية التي يُعتقد أنها تشارك في التحكم في نمو النبات تحت الملوحة هي العلاقات المائية ونقص المغذيات والسمية الأيونية والتوازن الهرموني (Belmecheri-Cherifi *et al.*, 2018)

يظهر جلياً من الشكل 6 تأثير مياه الصرف على ارتفاع نبات الحلبة حيث كان أعلى ارتفاع عند معاملة الشاهد وأقل ارتفاع عند التركيز 100%. لم يظهر تأثير مياه الصرف إلا ابتداء من الاسبوع السادس وهذا يشير إلى زيادة تراكم الأملاح في النبات مع مرور الوقت، مع أن التحليل الإحصائي لم يظهر تأثيراً معنوياً لاختلاف التراكيز ($p>0.05$)

النتائج هنا غير بعيدة من مما وجده (Garg, 2012) من أن ارتفاع نبات الحلبة كان يقل مع زيادة نسبة الصوديوم المتبادل في التربة حيث كان أعلى ارتفاع عند نسبة الصوديوم المتبادل 10 (47.6 سم) وأقل ارتفاع عند نسبة الصوديوم المتبادل 40 (38.6 سم). العديد من الدراسات أوردت أن الملوحة تؤثر بشكل عام في نمو الحلبة، فقد أفاد (Hussain *et al.*, 2022) بأن نمو الجذير والرويشة قد تأثر بشكل معنوي بارتفاع الملوحة في نوعين من الحلبة حين استخدم تركيزين لملوحة كلوريد الصوديوم (0 و2000 جزء في المليون). لم يتبع عدد الأوراق نفس نمط ارتفاع النبات (الشكل 7) حيث أن أعلى عدد للأوراق ظهر عند أعلى تركيز رغم أن (Belmecheri-Cherifi *et al.*, 2018) أفادوا بأنه قد تم تقليل عدد أوراق النباتات المجهدة مقارنة بالنباتات غير المجهدة، رغم أن هذا التخفيض كان مهمًا فقط في النباتات المجهدة بكلوريد الصوديوم 200 ملمول. وكذلك في دراسة أخرى حدث نقص في عدد الاوراق في نوعين من الحلبة عند تركيز 100 مليمول مقارنة بالشاهد (Hussain *et al.*, 2022).

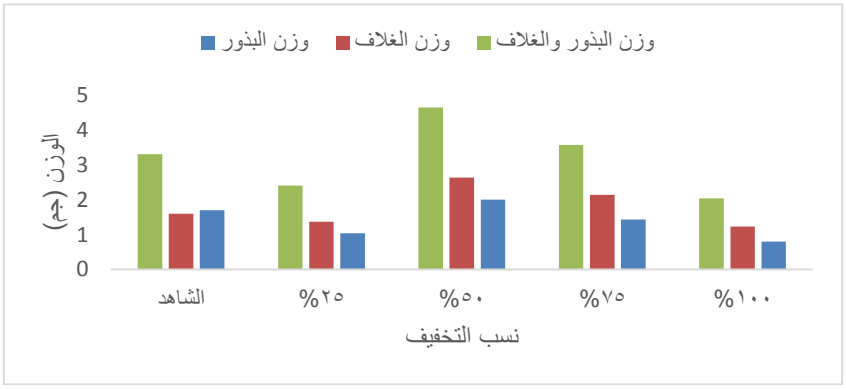


الشكل (6) تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على ارتفاع نبات الحلبة



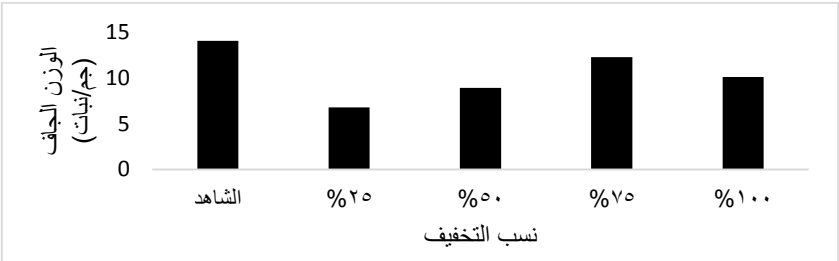
الشكل (7). تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على عدد الأوراق في نبات الحلبة

بالنسبة لاستجابة نبات الحلبة لملوحة مياه الصرف، فإن إنتاج البذور لم يظهر نسقاً واضح في تأثره بالملوحة حيث أن أعلى إنتاج كان عند تركيز 50% (الشكل 8). رغم انه من المهم ملاحظة أن وزن الغلاف كان دائماً أكثر من وزن البذور، ماعدا معاملة الشاهد حيث كان وزن البذور أكثر من وزن الغلاف مما يعطي مؤشراً ربما إلى حدوث خلل في توازن النبات تحت تأثير الإجهادات الملحية المختلفة. أشارت دراسة (Garg, 2012) إلى انخفاض في إنتاجية بذور الحلبة بنسبة 80% عند زراعتها في أرض بها نسبة صوديوم متبادل 10 و 40.



الشكل (8) تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على إنتاج البذور في نبات الحلبة

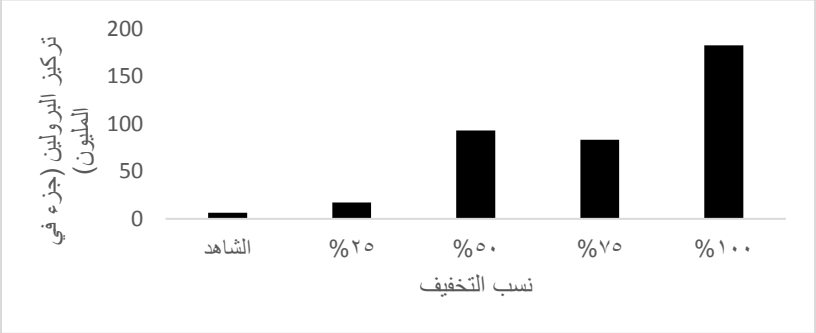
اختلف تراكم المادة الجافة في النباتات حسب درجة الملوحة، حيث كانت أفضل نتيجة عند معاملة الشاهد. (Abdelhamid *et al.*, 2010) وجد انخفاضاً في الوزن الجاف للأوراق في نبات الفول مع ازدياد نسبة الملوحة في مياه الري. وقد أدت زيادة نسبة الصوديوم المتبادل في التربة من 10 إلى 40 % إلى انخفاض عدد القرون للنبات بمقدار 65.11% (Garg, 2012).



الشكل (9). تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي الوزن الجاف للجزء الخضري في النباتات

تأثير الملوحة على تركيز البرولين في النبات:

يعد البرولين معلمة مهمة لقياس قدرة النباتات على تحمل الإجهاد. في العديد من النباتات، يتراكم البرولين استجابة لفرض مجموعة واسعة1 من الضغوط الحيوية وغير الحيوية (Hare and Cress, 1997). قدرة البرولين على التوسط في التكيف الأسموزي، وتحقيق الاستقرار في الهياكل التحت خلوية معروفة جيدًا. في هذه الدراسة، زاد محتوى النباتات من البرولين مع زيادة الملوحة (الشكل 10). وقد أشير إلى استجابات مماثلة في نبات الشعير وفول الصويا والذرة الصفراء (Hare and Cress, 1997). كذلك أشار (Ozturk et al., 2012) إلى زيادة محتوى البرولين في محصول البازلاء مع زيادة الملوحة. لاحظ (El Sayed, 2011) أن نباتات الفاصوليا التي تتحمل الملوحة تحتوي على كمية أقل من البروتين ومحتويات عالية من البرولين والأحماض الأمينية مقارنة بالحساسة للملوحة. أيضا في دراسة أخرى عن نبات الحلبة، زادت مستويات البرولين بشكل حاد مع ارتفاع الملوحة، حيث وصلت إلى ذروتها بحوالي 22.28 ميكروغرام/غرام من الوزن الجاف (AL-Maqtary *et al.*, 2024



الشكل 10 تأثير الري بتخفيفات مختلفة من مياه الصرف الزراعي على تركيز البرولين في الجزء الخضري للنباتات

الخلاصة:

أظهرت الدراسة إمكانية الاستفادة من مياه الصرف الزراعي في استزراع البقوليات والمتمثلة في نباتات الحلبة المستخدمة في هذه الدراسة، حيث أظهرت النباتات قدرة على النمو والإنتاج حتى في نسب الخلط 50% و75% (75 مياه صرف+ 25 مياه ري) واللتان كان لهما درجات إيصالية (3.74 و5.13 ديسيسمنز/م) مما يوضح تأقلماً لهذه النباتات مع ارتفاع الملوحة. تباين تأثير مياه الصرف على تركيز الصوديوم والبوتاسيوم في التربة والنبات، وقد بدا واضحاً ارتفاع الصوديوم تدريجياً مع زيادة الملوحة، بينما لم يظهر ذلك جلياً في باقي العناصر. أما في النبات، فقد ارتفع تركيز الصوديوم مع زيادة الملوحة، بينما لم يتضح ذلك في البوتاسيوم. بالنسبة للإنتاجية، فقد تأثر نبات الحلبة بشكل واضح بارتفاع الملوحة وقد استطاع محصول الحلبة إنتاج البذور حتى عند أعلى تركيز للملوحة (100% مياه صرف)، مما يظهر تحملاً كبيراً للملوحة. وهنا توصي الدراسة بالمزيد من الدراسة لجوانب أخرى لم يتم دراستها مثل تغير المحتوى الغذائي للمحاصيل في مثل هذه الظروف، وأخذ موضوع إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي بعين الاعتبار، لما يمثله من توفير للموارد البيئة ووقف إهدارها وتجنب ما

تسببه من أضرار للبيئية، كذلك فقد أجريت هذه الدراسة على نوع واحد من التربة، ولذلك يوصى بإجراء نفس الدراسة على أنواع أخرى من الترب الشائعة في المنطقة ودراسة التغير في استجابة النباتات تبعاً لنوع التربة.

المراجع العربية:

العكيلي، جواد كاظم، العامري، بيداء حسن، جار الله، عباس خضير (2019). تقييم اضافة سمادي البوتاسيوم والمغنسيوم في حاصل وتغذية نبات الحنطة. مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية / العدد (3) / المجلد (19) : 2011

عبد السلام، عثمان عبد القادر (2015) تقييم نوعية مياه الصرف الزراعي بمشروع جنوب براك – أشكدة الزراعي وإمكانية استغلالها في ري بعض الأعلاف والأشجار. كلية العلوم الهندسية والتقنية. جامعة سبها. رسالة ماجستير

غانم عادل محمد خليفة، قياس أثر النقص المحتمل في مياه نهر النيل على التنمية الاقتصادية الزراعية في مصر، المؤتمر الثامن والعشرون للاقتصاديين الزراعيين 3 نوفمبر.2021

المثناني، عبدالسلام محمد وسليمان، محمد صالح وباصي، مزاحم عزيز (2005) دراسة بيئية حول المناخ والمياه في شرق وادي الشاطئ وانعكاساتها على التصحر"، مجلة الدراسات الصحراوية، المجلد الأول العدد الخامس، جامعة سبها، المركز العربي لأبحاث الصحراء وتنمية المجتمعات الصحراوية – مرزق – ليبيا

2.6 المراجع الاجنبية

Adnan, M., Fahad, S., Zamin, M., Shah, S., Mian, I. A., Danish, S.... & Datta, R. (2020). Coupling phosphate-solubilizing bacteria with phosphorus supplements improve maize phosphorus acquisition and growth under lime induced salinity stress. *Plants*, *9*(7), 900.

Alkharabsheh, H. M., Seleiman, M. F., Hewedy, O. A., Battaglia, M. L., Jalal, R. S., Alhammad, B. A.,... & Al-Doss, A. (2021). Field crop responses and management strategies to mitigate soil salinity in modern agriculture: A review. *Agronomy*, *11*(11), 2299.

Amuthaselvi, G., & Ambrose, D. C. (2016). 11 Fenugreek. *Leafy Medicinal Herbs: Botany, Chemistry, Postharvest Technology and Uses*, 133.

Abdelhamid, M. T., Shokr, M. M., & Bekheta, M. A. (2010). Growth, root characteristics, and leaf nutrients accumulation of four faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars differing in their broomrape tolerance and the soil properties in relation to salinity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *41*(22), 2713-2728.

AL-Maqtary, E., AL-Madhagi, I., & AL-Mureish, K. (2024). Salicylic Acid Alleviates the Adverse of Salinity Stress in Fenugreek (Trigonella foenum-graecum). *Asian Journal of Biology*, *20*(4), 30-58.

Belmecheri-Cherifi, H., Albacete, A., Martínez-Andújar, C., Pérez-Alfocea, F., & Abrous-Belbachir, O. (2019). The growth impairment of salinized fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) plants is associated to changes in the hormonal balance. *Journal of plant physiology*, *232*, 311-319.

Bouwer, H. (2002). Integrated water management for the 21st century: problems and solutions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *128*(4), 193-202.

Bruning, B., & Rozema, J. (2013). Symbiotic nitrogen fixation in legumes: Perspectives for saline agriculture. Environmental and Experimental Botany, 92, 134–143. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.0

Bauder, T. A., Waskom, R. M., Davis, J. G., & Sutherland, P. L. (2011). *Irrigation water quality criteria* (pp. 10-13). Fort Collins: Colorado State University Extension.

Chowdhury, M. M. U., Bhowal, S. K., Farhad, I. S. M., Choudhury, A. K., & Khan, A. S. M. M. R. (2014). Productivity of fenugreek varieties (Trigonella foenum-graecum L.) in the coastal saline areas of Noakhali.

Cunningham, R. K. (1964). Cation-anion relationships in crop nutrition: III. Relationships between the ratios of sum of the cations: sum of the anions and nitrogen concentrations in several plant species. *The Journal of Agricultural Science*, *63*(1), 109-111.

Dinka, M. O. (2016). Quality composition and irrigation suitability of various surface water and groundwater sources at Matahara

El Sayed, H. E. S. A., & El Sayed, A. (2011). Influence of NaCl and Na2SO4 treatments on growth development of broad bean (Vicia Faba, L.) plant. *Journal of Life Sciences*, *5*(7), 513-523.

Food and Agriculture Organization (FAO),(2005). *Water quality Water quality Evaluation for Agriculture*

Gorham J.J., Bridges J., Dubcovsky J., Dvorak J.,Hollington P.A., Luo M.C., et al., Genetic analysis and physiology of a trait for enhanced K/Na discrimination in wheat, New Phytol., 1997, 137, 109-116

Garg, V. K. (2012). Response of fenugreek (Trigonella foenum-gracecum L.) to sodicity.

Hussain, S., Asif, H. M., Ahmad, S., Ali, M. A., Ejaz, S., Abbas, T.,... & Khalid, M. F. (2022). Seed priming alleviates salt stress in two fenugreek (Trigonella foenum-graecum l.) Cultivars.

Hopkins, B. G., Horneck, D. A., Stevens, R. G., Ellsworth, J. W., & Sullivan, D. M. (2007). Managing irrigation water quality for crop production in the Pacific Northwest.

Harvey, D. M. R. (1985). The effects of salinity on ion concentrations within the root cells of Zea mays L. Planta, 165, 242-248.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, *51*(1), 463-499.

Hare, P. D., & Cress, W. A. (1997). Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. *Plant growth regulation*, *21*, 79-102.

Kouas, S., Slatni, T., Ben Salah, I., & Abdelly, C. (2010). Eco-physiological responses and symbiotic nitrogen fixation capacity of salt-exposed

Maksimović, I., Putnik-Delić, M., Gani, I., Marić, J., & Ilin, Ž. (2010). Growth, ion composition, and stomatal conductance of peas exposed to salinity. *Open Life Sciences*, *5*(5), 682-691.

Mishra, S., Panda, S. K., & Sahoo, L. (2014). Transgenic Asiatic grain legumes for salt tolerance and functional genomics. *Reviews in Agricultural Science*, *2*, 21-36.

Ozturk, L., Demir, Y., Unlukara, A., Karatas, I., Kurunc, A., & Duzdemir, O. (2012). Effects of long-term salt stress on antioxidant system, chlorophyll and proline contents in pea leaves. *Romanian Biotechnological Letters*, *17*(3), 7227-7236.

Qadir, M., Noble, A. D., Schubert, S., Thomas, R. J., Arslan, A. (2006): Sodicity-induced land degradation and its sustainablemanagement: Problems and prospects. *Land Degrad. Develop.*17, 661–676.

Rhoades, J. D., Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (1999). Geospatial measurements of soil electrical conductivity to assess soil salinity and diffuse salt loading from irrigation. *Geophysical monograph-American geophysical union*, *108*, 197-216.

Richards, L.A., 1954., Diagnosis and improvement of Saline and alkali soils USDA Handbook 60"U.S Government Printing office Washington, D.C.

Seleiman, M. F., Almutairi, K. F., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, B. A., & Battaglia, M. L. (2020). Nano-Fertilization as an Emerging Fertilization Technique: Why Can Modern Agriculture Benefit from Its Use?. *Plants (Basel, Switzerland)*, *10*(1), 2. https://doi.org/10.3390/plants10010002

Shannon M.C., Grieve, C.M., Tolerance of vegetable crops to salinity, Sci. Hortic., 1999, 78,5-38

Tunçtürk, R., Celen, A. E., & Tunçtürk, M. (2011). The effects of nitrogen and sulphur fertilizers on the yield and quality of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.). *Turkish Journal of Field Crops*, *16*(1), 69-75.

Wichelns, D. (2002). An economic perspective on the potential gains from improvements in irrigation water management. *Agricultural Water Management*, *52*(3), 233-248.

Walker, T. W. (1960). Uptake of ions by plants growing in soil. *Soil Science*, *89*(6), 328-332.

Wakeel, A. (2013). Potassium–sodium interactions in soil and plant under saline-sodic conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *176*(3), 344-354.

Kromdijk, J., & Long, S. P. (2016). One crop breeding cycle from starvation? How engineering crop photosynthesis for rising CO2 and temperature could be one important route to alleviation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *283*(1826), 20152578.

APHA (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition, American Public Health Association Inc., New York.