تأثير الري بمياه مالحة في بعض الخصائص الجذرية للريزوسفير وأثرها في إنتاجية محصولين علفيين في ظروف حوض الفرات الأسفل

Effect of Irrigation by Saline Water on Some Root Traits in Rhizosphere Zone and its Effect on Two Forage Crop Yield under Lower Euphrates Basin Conditions

الدكتور عبد الله العيسى [1]، و الدكتور أويديس أرسلان [2]، و المهندسة منال النقشبندي [3]

(1)؛ أستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي- كلية الزراعة-جامعة البعث.
(2)؛ مدير بحوث الموارد الطبيعية (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية).
(3)؛ طالبة ماجستير في قسم التربة واستصلاح الأراضي- كلية الزراعة - جامعة البعث.

المُلَخَّص

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية بدير الزور، خلال موسمي (2007/2006) لمعرفة مدى تأثر بعض الخصائص الجذرية (الوزن، والانتشار، والطول) للريزوسفير والإنتاجية لمحصولين علفيين (شعير، صنف أكساد$_{176}$) و (ذرة بيضاء، صنف إزرع$_{7}$) عند الري بثلاث مستويات ملوحة مياه F، (EC_{iw} = 0.7 ديسيسيمنز/م، EC_{iw} =S_1 6 ديسيسيمنز/م، EC_{iw} =S_2 12 ديسيسيمنز/م). أظهر التحليل الإحصائي لوزن جذور الشعير فرق غير معنوي بين المعاملتين F(2.8 طن/هـ) و S_1 (2.1 طن/هـ)، وتفوقت المعاملة F على المعاملة S_2 (0.6 طن/هـ) عند مستوى5 %. بالنسبة لطول الجذور لم يلحظ فرق معنوي لطول جذور الشعير بين المعاملتين F(2247 م/هـ) وS_1(1827 م/هـ). وتفوقت المعاملة Fمعنوياً على المعاملة S_2 (714 م/هـ). لوحظ انخفاض وزن الحبوب بزيادة الملوحة، فقد تفوقت المعاملة F(2.2 طن/هـ) معنوياً على المعاملة S_2 (1.17 طن/هـ) معنوياً على مستوى احتمال 5 % ولم تلحظ فرق معنوي بين F و S_1 (1.57 طن/هـ). بالنسبة للذرة البيضاء فقد أظهرت النتائج تراجعاً معنوياً في وزن الجذور وتفوقت المعاملة F (3.5 طن/هـ) على المعاملتين S_1(2.3 طن/هـ)، و S_2(1.6 طن/هـ) على مستوى 5 %. و تفوق طول جذور المعاملة F (1767 م/هـ) على المعاملتين S_1 (1246 م/هـ) و S_2(796 م/هـ) على مستوى5 %، كما تراجعت كمية العلف الأخضر بزيادة الملوحة حيث انخفض المردود إلى 69 % عند الري بمياه ملوحتها 6 ديسيسيمنز/م وإلى 40 % عند الري بمياه ملوحتها 12 ديسيسيمنز/م.

أدى الري بالمعاملة F إلى انغسال الأملاح من قطاع التربة، حيث انخفضت الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة (EC_e) في نهاية الموسمين، بينما تراكمت الأملاح في الأعماق المدروسة عند الري بمياه متوسطة الملوحة S_1 حيث ارتفعت (EC_e) في نهاية الموسمين, وتراكمت كميات كبيرة من الأملاح في جميع الأعماق عند الري بمياه عالية الملوحة S_2 حيث ارتفعت (EC_e) لدرجة أدت لتصنيفها ضمن الترب المالحة.

الكلمات المفتاحية: مياه مالحة، وزن الجذور، طول الجذور، شعير، ذرة بيضاء، إنتاجية، EC_e.

Abstract

The research was carried out at two successive growing seasons (2006-2007) in the 3rd Mry'iya experimental site which belongs to the General Commission for Scientific Agricultural Research. The research purposes

©2009 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

were to determine the response of some root traits (e.g. weight, spread, and length) in rhizosphere zone to some productivity criteria of barely (*var*. ACSAD 176) and sorghum (*var*. Izraa7) forage crop upon irrigation with 3 water salinity levels («F» EC_{iw}= 0.7 dS/m, «S_1» EC_{iw}= 6.0 dS/m, and «S_2» EC_{iw}= 12.0 dS/m).

The statistical analysis of barley root weight did not show significant difference between F (2.8 ton/ha) and S_1 (2.1 ton/ha) treatments. However, the difference was significant between F and S_2 (0.6 ton/ha) treatment at 5% confidence limit. Concerning barley root length, no significant difference was recorded between F (2247 m/ha) and S_1 (1827 m/ha). However, F treatment significantly surpassed S_2 (714 m/ha) at 5% confidence limit. Grain weight decreased with increasing salinity. Where, F treatment (2.2 ton/ha) significantly surpassed S_2 (1.17 ton/ha) at 5% confidence limit and no significant difference was recorded between F and S_1 (1.57 ton/ha). In sorghum, a significant decrease in root weight was observed with increasing salinity and F treatment (3.5 ton/ha) significantly surpassed S_1 (2.3 ton/ha) and S_2 (1.6 ton/ha) at 5% confidence limit, and root length of F treatment (1767 m/ha) significantly surpassed S_1 (1246 m/ha) and S_2 (796 m/ha) at 5% confidence limit. Moreover, sorghum fresh weight decreased by increasing water salinity to 69% using S_1 water salinity, and to 40% using S_2 water salinity.

Using fresh water «F» leached the salts from the profile, where the EC_e decreased by the end of the tow seasons, while salts accumulated in the deep soil upon irrigation with S_1 water, and salts accumulated in all depths upon irrigation with S_2 water, where ECe increased to classify the soil with saline class.

Key words: Salinity water, Root weight, Root height, barely, sorghum, yield, EC_e.

المقدمة

يعد الوطن العربي فقيراً بموارده المائية إذ لا يزيد مجموع إيراداته المائية السنوية عن 320 مليار متر مكعب من الماء العذب، في حين تقدر الإيرادات المائية السنوية في العالم 4000 مليار متر مكعب (خوري، 1996). ونظراً لعدم توافر المياه العذبة بالقدر الكافي لزيادة معدل التوسع الزراعي إلى المستوى المطلوب. وحسب ICBA (2000) فإنّ أكثر من نصف مصادر المياه الجوفية العالية متملحة، وتزداد هذه النسبة نتيجة ازدياد الطلب على مصادر المياه، لذلك كان لزاماً علينا الاتجاه إلى استغلال مياه ذات نوعيات مختلفة ومستويات متباينة من الأملاح من المياه الجوفية، بما يضمن استمرارية الإنتاج وعدم تدهور الأراضي تحت هذه الظروف Rhoades وزملاؤه ، (1991) وRolsto (1989). يشير كل من Garcia و Charbaji (1993) إلى أنّ ارتفاع تركيز الأملاح الذوّابة في محلول التربة يؤدي إلى زيادة الجهد الحلولي وتراجع الجهد المائي نتيجة عدم مقدرة الجذور على امتصاص الماء فيتراجع جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، وبالتالي فانّ العديد من العمليات الحيوية المعتمدة عليه مثل التمثيل الضوئي، والتنفس ويتجلى ذلك حسب رأي Greenway و Munns (1980) و Munns (2002) من خلال تسببها في نقص الماء المتاح، وفي عدم توازن المغذيات ونتيجة سمية بعض الأيونات. ويؤكد Blum و Johnson (1992) أنّ الملوحة تؤثر في الخصائص المورفولوجية والتشريحية للنبات، وبرأي Krishnamoorthy (1993) فإنها تؤثر في الخصائص البيوكيميائية للنبات، كالأنزيمات، والسكريات والحموض النووية، والهرمونات، وحسب Sharma (1996) تؤثر الملوحة الزائدة سلباً في طول النبات، وعدد الأوراق، والمساحة الورقية. ويوضح Katembe وزملاؤه (1998) أنه يمكن إزالة هذه الأملاح بعملية الغسيل من منطقة جذور النبات.

يشير Glenn و O'Lear (1996) إلى أنّ الأنواع النباتية تتباين بشكلٍ كبير في درجة تحملها للملوحة. وحسب رأي Norlyn وEpstien (1982) فإنها تتباين في مقدرتها على الإنبات في تراكيز ملحية عالية ويعزي Pearson وزملاؤه (1966) ذلك إلى مقدار احتواء هذه الأنواع على مورثات متحملة للملوحة. وحسب Jana وزملاؤه (1993) فإنّ صفة تحمل الملوحة تعد من الصفات المعقدة Polygenic trait وتتأثر بشكلٍ كبير بالعوامل البيئية.

يعتبر Ayers و Westcot(1985) الشعير من المحاصيل المتحملة للملوحة، لكن Francois وزملاؤه (1986) وجدوا أنّ الملوحة العالية تؤثر سلباً في تطور الشعير حيث تؤخر الإنبات، وتقلل النسبة المئوية للإنبات، وتخفض عدد السنابل. ويرى Van Horn (1991) أن أثر الملوحة على الإنبات يمكن أن يعالج بزيادة معدلات البذار، وحسب رأي Conway (2001) فإن نمو نباتات الشعير في الموقع المدروس يمكن أن

يستخدم كمؤشر يساعد في التعرف على مشكلة الملوحة وشدتها.

وعادة يكون تركيز الأملاح في منطقة الجذور (الريزوسفير) أعلى منه في مياه الري حيث أن الأملاح تتركز نتيجة لعملية التبخر من التربة و النتح من النبات، ويشير Renault (2003) إلى أنّ الشعير يخفّض من انجراف التربة وتساعد جذوره في تثبيت التربة، كما يساعد في غسل الأيونات للأسفل نتيجةً لتغلغل الجذور. و أشار العديد من الباحثين منهم Yeo(1983) و Zhong وDvorak (1995) وVolkmar وزملاؤه (1998) إلى آليات تحمل الملوحة عند الشعير، ووجد Suhayda (1992) عند دراسته لمحتوى أنسجة المجموع الخضري والمجموع الجذري للشعير من الأيونات المختلفة أنّ الشعير البري يراكم كمية أقل من الصوديوم من الوسط الملحي مقارنة مع أنواع الشعير ثنائي الصف، كما وجدوا أن الأنواع البرية تحوي مستويات أعلى من الكالسيوم وتتصف بنسبة Na/K أكثر ملائمة. وذكرBest وزملاؤه (1978) أنّ الأنواع البرية للشعير مستوطنة في ترب ذات $pH > 8$ ، و EC نحو 16 dS/m، وتحتوي على تراكيز من أيونات (Mg^{++}، Na^{+}، $SO4^{--}$) تتراوح بين 100 – 200 (mol/m^3) في مستخلص العجينة المشبعة.

ينمو محصول الذرة البيضاء في الأراضي الملحية بشكلٍ أفضل بالمقارنة مع بقية المحاصيل، في حين وجد Rawson وزملاؤه (1988) أنّ الشعير هو الأكثر تحملاً. وقد لاحظ Malibari وزملاؤه (1993) أنّ المستويات الملحية المتدنية لم تؤثر سلباً في نمو نباتات الذرة البيضاء وتطورها. ويعزي AL-Rahmani وزملاؤه (1988) التأثير الايجابي للمستويات القليلة من ملح NaCl إلى زيادة نشاط تمثيل البروتينات، وبين AL-Anni (1975) أهميتها في زيادة معدل امتصاص الآزوت، والفوسفور الضروريان لتصنيع البروتينات.

وأوضح Lu-Yuanfang (1999) أن أول استجابات النباتات للإجهاد الملحي تتمثل بتراجع معدل نمو الأوراق، وهذا ما أكدهSorrentino وزملاؤه (2002). كما أنّ حجم المسطح الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي يقل وتقل كمية المادة الجافة المصنعة، وهذا برأي Munns(1993) ينعكس سلباً على الغلة الاقتصادية النهائية. و قد أشار Mumtaz وزملاؤه (1997) إلى أنّ المستويات الملحية العالية جداً تسبب اصفرار أوراق الذرة البيضاء فتقل كفاءة التمثيل الضوئي.

وقد هدف هذا البحث إلى:

1) الوقوف على تأثير الري بمياه مختلفة الملوحة في بعض الخصائص الجذرية لمنطقة انتشار الجذور Rhizosphere وأهم المؤشرات الإنتاجية للمحصولين العلفيين المدروسين.
2) توفير في مياه الري العذبة باستعمال مياه الصرف الزراعي.

مواد البحث وطرائقه

أجريت التجارب في موقع المريعية الثالث التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية وذلك خلال موسمي نمو متتالين (2006/2007) في محافظة دير الزور التي تقع ضمن منطقة الاستقرار الخامسة، حيث لا يتجاوز معدل الهطول المطري 164 ملم /سنة يتركز حوالي 90 % منه في الفترة الممتدة من تشرين الثاني ولغاية آذار، ويتذبذب بشكلٍ كبير بين عام وآخر خلال العام نفسه. أما المعدل السنوي لدرجات الحرارة 19.5 °م ويصل متوسط درجة الحرارة للشهر الحار تموز إلى 32.2 °م والشهر الأكثر برودة كانون الثاني إلى 6.9 °م. أعلى درجة حرارة مرصودة كانت 45.8 °م في شهر آب والسعة الحرارية السنوية 56 °م، ما يشير إلى قارية المناخ. ويشكل شهر تموز ذروة التبخر الأعظمي حيث يصل إلى 397 ملم. سجل أعلى معدل للرطوبة النسبية في شهر كانون الثاني 78 % وأدنى معدل شهري للرطوبة النسبية تموز 25 %. تزداد سرعة الرياح خلال فترة الصيف الحار وبشكل عام من شهر آذار 3.7 م/ثا لتبلغ ذروتها في شهر تموز 5.8م/ثا. كان الهطول في الموسم المدروس منخفضاً، حيث لم يبلغ 51 مم.

تمّ جمع عينات تربة من موقع التجربة قبل الزراعة وأجريت عليها التحاليل الفيزيائية الجدول (1)، والكيميائية الجدول (2)، والخصوبية الأساسية الجدول (3) باستعمال الطرائق المعتمدة. تمّ تحضير موقع البحث في بداية الموسم الأول قبل الزراعة، أعقب ذلك إضافة السماد الفوسفوري والدفعة الأولى من السماد الآزوتي ثم تمّ تنعيم الأرض وتخطيطها و تجهيز خطوط الري وتم تجهيز خزان بسعة 1000 $م^3$ لخلط مياه الصرف مع المياه العذبة للوصول إلى درجة الملوحة المطلوبة، وبعد ذلك تمت زراعة أرض التجربة ببذور الشعير على سطور المسافة بينها (20 سم) وذلك في الموسم الشتوي, وببذور الذرة البيضاء على سطور المسافة بينها (70سم) وذلك في الموسم الصيفي.

واستخدمت مياه بثلاثة مستويات ملوحة هي مياه فرات عذبة F (EC_{iw}= 0.7 ديسيسيمنز/م)، مياه متوسطة الملوحة S_1 (EC_{iw}=6 ديسيسيمنز/م) ، مياه عالية الملوحة S_2 (EC_{iw}= 12 ديسيسيمنز/م).

وكررت كل معاملة ثلاثة مرات وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة على كل من المحاصيل العلفية التالية:

أ- المحصول الشتوي: الشعير *Hordeum sativum*، صنف (أكساد 176).

ب- المحصول الصيفي: الذرة البيضاء *Sorghum bicolor*، صنف (ازرع 7).

وقد تمّ تتبع رطوبة التربة لكل معاملة لإعطاء الريات الملائمة عند وصول الرطوبة إلى 80 % من السعة الحقلية وتم الري بطريقة الري السطحي, كما تم قياس تركيز ملوحة مياه الري العذبة والمالحة عند كل سقاية، و نظراً

لارتفاع ملوحة ماء الري الذي يتطلب استخدام احتياجات غسيل عالية فقد تمّ اعتماد معاملات الغسيل التالية (10 % بالنسبة للنوعية الأولى من مياه الري، 20 % بالنسبة للنوعية الثانية من مياه الري، 30 % بالنسبة للنوعية الثالثة من مياه الري) وذلك بالاعتماد على نتائج Abdelgawad وزملاءه (2002)، وتمّ تتبع تغيرات رطوبة وملوحة التربة للتأكد من صلاحية هذه النسب, كما تمت عملية مراقبة لأطوار نمو النبات المختلفة وإجراء العزق يدوياً لمعاملات التجربة كافة. وفي نهاية موسم النمو لكل محصول أخذت عينات التربة المحتوية على الجذور بواسطة المسبار الحقلي Auger الخاص بالجذور(ارتفاع اسطوانته 15 سم وقطرها8.5 سم) على الأعماق (0-20)، (20-40)، (40-60)، (60-80)، (80-100) سم على التوالي وذلك بين نباتين على نفس الخط وخمس عينات أخرى بنفس الأعماق بين صفين متجاورين لكل معاملة ولكل مكرر، ثم نقعت العينات لمدة 24 ساعة في مياه مضاف إليها هكسا ميتا فوسفات الصوديوم كمادة مفرقة لتسهيل عملية الفصل, ثم فصل الجذور عن التربة بواسطة مناخل بأقطار1 ملم وبوجود تيار ماء مستمر، وتمت إزالة المواد العالقة فوق المنخل بواسطة ملاقط وتجميع الجذور المفصولة وتجفيفها هوائياً وأخذ الوزن الرطب لها ثمّ تجفيف الجذور بوضع العينة في الفرن على درجة حرارة 70مْ حتى ثبات الوزن ثم تسجيل الوزن الجاف لها وتمت هذه العملية بواسطة ميزان حساس وبعد ذلك حسب المعامل لجميع العينات حيث (المعامل = الوزن الجاف /الوزن الرطب). ثم جرى قياس طول الجذور باستخدام القانون التالي :

$$R = 3.14 \times K \times N/4$$

حيث: يمثل (K)؛ المسافة الشبكية، (N)؛ عدد التقاطعات. (Head، 1966)، و Marsh (1971) و Tennant (1975) ، وتمت هذه العملية بوضع الجذور على ورقة ميليمترية مقسمة لمربعات طول ضلع كل منها (1سم) ثمّ حساب عدد تقاطعات الجذور مع الخطوط المتساوية البعد (1سم) لتطبيق القانون.

تمّ حصاد محصول الشعير يدوياً بالمناجل، وجمع المحصول من كل قطعة تجريبية ووزن النبات (الحب و القش)، ثمّ فصلت الحبوب عن السنابل بالدرّاسة الخاصة بالتجارب بعد ثلاثة أيام من الحصاد، ومن ثمّ وزن الحب الناتج على أساس (طن/هـ)، وتم وزن 1000حبة، وبالنسبة للذرة البيضاء فقد تمت عملية حش مرتين ووزن العلف الأخضر(طن/هـ) ، ووزن العلف الجاف.

القياسات البيومترية المدروسة:

1) وزن الجذور الرطب والجاف (طن/هـ).

2) طول الجذور(م/هـ).

الجدول رقم 1. أهم الخصائص الفيزيائية للتربة المستخدمة في البحث.

العمق (سم)	الكثافة الحقيقية (غ/سم^3)	الكثافة الظاهرية (غ/سم^3)	المسامية الكلية (%)	التحليل الميكانيكي			القوام
				الطين (%)	السلت (%)	الرمل (%)	
20-0	2.54	1.31	41.0	45.7	36.0	18.3	طيني
40-20	2.58	1.42	45.0	37.7	40.0	22.3	طيني
60-40	2.56	1.45	44.0	33.7	40.0	26.3	طيني لومي
80-60	2.59	1.43	40.0	36.3	34.0	29.6	طيني لومي
100-80	2.66	1.57	40.0	37.7	34.0	28.3	طيني لومي رملي

الجدول رقم 2. بعض الخصائص الكيميائية للتربة المستخدمة في البحث.

العمق (سم)	ECe (dS/m)	pH	$CaCO_3$ (%)
20-0	3.35	7.82	31.3
40-20	3.07	7.75	32.0
60-40	3.80	7.85	27.5
80-60	4.72	7.90	26.5
100-80	4.68	7.93	29.5

الجدول رقم 3. الخصائص الخصوبية الأساسية للتربة المستخدمة في البحث.

العمق (سم)	العناصر المغذية (PPM)				مادة عضوية (%)
	N	K_2O	P_2O_5	B	
20-0	7.7	320	10.0	0.6	1.34
40-20	6.3	160	5.4	0.2	0.54
60-40	4.6	90	1.7	0.3	0.29
80-60	4.7	55	0.5	0.5	0.13
100-80	4.0	47	0.4	0.5	0.10

تم تقدير الكثافة الظاهرية بطريقة سلندر الكثافة، وتقدير الكثافة الحقيقية بطريقة البكنومتر، والمسامية الكلية حسابياً، والتحليل الميكانيكي للتربة باستخدام الهيدرومتر.

وتم تقدير الـ pH في مستخلص العجينة المشبعة للتربة باستخدام جهاز قياس الـ pH .

وتم تقدير الناقلية الكهربائية في مستخلص العجينة المشبعة للتربة EC_e بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية Conductivity meter.

كما تم تقدير الكربونات الكلية بالطريقة الحجمية، وتم التعبير عن النتيجة على شكل $CaCO_3$ %. وتم تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بوساطة ديكرومات البوتاسيوم. و النتروجين الميسر بالتربة باستخدام جهاز Autoanalizer. والفوسفور القابل للإفادة بطريقة Olsen (1954) باستخدام جهاز Autoanalizer . و البوتاسيوم في مستخلص خلات الأمونيوم 1 N باستخدام جهاز التحليل باللهب. والبورون القابل للإفادة بطريقة الماء الساخن وقدرت الكمية المستخلصة بالطريقة اللونية باستخدام الجهاز Autoanalizer.

النتائج

دراسة المجموع الجذري لمحصول الشعير:

تميز صنف الشعير (أكساد 176) بكثافة جذرية جيدة وبتعمق جذري وصل إلى العمق (80-100) سم لأعمق جذر في المعاملة (F = 0.7 dS/m) وهذا أسهم في زيادة كمية المياه المتصة من محلول النمو وتخفيف الأثر الضار للأملاح. كما لوحظ انخفاض وزن الجذور بازدياد العمق حيث تركز نحو 70 % من وزن الجذر في العمق الأول (0-20 سم) (الشكل، 1) .وقد بينت نتائج التحليل الإحصائي أنّ الفروق كانت غير معنوية بين المعاملتين F (2.8 طن/هـ) وS_1 (2.1 طن/هـ) لأنّ كمية الأمطار المحدودة التي هطلت خلال موسم نمو الشعير والبالغة 51 مم خففت من تأثير الفرق في ملوحة مياه الري بين المعاملتين، وتفوقت المعاملةF على المعاملة S_2 (0.6 طن/هـ) على مستوى5 %، لم يلحظ فروق معنوية لطول جذور الشعير بين المعاملتين F(2247 م/هـ) و S_1 (1827 م/هـ). وتفوقت المعاملة F على المعاملة S_2 (714 م/هـ) على مستوى5 %.

دراسة المجموع الجذري لمحصول الذرة البيضاء:

أثر وجود الأملاح الذوابة Soluble salts بكميةٍ كبيرة في ماء الري سلباً في استطالة الجذور، إذ تطورت الملوحة ببطء في منطقة انتشار الجذور مع الزمن نتيجة تراكم الأملاح رغم إضافة معامل الغسيل وبدا ذلك واضحاً في المعاملة (S_2) التي ارتفعت فيها ملوحة التربة لتصل إلى 12 ديسيسيمنز/م في نهاية الموسم. وقد تميزت الذرة البيضاء صنف (ازرع 7) بكثافة جذرية جيدة وبتعمق جذري وصل إلى العمق (60-80 سم) لأعمق جذر في المعاملات S_1 و S_2 والى العمق (80-100) سم في المعاملة F (الشكل 1). وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في وزن الجذور بين المعاملات، حيث تفوقت المعاملة F (3.5 طن/هـ) على المعاملتين S_1 (2.3 طن/هـ)، وS_2(1.7 طن/هـ) على مستوى5 %، كما أظهرت النتائج تراجعاً معنوياً في طول الجذور للذرة البيضاء بزيادة الملوحة فقد تفوقت المعاملة F (1767 م/هـ) على المعاملتين S_1 (1246 م/هـ) و S_2 (913 م/هـ) على مستوى5 %.

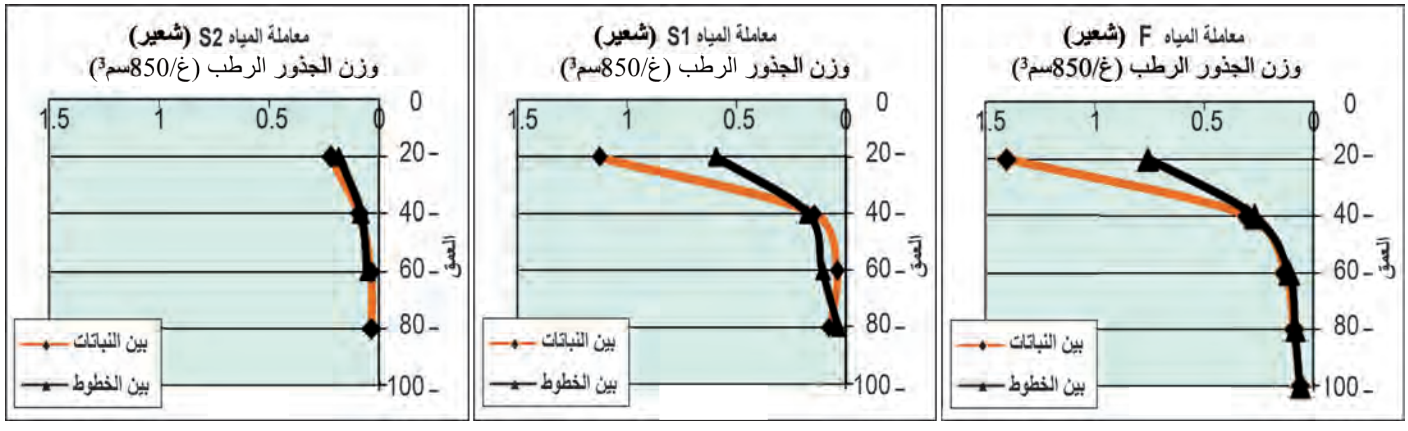
المؤشرات الإنتاجية لمحصول الذرة البيضاء:

الاستهلاك المائي وعلاقته بالمردود:

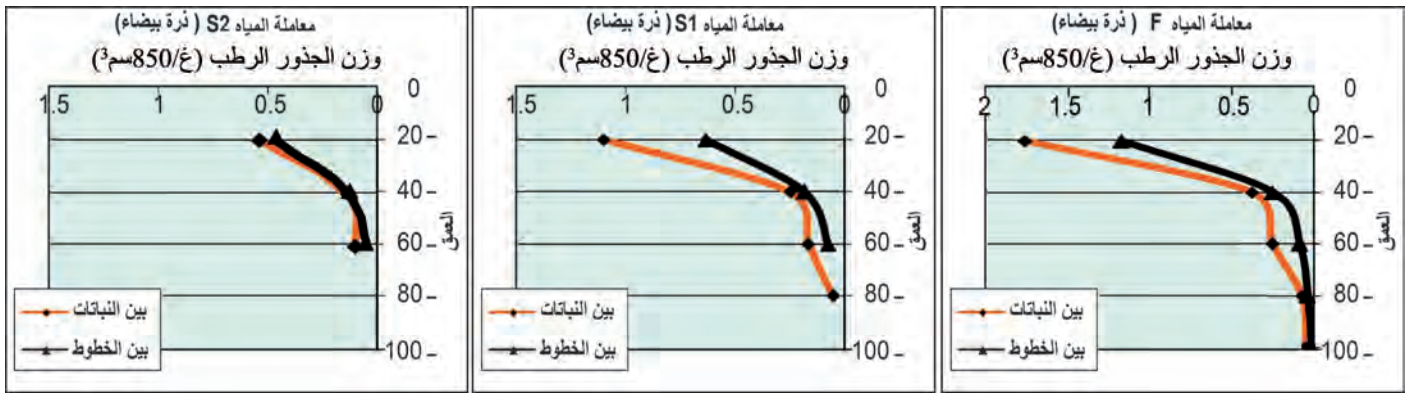
بلغ عدد سقايات الذرة البيضاء/11/ سقاية بمعدل وسطي مقداره(593.83 م^3/هـ) كمية صافية و(810.5 م^3/هـ) كمية فعلية للرية الواحدة وبكفاءة ري قدرها 67 % والفرق الناتج هو إضافة كمية مياه الغسيل، وبلغت كفاءة استخدام مياه الري للمعاملات المائية (علفاً أخضر)على النحو التالي(F =6.8 كغ/م^3، S_1= 4.29 كغ/م^3، S_2= 2.36 كغ/م^3).
والجدول رقم (4)، يبين الاستهلاك المائي لمحصول الذرة البيضاء.

مردود محصول الذرة البيضاء(علف أخضر طن/هـ):

يظهر الجدول (5) فروقاً معنوية في مردود المعاملات المائية في إنتاج العلف الأخضر عند مستوى دلالة 5 %.



الشكل رقم 1. العلاقة بين وزن جذور الشعير بين النباتات وبين الصفوف للمعاملات الثلاث بدلالة العمق.



الشكل رقم 2. العلاقة بين وزن جذور الذرة البيضاء بين النباتات وبين الصفوف للمعاملات الثلاث بدلالة العمق.

الجدول رقم 4. الاستهلاك المائي لمحصول الذرة البيضاء.

المعاملة المائية	الاستهلاك المائي (م^3/هـ)		المردود (طن/هـ)		المعدل الوسطي للسقاية العملية (م^3/هـ)	كفاءة الري (%)	عدد السقايات	كفاءة استخدام المياه (كغ/م^3)	
	صافي	كلي	أخضر	جاف				أخضر	جاف
F	6755	8272	56.3	23.9	752.0	67	11	6.8	2.9
S1	6550	9024	38.7	13.5	820.3			4.3	1.5
S2	6209	9776	23.0	7.5	859.2			2.4	0.8

الجدول رقم 5. مردود محصول الذرة البيضاء(علف أخضر طن/هـ).

المعاملة المائية	المردود (طن/هكتار)	L.S.D 0.01	L.S.D 0.05
F	56.3 A	10.5	17.5
S1	38.7 B		
S2	23.0 C		

* اختلاف الأحرف يعني فرقاً معنوياً عند مستوى دلالة 5 %.

مردود محصول الذرة البيضاء(علف جاف طن/هـ):

يظهر الجدول (6) فروقاً معنوية في مردود المعاملات المائية في إنتاج العلف الجاف عند مستوى دلالة 5 %.

الجدول رقم 6. مردود محصول الذرة البيضاء(علف جاف طن/هـ).

المعاملة المائية	المردود (طن/هكتار)	L.S.D 0.01	L.S.D 0.05
F	23.9 A	2.8	4.6
S1	13.5 B		
S2	7.5 C		

* اختلاف الأحرف يعني فرقاً معنوياً عند مستوى دلالة 5 %.

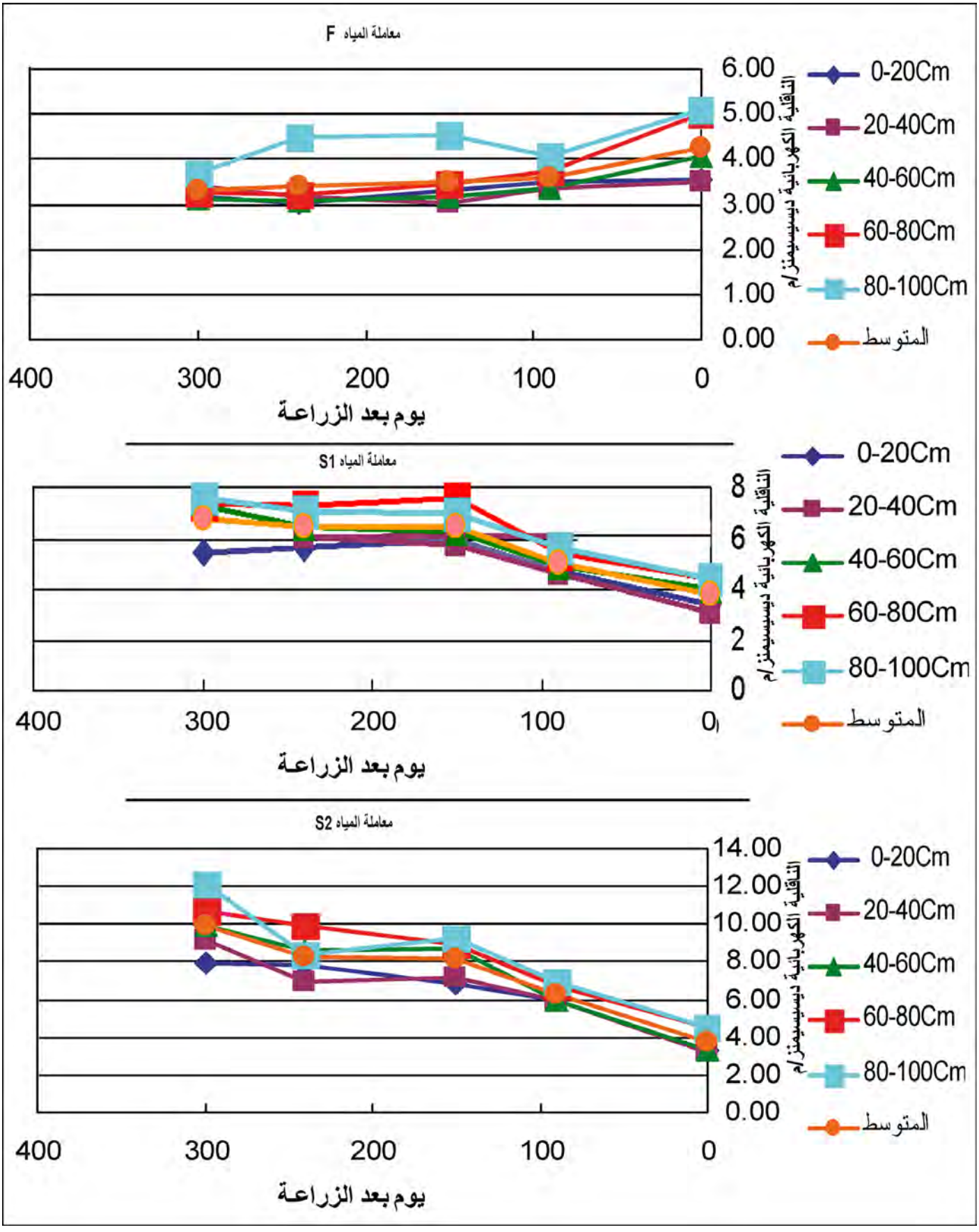
تأثير استخدام معاملات المياه المختلفة في الناقلية الكهربائية لعجينة التربة المشبعة (ECe) بالأعماق المحددة:

يبين الشكل رقم (3)، تأثير استخدام معاملات المياه المختلفة في الناقلية الكهربائية للعجينة المشبعة للتربة.

مناقشة النتائج

يعزى كل من Lauchil وزملاؤه (1975) و Jones (1981)تحمل الملوحة لحد ما من قبل الجذور إلى المقدرة على استبعاد أيون الصوديوم (Na^+)أو أيون الكلور (Cl^-) أوكليهما و منعهما من الوصول إلى النموات الخضرية من خلال آلية خاصة، ,هي إعادة طرح الصوديوم من الجذور إلى التربة مرة أخرى، أو قيام خلايا متخصصة من برانشيم الخشب بالامتصاص، ويتفق هذا مع ما توصل إليه Garcia و CHarbaji (1993) من حدوث تأثير ايجابي للتراكيز المنخفضة من ملح كلوريد الصوديوم في نمو المجموع الجذري لنباتات الشعير، كما لوحظ ارتفاع وزن الجذور بين النباتات مقارنة مع وزن الجذور بين الصفوف ويمكن أن يعزى ذلك إلى المسافة الأطول التي تقطعها الجذور بين الصفوف.

اقترح Cramer وزملاؤه (1985) أنّ تأثيرات الأملاح وخاصة ملح كلوريد الصوديوم NaCl في امتصاص المواد المستقلبة من قبل الجذور يمكن أن يفسر بعض تأثيرات الملح الرئيسة، حيث أنّ تراكيز NaCl المثبطة للنمو النباتي ترتبط بشدة مع تلك التي تثبط امتصاص المواد المستقلبة، وتنجم عموماً التأثيرات الضارة للملوحة عن التأثيرات الحلولية والسمية الأيونية ونقص العناصر المعدنية المغذية. ويؤدي وجود تركيز عالٍ من شوارد الصوديوم Na^+ في محلول التربة إلى تقليل كمية شوارد البوتاسيوم K^+ والمغنزيوم Mg^{+2} والكالسيوم Ca^{+2} المتاحة للامتصاص من قبل جذور النبات، أو نتيجة قيام شوارد الصوديوم باستبدال شوارد الكالسيوم في مواقع الارتباط في الأغشية السيتوبلاسمية مما يؤثر سلباً في خاصيتها الاصطفائية (Kurth وزملاؤه، 1986).



الشكل رقم (3). تأثير استخدام معاملات المياه المختلفة في الناقلية الكهربائية للعجينة المشبعة للتربة.

ويمكن أن يعزى نقصان وزن الجذور في التراكيز العالية من الأملاح في مياه الري إلى ما جاء به Levignerson وزملاؤه (1995) بأنه عندما يرتفع تركيز الأملاح الذائبة في محلول التربة فإن عدد جزيئات الماء الحرة والقابلة للحركة تصبح أقل، أي أن الجهد المائي يصبح أكثر سلباً ومن ثمّ فان الفرق في الجهد المائي بين الجذور و محلول التربة يصبح ضئيلاً جداً فتعجز الجذور عن امتصاص الماء. ويعزى زيادة تأثير الملوحة في جذور الذرة البيضاء إلى تعرضها بدرجة كبيرة لملوحة التربة في الأعماق الأخيرة بالإضافة لملوحة مياه الري.

يمكن أن يرجع تناقص متوسط وزن الحب الصافي تحت ظروف الإجهاد الملحي (للشعير) خاصة عند المستويات الملحية العالية إلى قلّة الماء المتاح خلال فترة امتلاء الحبوب، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة المنتقلة من المصدر (الأوراق والساق) إلى المصب (الحبوب)، لأنّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب، بالإضافة إلى قلّة كمية المادة الجافة المتاحة خلال فترة امتلاء الحبوب، بسبب تراجع كفاءة النبات التمثيلية تحت ظروف الإجهاد الملحي الشديد نتيجة الشيخوخة المبكرة للأوراق وازدياد المقاومة المسامية Stomata resistance وتوقف نمو الأجزاء الهوائية (العودة، 2005)، هذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه Conway، (2001) ؛ و Delan وزملاؤه (1982).

ويعزى التراجع في الغلة الحيوية (وزن النبات الكامل للشعير ووزن العلف الأخضر والجاف للذرة البيضاء) عند المستويات الملحية الأعلى إلى ما بينه Netondo وزملاؤه (2004) من أن الزيادة التدريجية في الحاجة إلى طاقة التحول الغذائي والتي تترافق مع الحاجة لمقاومة الملوحة وانخفاض الكمية المتحصل عليها من الطاقة تنعكس على تراجع معدل نمو النباتات، و حسب McCree (1986) و Netondo وزملاؤه (2004) فإنها ترجع إلى انخفاض معدل التمثيل الضوئي لكل وحدة من المساحة الورقية مما يسبب تراجع معدل صافي التمثيل الضوئي نتيجة تراجع كمية المادة الجافة المصنعة والمتاحة للنمو. ويمكن أن تعزى إلى التراجع في معدل التمثيل الضوئي Photosynthesis بسبب تراجع محتوى الخلايا النباتية المائي، حيث يعد الماء المعطي الأولي للالكترونات في سلسلة نقل الالكترونات، مما يؤثر سلباً في معدل انتقال الالكترونات، ومن ثمّ كمية المركبات الغنية بالطاقة (NADPH, ATP) المصنّعة خلال تفاعلات الضوء، مما يؤدي إلى تراجع في معدل تثبيت الكربون CO_2-fixation rate خلال تفاعلات الظلام في حلقة إرجاع الكربون الثلاثية. ويمكن أن يؤدي الجفاف الفيزيولوجي إلى تراجع الناقلية المسامية Stomatal conductance ، مما يؤثر سلباً في معدل انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون عبر المسامات أثناء عملية التبادل الغازي، ومن ثمّ كمية غاز الفحم المتاحة في مراكز التثبيت (Stroma) ضمن الصانعات الخضراء (الفاضل، 2007).

بين Sorrentin وزملاؤه ، (2002) أن التراجع الحاصل في الكتلة الحية عند النضج ينتج عن تراجع كفاءة النبات التمثيلية بسبب تقلص حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، وإن بلوغ أقصى درجات المقاومة للتراكيز العالية من الملوحة يكون كلما كانت المساحة الورقية متسعة أكثر، مما يؤثر سلباً في كمية الطاقة الضوئية الممتصة Intercepted light energy والمحولة إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية (السكريات) المصنّعة. أو يمكن أن تعزى أيضاً إلى ازدياد معدل فقد المادة الجافة بالتنفس بازدياد شدة الإجهاد الملحي، مما يؤثر سلباً في معدل صافي التمثيل الضوئي (الشيخ علي، 2006). وتتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه كلٍ من Mumtaz وزملاؤه (1997) و Luyuanfang (1999).

ويلاحظ وجود توافق بين النتائج السابقة للجذور والمردود وبين نتائج دراسة التأثير الناتج عن استخدام معاملات المياه الثلاث في الناقلية الكهربائية لعجينة التربة المشبعة (ECe) للأعماق المدروسة (0-20) (20-40) (40-60) (60-80) (80-100) سم على التوالي، فإننا نلاحظ من الشكل (3) أن استعمال المياه العذبة (F) في الري أدى إلى انغسال الأملاح من قطاع التربة، في حين ارتفعت ملوحة التربة للمعاملتين المائيتين S_2 و S_1، فقد أدى الري بالمعاملة الثانية S_1 (متوسطة الملوحة) إلى تراكم الأملاح وبلغت نسبة التراكم في نهاية الزراعة للعمق الأول 160.83 %، و للعمق الثاني 203.63 %، وللعمق الثالث 182.20 %، وللعمق الرابع 169.17 %، وبلغت نسبة التراكم للعمق الخامس في نهاية الموسم 171.20 %.

وقد أدى الري بالمعاملة الثالثة S_2 (عالية الملوحة) إلى تراكم الأملاح بنسبة كبيرة فقد تغيرت قيمة متوسط الناقلية الكهربائية للعجينة المشبعة للعمق الأول من 3.26 ديسيسيمنز/م في بداية الزراعة إلى 7.99 ديسيسيمنز/م في نهايـــة الزراعـــة وبلغت نسبة التراكـم في نهاية الزراعـــة 116.60 %، و للعمق الثاني 285.93 %، و للعمق الثالث 297.29 %، و للعمق الرابع 237.63 %، و بالنسبة للعمق الخامس بلغت نسبة التراكم في نهاية الموسم 266.37 %.

كما يلاحظ من النتائج الموضحة بالأشكال السابقة بأن معامل الغسيل (10 %) للمعاملة (F) (الري بمياه عذبة) ساهم في المحافظة على صلاحية التربة للزراعة ومنع تراكم الأملاح في أعماق التربة المختلفة، بينما معاملي الغسيل (20 % ، 30 %) لكل من المعاملات S_1 (متوسطة الملوحة) و S_2 (عالية الملوحة) على التوالي سببت تراكم الأملاح لحد معين في الأعماق الثلاثة الأول و يلاحظ وجود زيادة كبيرة في نسبة التراكم في العمق الرابع (60-80) سم والعمق الأخير (80-100) سم وذلك يعود لزيادة تركيز أيوني الصوديوم والكلور في هذين العمقين، نتيجة انغسال أيوني الصوديوم

والكلور من الآفاق العلوية لتتجمع في الأعماق السفلية تحت تأثير مياه الغسيل وهذه النتيجة تتفق مع ما جاء به و Jurinak وزملاؤه (1990).

نستنتج من ذلك ما يلي:

1. لوحظ مقاومة المجموع الجذري لمحصول الشعير وزناً وطولاً لازدياد شدة الإجهاد الملحي في محلول التربة لحد معين.
2. تأثر المجموع الجذري لمحصول الذرة البيضاء وزناً بالتأثير المشترك للوحة مياه الري والتربة، وكانت هناك فروقات معنوية بالنسبة للطول بازدياد نسبة الملوحة.
3. تحمل محصول الشعير بشكل جيد لارتفاع نسبة الأملاح في مياه الري وذلك لحد معين حيث لوحظ تفوق المردود في المعاملة S_1 (6 ديسيسيمنز/م) معنوياً على مستوى 5 %على المعاملة S_2 (12 ديسيسيمنز/ م).
4. انخفض مردود محصول الذرة البيضاء بازدياد ملوحة مياه الري حيث كان 100 % عند الري بمياه عذبة وانخفض الى 69 % عند الري بمياه ملوحتها 6 ديسيسيمنز/م والى 40 % عند الري بمياه ملوحتها 12 ديسيسيمنز/م.

يقترح استبعاد الري بمياه عالية الملوحة نظراً لانخفاض المردود وتأثيرها السلبي في منطقة انتشار الجذور إلا في الحالات التي نرغب فيها دراسة تحمل الملوحة وتحديد عتبة تحمل الملوحة وانخفاض المردود بزيادتها عن العتبة الملحية. و تحديد العتبة الملحية للمحصولين المدروسين، ومستوى الملوحة الذي ينعدم عنده المردود. و التأكيد على إضافة معامل الغسيل المناسب لكل معاملة للحصول على مردود جيد وتجنب تراكم الأملاح في منطقة انتشار الجذور في التربة. والاستمرار في البحث عن تأثيرالملوحة في الصفات الجذرية المدروسة.

المراجع

خوري، جان . 1996. الموارد المائية المتاحة للوطن العربي في مطلع القرن الـ 21 مجلة الزراعة والمياه (العدد السادس عشر – أيلول) أكساد ، صفحة 65 – 97.

الشيخ علي، رؤى .2006. تطوير تقانة غربلة سريعة لتحمل الإجهاد الملحي في القمح. رسالة ماجستير قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.

الشحاذة العودة، أيمن. 2005. بعض الرؤى الفيزيولوجية لتحسين غلة محصول القمح الحبية ضمن الظروف البيئية المناسبة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد(21)، العدد (2) الصفحات: 37-50.

الفاضل، عبد الإله. 2007. تقويم وانتخاب بعض طرز القمح الطري (*Triticum aestivum* L.) ضمن ظروف الإجهاد الملحي. رسالة ماجستير قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.

Abdelgawad, G., A. Arslan, A. Gaibeh and F. Kadouri1. 2002. salinity changes in lysimeters cultivated by wheat, corn, cotton and vetch in crop rotation by using different irrigation water qualities 18th ICID Congress on Irrigation and Drainage 21-28 July 2002, Montreal, Canada WSp 12.

AL-Anni, A. K. 1975. Interaction of soil salinity and nitrogen on wheat using two sources of nitrogen fertilizers. M. Sc. Thesis, Baghdad Univ.

AL- Rahmani H.F., AL-Hadith, T. R., Younis,M. N. and Jawad, J.M. 1988. Effect of salinity on germination, growth and plasma membrane permeability of barley, wheat and safflower.AL-astath 1:2.

Ayers, R. S. and Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrig. and Drainage, Paper 29, Rev. 1. FAO, Rome.

Best, K. F., Banting, J.D. and Bowes, G. G. 1978. The biology of Canadian weeds. 31. Hordeum jubatum L. Can. J. Plant Sci., 58: 699-708.

Blum, A. and Johnson, J. W. 1992. Transfer of water from root into dry soil and the effect on wheat water relations and growth. Plant Soil 145:141- 9.

Conway, T. 2001. Plant materials and techniques for brine site reclamation. Plant Materials Technical Note, NO 26. USDA Natural Resources Conservation Service. Manhattan Plant Materials Center.

Cramer, G.R., Lauchli, A. and Polito,V.S. 1985. Displacement of Ca^{+2} by $Na^{+}1$ from the plasmalemma of root cell: a primary response to stress? Plant Phisiology 79:207- 211.

Francois, L. E., Mass, E. V., Donovan, T. J. and Youngs, V. L. 1986. Effect of salinity on

and development. Published by Atmaran and sons, Kashmeere Gate. Delhi,110006, P.489-514.

Kurth, E.; Cramer, G.R.; Lauchli, A. and Epstien, E. 1986. Effect of NaCl and CaCl2 on cell enlargement and cell production in cotton roots. Plant Phisiology 82:167-175.

Lauchli, A., Kramer, D., Pitman, M. G. and Luttge ,U. 1974. Ultrastructure of xylem parenchyma cells of barley roots in relation to ions transport to the xlem. planta 119,85-99.

Lauchli, A. 1975. Function of the root in relation to the structural aspects and localization of ions, Botanical Congr. Leningrad.48,118-124.

Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P. Casse-Delbart, F. 1995. Les plants face au stress saline. Chaires Agricultueres, 4:263-273.

Lu-Yuanfang, LU. YF. 1999. Effect of seed soaking with PP333 on the growth and salt resistance of Sorghum seedlings. Plant Physiol. Communication .35:3, pp. 195-197, Shandong, China.

Malibari, M. 1993. Effect of salinity on germination and growth of alfalfa, sunflower and sorghum. Pakistan .J.of Botany.25:2, 156-160.

Marsh, b. Ab. 1971. Measurment of length in random arrangements of lines,J.Appl.Ecole.,8:265-267**.**

McCree, J. K. 1986. Whole-plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stress. Aust. J. Plant Physiol. 13:33–43.

Mumtaz, S., Nagvi, S. S. M., Shreen, A. and Khan, M.A. 1997. Salinity stress and the senescence process in wheat [*Triticum aestivum* L.]. Pakistan J. of Botany Pakistan.Vol. 299-303.

Munns, 1993. Physiological processes limiting plant growth on saline soils: Some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16:15-24.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. Volume 25, Issue 2. pp 239.

Netondo, G. W., J. C. Onyango and E. Beck. grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. .1058-Agronomy Journal 78: 1053

Garcia, M.; Charbaji, T. 1993. Effect of NaCl on cation equilibrium in grape vine, J. of Plant Nutri.16: 22252237-.

Glenn,E. P. and O·Leary, J. W. 1996. Relationship between salt accumulation and water content of dicotyledenous halophytes. Plant,Cell and Environment 7:253261-**.**

Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 31:149–190

Head, G. C. 1966. Estimating seasonal changes in the quantity of white unsuberized root on fruit trees,J.Hortic.Sci.41:197 -206 .

International Center for Biosaline Agriculture (ICBA) 2000. Web Site of international Center for Biosaline Agriculture, Islamic Development Bank, 2000.

Jana, S.; Lieth, H.(ed.); Al-Masoom, A. A. 1993. A practical approach to improve salinity tolerance in winter cereals. Towards the rational use of high salinity tolerant plants. V.2 Agri. and Forestry under marginal soil water conditions. Proceedings of the ASWAS Conference, 8-15 December 1990, Al Ain, United Arab Emirates.1993,35-44.

Jones, R.G.W. 1981. Salt tolerance. In: C.B. Jonson(ed) "Physiological Processes Limiting Plant Productivity". Butterworth, London. Pp.271-292.

Jurinak , J. J and D. L. Suarez . 1990. The chemistry of salt – affected soils and water . In : Agricultural Salinity Assessment and Management Manual . K.K. Tanji (ed.) ASCE , New York . PP . 42 – 63 .

Katembe, W. J.;Ungar, I. A. and Mitchell, J. P. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two Triplex species. Annals Botany82:1102-1106.

Krishnamoorthy, 1993. Physiology of plant growth

and net photosynthetic rates, stomatal conductance and Na+ and Cl- contents in Durum Wheat Biologia. Plantarum [Czech Republic].V.38:4P.519-523.

Suhayda, C. G., Redmann, R. E., Harvey, B. L. and Cipywnyk, A. L. 1992. Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity strees and calcium supply. Crop Sci., 32:154-163.

Sorrentino, G.; Giorio, P. ; Soprano, M. ; Lavini, A.; Martorelia, A. 2002. Effect of saline stress on leaf water status and photosynthetic capacity of pepper (*Capsicum annum* L.). Scientific Meeting of Italian Horticultural Soci.V.2P.473-474.Italy.

Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length, J.Ecol. 63: 995-1002.

Van Horn, J.W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seeding growth and its effect on several crops Agric. Water Manage. 20:17-28.

Volkamar, K. M., Hu, Y. and Steppuhn, H. 1998. Physiological responses of plant to salinity : A Review. Can. J. Plant Sci., 78:19-27.

Yeo, A. R. 1983. Salinity resistance: Physiologies and prices. Physiol. Plant, 58:214-222.

Zhong, G.Y. and Dvorak, J. 1995. Evidence for common genetic mechanisms controlling the tolerance of sudden salt stress in tribe Triticeae. Plant Breeding, 114: 297-302.

كلمة شكر:

يعد هذا البحث إحدى ثمار المشروع الإقليمي "توفير مياه عذبة مع إنتاج أعلاف متحملة للملوحة في منطقة غرب آسيا وشمال أفريقيا: فرصة لزيادة دخل الفقراء في الريف" الممول من قبل الصندوق الدولي للتنمية الزراعية (IFAD) والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي (AFESD) وصندوق OPEC للتنمية الدولية (OFID) والمركز الدولي للزراعة الملحية (ICBA) والهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (GCSAR) في سورية.

******

2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Sci. 44:806–811.

Norlyne, J. B., Epstein, E. 1982. Barly production irrigation with seawater on coastal soil. Plenum, Press, NewYork. P, 525-529.

Olsen, S.R., Colle, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium carbonate. U.S. Department of Agriculture circular 939.

Pearson, G., Ayers, A. D., Eberhard, D. L. 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. Soil Sci, 102, 151-156.

Pinter P. J. and Replogle J. A. 1989. Use of saline drainage water for irrigation : Imperial Valley study . Agric. Water Mgmt. 16: 25 – 36 .

Rawson, H. M., Richards, R. A. and Munns R. 1988. An examination of selection criteria for salt-tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. Australian Journal of Agricultural Research 25, 759-772.

Renault, S., Mackinnon, M. and Qualizza, C. 2003. Barley, a potential species for initial reclamation of Saline Composite Tailings of oil sands. Technical reports. Plant and Environment interaction. J. Environ. Qual. 32:2245-2253.

Rhoades J. D., Bingham F. T., Letey J., Hoffman G. J., Dedrick A. R., Rhoades J.D. and Dinar A. 1991. Reuse of agricultural drainage water to maximize the beneficial use of multiple water supplies for irrigation. In: The Economics and Management of water and Drainage in Agriculture. A.Dinar and D. Zilberman (eds). Kluwer Academic Publ.pp. 99 – 115 .

Rolston D. E., Rains D. W., Biggar J. W. and Lauchli A. 1988. Reuse of saline drain water for irrigation . Paper presented at UCD/INIFAP Conf. Guadalajara, Mexico. March 1988.

Sharma, 1996. Soil salinity effects on transpiration