التوازن الملحي في الترب المروية بمياه مالحة في ظروف زراعة محصول الذرة الصفراء

احمد حيدر الزبيدي* عبد الكريم حسن عذافة** قتيبة محمد حسن***

الملخص

نفذت تجربة حقلية في محطة أبحاث الوحدة 35 كم جنوب شرقي بغداد في الموسم الخريفي 2002، وتضمنت زراعة محصول الذرة الصفراء صنف بحوث 106 باستعمال أربعة مستويات للملوحة مياه الري: 1.2، 2.5، 5.0 و7.5 ديسي سيمنز.$^{-1}$ ورمز لها S_1، S_2، S_3 وS_4 على التوالي. ومستويين من متطلبات الغسل 0.15 و0.25 ورمز لهـا L_2 وL_1 على التوالي، وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (RCBD) وبأربعة مكررات. ثبتت مواعيد تكرار الري عند فقدان 50% من الماء الجاهز في التربة. تمت مراقبة ملوحة التربة وتركيز الايونات الموجبة والسالبة في بداية ونهاية مدة نمو المحصول وخلالها وذلك بجمع عينات التربة لكل 25 سم ولعمق 100 سم من المقد. وتم في نهاية موسم النمو تقدير حاصل الحبوب والمادة الجافة. كما استعمل برنامج SALTMED للتنبؤ بملوحة التربة والحاصل ولمختلف المعـاملات بعد توفير البيانات الأساسية المتعلقة بالمناخ والتربة والمحصول والري كمدخلات أساسية للبرنامج.

أشارت النتائج إلى إن هناك انخفاضا معنويا لحاصل الحبوب في المعاملات التي استخدمت فيها مياه الري المالحة بنسبة 13.8، 22.5 و47.8% للمستويات S_2، S_3 وS_4 على التوالي بالمقارنة مع S_1. وبلغ أعلى معـدل للحاصـل 5.34 طن. هـ$^{-1}$ للمعاملة S_1L_2 وانخفض إلى 2.56 طن. هـ$^{-1}$ عند المعاملة S_4L_1. انخفض حاصل القش بمقـدار 38.5% عند زيادة مستوى ملوحة مياه الري من S_1 إلى S_4. وتفوق المستوى L_2 الذي حقق معدل حاصل حبـوب 4.17 طن. هـ$^{-1}$ على المستوى L_1 الذي حقق 3.82 طن.هـ$^{-1}$. بلغت قيمة الحاصل النسبي للحبوب 97.7% عند المستوى S_1 بينما كانت 51.24% للمستوى S_4. بلغت قيم ملوحة التربة ومياه الري التي حصل عندها حاصل نسبي 100% 4.12 و4.59 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ للمستويين L_1 وL_2 على التوالي. وفر المستوى S2 11% من مياه النهر مع انخفاض الحاصل النسبي بمقدار 13.68%. بينما وفرت المعاملتان S_3L_2 و S_4L_2 (29.8 و49.8%) من مياه النـهر ورافق ذلك انخفاض الحاصل النسبي بنسب 24.72 و49.07% على التوالي، وبذلك فقد حققـت المعاملـة S_4 L_2 حاصلا اقتصاديا بحدود 50% مع توفير 50% من مياه النهر.

إما بالنسبة لاختبار برنامج SALTMED فقد عكست مخرجات البرنامج تأثير المعاملات المختلفة في ملوحة التربة خلال الأعماق المدروسة. وتمكن البرنامج من التنبوء بالتغييرات التي حصلت في حاصل الحبوب، تبين من خـلال تقويم كفاءة البرنامج إن هناك توفقا جيداً بين قيم ملوحة التربة المقدرة وتلك المحسوبة من البرنـامج، إذ بلـغ معـدل الاختلاف السلبي 5.95% للعمق 0-100 سم، واعتمدت العلاقات الخطية لمقارنة قيم حاصل الحبوب المقدر عمليـاً والمحسوب من البرنامج. تحقق أفضل تمثيل لهذه العلاقة من خلال قيم معامل التحديد (R^2) العالية نسبياً، بالإضـافة إلى حساب النسبة المئوية للاختلافات بين القيمتين المقدرة والمحسوبة من البرنامج والتي بلغت 10.42%، كمـا أعطـت مستويات متطلبات الغسل فروقاً بين هذه القيم.

جزء من أطروحة دكتوراه للباحث الثاني.

* كلية الزراعة– جامعة بغداد– بغداد، العراق.

** الهيئة العامة للبحوث الزراعية– وزارة الزراعة – بغداد، العراق.

*** وزارة الزراعة– بغداد، العراق.

المقدمة

تواجه العديد من دول العالم مشاكل رئيسة عديدة لعل أهمها مشكلة شحه المياه. وازدادت هذه المشكلة خلال السنوات الأخيرة ومن المتوقع تعاظمها لأسباب عديدة. أهمها زيادة سكان العالم، لذلك كرست جهود كبيرة لدراسة إمكانية استخدام المياه الجوفية ومياه البزل كمصادر تكميلية في الزراعة. تبذل جهود كبيرة لتحديد إستراتيجية الاستخدام الطويل الأمد للمياه المالحة وتأثيرها في الحاصل والتي تعتمد على نوعية مصادر المياه وتيسرها وإدارتها. وضمن هذا المفهوم فهناك عدة إجراءات وأساليب يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار لتحقيق الاستخدام الآمن للمياه بالنسبة للزراعة والبيئة (13) كما لابد من العمل على زيادة كفاءة استخدام الموارد المائية بدرجة كافية لسد الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية الاقتصادية. يهدف البحث تحقيق حالة توازن ملحي مناسب عند استخدام المياه المالحة للري في ظروف الزراعة الكثيفة (ماش– حنطة– ماش ثم ذرة صفراء)، واختبار بعض البرامج الرياضية وتقنيات المحاكاة ومنها برنامج **SALTMED** للتنبؤ بتأثير استخدام المياه المالحة في التربة والمحصول الزراعي على الأمد القريب والأمد البعيد لتحقيق الاستعمال الآمن للمياه المالحة للري.

المواد وطرائق البحث

نفذت التجربة في محطة أبحاث الوحدة 35 كم جنوب شرقي بغداد الموسم في 2002/7/22، يتوفر في المحطة شبكة من المبازل المغطاة تصب في بزل مجمع ثانوي الذي ينقل مياه البزل إلى بزل رئيس خارج المحطة. تغذي المحطة قناة رئيسة تنقل مياه نهر دجلة إلى القنوات الفرعية فيها.

بعد الإنتهاء من زراعة محصولي الحنطة والماش، هيئت ارض التجربة بعد حراثتها وتنعيمها وتقسيمها إلى أربعة قطاعات رئيسة، يتضمن كل قطاع ثمانية ألواح أبعادها 3x6 م مع ترك مسافة 2م بين الألواح و3م بين القطاعات للسيطرة على الحركة الأفقية للماء والأملاح. يوضح الجدول (1) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة التجربة، تضمنت معاملات التجربة الري بأربعة مستويات لملوحة مياه الري وهي 1.2 (مياه النهر) و2.5 و5.0 و7.5 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ ورمز لها S_1، S_2، S_3 وS_4. حضرت المستويات من مزج مياه النهر مع مياه البزل (12 ديسي سيمنز.م^{1}) واعتماد المعادلة الآتية (7).

$$EC_1 = [EC_a \times a] + [EC_b(1-a)]$$

إذ أن:

EC_1 = التوصيل الكهربائي المطلوب الحصول عليه لمياه الري.

EC_a = التوصيل الكهربائي لمياه النهر.

a = نسبة مياه النهر في المزيج.

EC_b = التوصيل الكهربائي للمياه المالحة (مياه البزل).

والجدول (2) يوضح بعض الصفات الكيميائية لمياه الري.

كما تضمنت التجربة مستويين لمتطلبات الغسل وهما 0.15 و0.25 التي رمز لهما L_2 وL_1 حسبت متطلبات الغسل من خلال المعادلة الأتية المعتمدة من قبل Rhoades (17):

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}} \times \frac{1}{f}$$

إذ أن:

f = معامل كفاءة الغسل واعتمدت القيمة 0.6 الخاصة بترب وسط العراق (9).

EC_{iw} = التوصيل الكهربائي لمياه الري (ديسي سيمنز.م$^{-1}$).

EC_e = التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة (ديسي سيمنز.م$^{-1}$).

جدول 1: بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة التجربة

الصفات	الوحدات	أعماق التربة (سم)			
		25-0	50-25	75-50	100-75
التوصيل الكهربائي (EC_e)	ديسي سيمنز.م$^{-1}$	6.7	9.2	10.6	8.4
درجة التفاعل (pH)	-	7.8	7.9	7.9	7.8
الكالسيوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	23.4	30.3	33.6	28.4
المغنيسيوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	17.6	26.5	38.3	23.7
الصوديوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	19.1	29.4	41.2	32.8
البوتاسيوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	0.2	0.2	0.2	0.1
الكلوريد	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	26.9	31.4	41.7	24.2
الكبريتات	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	32.1	49.7	68.3	57.1
البيكاربونات	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	3.1	2.5	2.0	1.5
الكاربونات	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	Nill	Nill	Nill	Nill
نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)	-	4.2	5.5	6.8	6.4
السعة التبادليةالكيتونية (CEC)	سنتمول. كغم$^{-1}$	27.8	28.1	28.7	27.1
الكلس	غم. كغم$^{-1}$	287.1	297.6	287.3	314.4
الجبس	غم. كغم$^{-1}$	5.6	4.7	4.6	5.1
الكثافة الظاهرية	ميكاغرام. م^{3}	1.43	1.45	1.48	1.52
الرمل	غم. كغم$^{-1}$	72.8	91.8	40.9	267.1
الغرين	غم. كغم$^{-1}$	421.0	433.7	381.3	452.2
الطين	غم. كغم$^{-1}$	506.2	474.5	577.8	280.7
النسجة	-	SiC	SiC	C	CL
نسبة الرطوبة عند الإشباع	%	51.32	50.63	55.21	53.12
نسبة الرطوبة عند 3/1 بار	%	34.2	32.36	33.17	30.24
نسبة الرطوبة عند 15 بار	%	13.62	12.41	12.45	11.38

جدول 2: بعض الصفات الكيميائية للمياه المستعملة للري

الصفات	الوحدات	مستويات ملوحة مياه الري			
		S1	S2	S3	S4
التوصيل الكهربائي (EC)	ديسي سيمنز. م$^{-1}$	1.2	2.5	5.0	7.5
درجة التفاعل (pH)	-	7.7	7.6	7.4	7.4
الكالسيوم	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	3.6	6.4	10.6	12.8
المغنيسيوم	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	4.4	10.6	14.8	20.2
الصوديوم	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	4.1	12.3	23.4	39.4
البوتاسيوم	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	0.1	0.2	0.2	0.4
الكلوريد	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	9.1	22.3	36.2	52.6
الكبريتات	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	1.8	5.8	10.2	17.2
البيكاربونات	ملي مول. شحنة. لتر$^{-1}$	1.7	2.0	2.3	2.7
نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)	-	2.05	4.22	6.57	9.7
تصنيف مختبر الملوحة الامريكي USDA		C_3-S_1	C_4-S_2	C_4-S_2	C_4-S_3

زرعت بذور محصول الذرة الصفـــراء صنف بحوث 106 (Zea mays.L.) بتاريخ 2002/7/22 بمعدل ثلاث بذور في الجورة، وبمسافة 25 سم بين جورة وأخرى و50 سم بين خط وأخر. أضيفت الأسمدة بمستوى 180كغم P_2O_5. هـــ$^{-1}$ من السماد الفوسفاتي (داب) و200كغم N. هـــ$^{-1}$ بشكل يوريا.

جمعت العرانيص عند نضج المحصول بتاريخ 2002/11/2 وجففت هوائيا كما قطع الجزء الخضري وجفف وتم وزنه. أخذت عينات تربة عند بداية ونهاية كل موسم ولعمق 100 سم ولكل 10 سم ونصبت آبار مراقبة في لوح واحد لكل معاملة لمتابعة عمق وملوحة الماء الأرضي. قدر التوصيل الكهربائي والايونات الموجبة والسالبة (19) وحسبت الاحتياجات المائية للمحصول خلال مدة تنفيذ التجربة من خلال تطبيق المعادلة الآتية (20):

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

إذ أن:

ET_c = الاستهلاك المائي للمحصول خلال مدة معينة (ملم).

ET_0 = الاستهلاك المائي المرجعي (ملم).

K_c = معامل المحصول.

حسبت قيمة ET_0 من خلال تطبيق معادلة بينمان (10) باعتماد البيانات المناخية لمدة اثنتي عشرة سنة التي سبقت موعد تنفيذ التجربة. بلغت قيمة ETc 673.6 ملم. حسبت الاحتياجات المائية الكلية بعد إدخال مستويات متطلبات الغسل (L_1 و L_2) من خلال المعادلة الآتية (2):

$$FIR = \frac{ET_c}{(1-LR)E_i}$$

إذ أن:

FIR = الاحتياجات المائية الكلية.

LR = متطلبات الغسل.

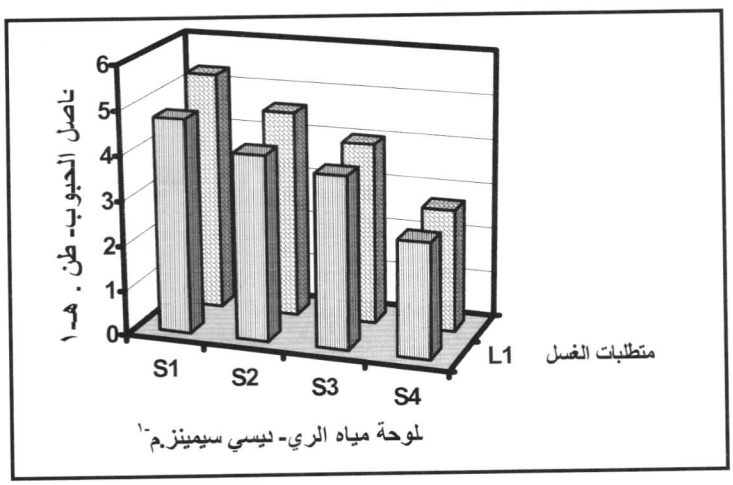
Ei = كفاءة إضافة الماء.

بلغت قيمة FIR في هذه التجربة 932.32 ملم و1056.32 ملم للمستويين L_1 و L_2 على التوالي. حددت مواعيد وكميات مياه الري من خلال تثبيت أجهزة قياس الشد الرطوبي (Tensiometer) في لوحين من كل معاملة فضلاً عن استعمال الطريقة الوزنية قبل الري وعلى أساس فقدان 50% من الماء الجاهز.

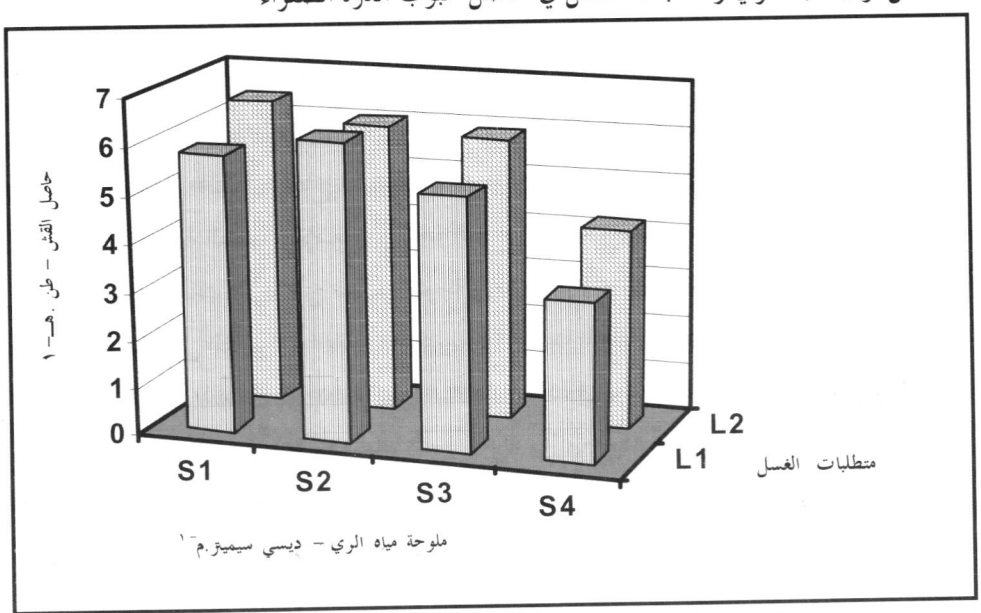
تم تشغيل برنامج SALTMED (15) في هذا البحث بهدف إجراء تكامل عمليات إدارة التربة والمياه والمحصول، مما يجعله قابلاً للتطبيق لمحاصيل مختلفة ولترب متنوعة ولأنظمة ري متعددة، كما يهدف البرنامج إلى برمجة التوازن المائي والملحي في الحقل والتنبؤ بالتأثيرات الطويلة الأمد لاستعمال المياه المالحة في التربة على المحصول. يمكن للبرنامج عكس تأثير كل من نظام الري ونوع التربة ومستوى ملوحة مياه الري في توزيع ملوحة ورطوبة التربة ومتطلبات الغسل وإنتاجية المحصول. يحتاج تطبيق البرنامج إلى البيانات المناخية التي تتضمن معدلات درجات الحرارة الصغرى والعظمى والرطوبة النسبية والإشعاع وسرعة الرياح والتبخر ومعدلات الأمطار وعدد ساعات سطوع الشمس. كما يحتاج إلى بيانات التربة التي تتضمن ملوحة ورطوبة طبقات التربة المدروسة وسمكها ونسجتها وقيم الايصالية المائية المعتمدة على التقديرات الحقلية والمختبرية، والبيانات المتعلقة بنظام الري التي تشمل كميات مياه الري المضافة وملوحتها، وبيانات المحصول التي تعتمد على البيانات الواردة في منشورات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (18، 20) والمتضمنة قيمة Ke وهو عامل تبخر التربة وKcb وهو معامل المحصول الأساسي و$\pi 50$ وهو قيمة ملوحة التربة التي يحدث عندها انخفاض 50% من الحاصل النسبي للمحصول. يحتاج تشغيل البرنامج إلى أقصى ارتفاع للنبات وأعماق الجذور ومراحل النمو ومواعيد الزراعة والحصاد.

النتائج والمناقشة

يبين الشكل (1) تأثيرا لتداخل بين مستويات ملوحة مياه الري ومتطلبات الغسل في حاصل حبوب الذرة الصفراء. لقد بلغ معدل الحاصل 5.34 طن. هـ$^{-1}$ للمعاملة S_1L_2 وانخفض إلى 2.56 طن. هـ$^{-1}$ عند المعاملة S_4L_1. كما حدث انخفاض نسبي مقداره 13.8، 22.53 و47.82% للمستويات S_2، S_3 وS_4 على التوالي بالمقارنة مع معاملة الري بالمياه العذبة. سجلت نتائج مماثلة بحدوث انخفاض حاصل حبوب الذرة الصفراء بنسبة 31% عند استعمال مياه ري ملوحتها 5.1 ديسيسيمتر.م$^{-1}$ بشكل مستمر (5). حصل انخفاض في حاصل الذرة الصفراء بمقدار 30.9، 42.0 و53.4% عند ملوحة مياه الري 3، 4 و5.7 ديسي سيمتر.م$^{-1}$ على التوالي (3). حققت مستويات متطلبات الغسل في هذه الدراسة فروقاً معنوية حيث تفوق المستوى L_2 الذي حقق معدل حاصل 4.17 طن.هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع L_1 الذي بلغ معدل حاصل الحبوب عنده 3.82 طن.هـ$^{-1}$. يعزى تأثير الملوحة في نمو المحصول من خلال تأثيرها في عملية التركيب الضوئي واضطراب التوازن الغذائي، فضلاً عن تأثيرها في عملية الانقسام الخيطي للخلايا. كما تؤثر الملوحة على عدد الخلايا المنقسمة وإطالة المدة اللازمة للانقسام (11). يظهر من الشكل (2) تأثير نوعية مياه الري ومتطلبات الغسل في حاصل قش نباتات الذرة الصفراء.



شكل 1: تداخل نوعية مياه الري ومتطلبات الغسل في حاصل حبوب الذرة الصفراء



شكل 2: تداخل نوعية مياه الري ومتطلبات الغسل في حاصل قش الذرة الصفراء

حدث انخفاض نسبي في حاصل القش مقداره 38.5% عند المستوى S_4 بالمقارنة مع S_1. بينما لم تكن هناك فروق معنوية بين المستويات S1 وS2. مما يؤكد ما توصلت إليه إحدى الدراسات التي أشارت إلى عدم وجود فروق معنوية في قيم حاصل القش بين مستويات ملوحة مياه الري 1.2 و3.0 ديسي سيمنز.م$^{-1}$، بينما سجلت فروق معنوية عند ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي لمياه الري المستعملة إلى 6 و 9 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ (4).

تأثرت قيم الحاصل النسبي بمستويات ملوحة مياه الري، فقد تراوحت هذه القيم بين 97.7%عند المستوى S_1 و51.24% عند المستوى S_4. لوحظت مثل هذه النتائج في إحدى الدراسات التي أشارت إلى إن هناك انحداراً خطياً لحاصل الذرة الصفراء مع زيادة ملوحة مياه الري (8)، إن ميل هذا الانحدار كان بنسبة 2.7% بالنسبة للحاصل الكلي، بينما كان بنسبة 8.7% بالنسبة لحاصل العرانيص. حققت مستويات متطلبات الغسل المستخدمة فروقاً معنوية، حيث تفوق المستوى L_2 على المستوى L_1. وأعطى تداخل مستويات ملوحة مياه الري ومتطلبات الغسل فروقاً معنوية إذ بلغ أعلى متوسط للحاصل النسبي عند المعاملة S_1L_1 (89.51%) واقل متوسط عند المعاملة S_4L_1 (47.94%) بالمقارنة مع المعاملة S_1L_2 التي تمثل الحاصل النسبي 100%. تشير هذه الفروق إلى دور المستويات الملائمة لمتطلبات الغسل في توفير وسط ملائم وتوازن ملحي مناسب لنمو وانتشار المجموع الجذري، وهذا يتفق مع ما أشار إليه Gilani وجماعته (12) حول اختلاف قيم عتبة تأثير الملوحة في محصول الذرة الصفراء باختلاف متطلبات الغسل التي بلغت 3.99، 4.02 و3.83 ديسي سيمنز. م$^{-1}$ باستخدام مستويات متطلبات الغسل 0، 0.15 و0.30 على التوالي. ويلاحظ في الجدول (3) قيم التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة وقيم التوصيل الكهربائي لمياه الري التي تتحقق عندها نسب الحاصل النسبي 100,90,75,50,25,0 % عند مستويات متطلبات الغسل L_1 وL_2 المحسوبة من خلال المعادلة المقترحة من قبل Mass وHoffman (14)، حيث تعكس هذه المعادلة العلاقة بين هذه المؤشرات او المعايير والحاصل النسبي.

$$Y = 100 - b\,(ECe - a)$$

إذ أن:

Y = الحاصل النسبي.

b = الميل.

a = عتبة تأثير الملوحة في الحاصل.

ومن الجدول يظهر إن الحاصل النسبي قد تحقق عند قيم ECe وECiw تختلف عن القيم المقترحة من قبل Mass وHoffman (14) لهذا المحصول وتعزى هذه الاختلافات إلى اختلاف الظروف المناخية وصفات التربة واختلاف أصناف المحصول.

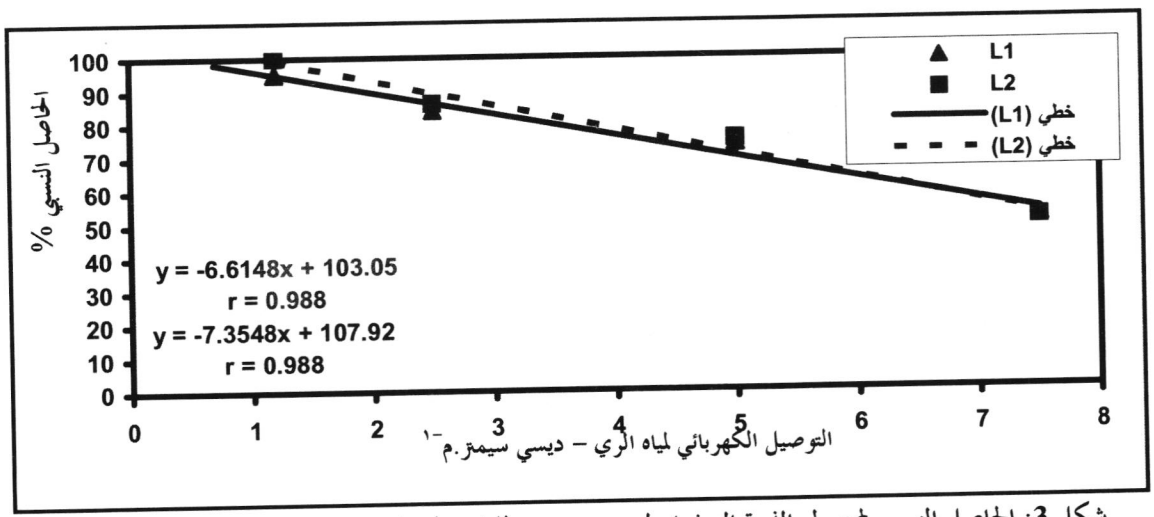
جدول 3: قيم التوصيل الكهربائي لمياه الري والتربة التي تتحقق عندها مستويات مختلفة من الحاصل النسبي لمحصول الذرة الصفراء

المعاملة	الحاصل النسبي لحبوب الذرة الصفراء %											
	0		25		50		75		90		100	
	EC_{iw}	EC_e	EC_{iw}	EC_e	EC_{iw}	EC_e	EC_{iw}	EC_e	EC_{iw}	EC_e	EC_{iw}	EC_e
L_1	15.59	19.02	11.80	15.30	8.02	11.58	4.24	7.25	1.97	5.61	0.46	4.12
L_2	14.67	17.33	11.27	14.15	7.87	10.96	4.47	7.88	2.44	5.86	1.07	4.59

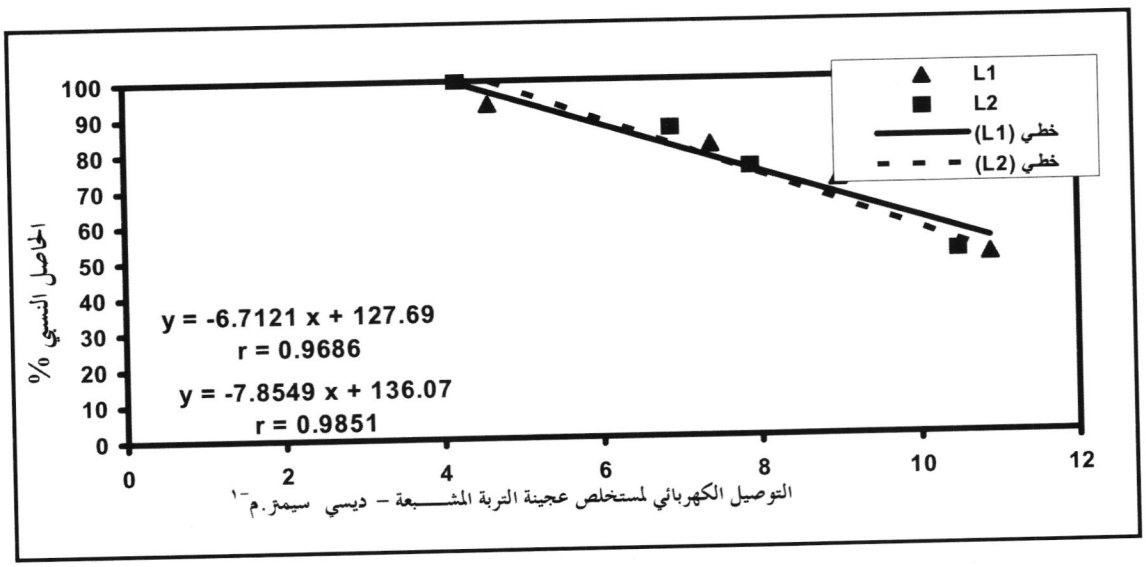
جدول 4: معادلات الحاصل النسبي لمحصول الذرة الصفراء ولكلا المستويين من متطلبات الغسل

المعاملة	معادلات الحاصل النسبي	
	EC_e	EC_{iw}
L_1	$Y = 100 - 6.71\,(EC_e - 4.12)$	$Y = 100 - 6.61\,(EC_{iw} - 0.46)$
L_2	$Y = 100 - 7.85\,(EC_e - 4.59)$	$Y = 100 - 7.35\,(EC_{iw} - 1.07)$

تؤكد هذه النتائج ما توصل إليه في احدى الدراسات من إمكانية الحصول على إنتاج حاصل حبوب الذرة الصفراء بين 83 و61% عند استعمال مياه ري ملوحتها 4.2 و5.9 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ على التوالي (1). حسبت معدلات الحاصل النسبي للحبوب وعلاقتها بكل من ملوحة التربة ومياه الري وعند كلا المستويين من متطلبات الغسل وباستعمال المعادلة المقترحة من قبل Maas وHoffman (14) حيث تم الحصول على المعادلات المعروضة في جدول (4). يمكن استخدام مثل هذه العلاقات للتنبوء بحاصل الذرة الصفراء عند أي مستوى من مستويات ملوحة مياه الري أو ملوحة التربة في الظروف العراقية. يوضح الشكلان (3 و4) العلاقة بين قيم التوصيل الكهربائي لمياه الري والحاصل النسبي. والعلاقة بين التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة والحاصل النسبي لكلا المستويين من متطلبات الغسل.



شكل 3: الحاصل النسبي لمحصول الذرة الصفراء لمستويين من متطلبات الغسل عند مستويات ملوحة مياه ري مختلفة



شكل 4: الحاصل النسبي لمحصول الذرة الصفراء لمستويين من متطلبات الغسل عند مستويات ملوحة تربة مختلفة

يظهر إن هناك انحداراً خطياً للحاصل النسبي للحبوب مع كل من ملوحة التربة وملوحة مياه الري وكان معامل الارتباط (r) لكلتا الحالتين بمستوى مقبول وتبين من هذه العلاقات إن قيم العتبة الملحية (a) وقيم الميل (b) التي تمثل معدل الانخفاض في الحاصل لكل وحدة زيادة في ملوحة التربة، قد تأثرتا باختلاف مستويات متطلبات الغسل المضافة. يبين الجدول (5) كفاءة استعمال مياه الري لمختلف المعاملات إذ يبدو إن مستويات ملوحة مياه الري المختلفة

المستخدمة حققت فروقاً معنوية في قيم كفاءة استعمال المياه، وقد حدث انخفاض مقداره 45.2% عند المستوى S_4 بالمقارنة مع المستوى S_1. و يعزى ذلك إلى انخفاض قدرة النبات على امتصاص الماء، وبالتالي انخفاض مستوى التبخر نتح الفعلي. أشار **Rhoades** وجماعته (18) إلى انه في ظروف الشد الملحي فان مقدار الماء المستعمل في نمو وتطور النبات يعتمد على ملوحة مياه الري وملوحة المحيط الجذري التي يمكن أن يتحملها المحصول والتي تمثل اختزالاً في الحاصل يقل عن 15% وان هذا الجزء من الماء ينخفض بزيادة ملوحة ماء الري.

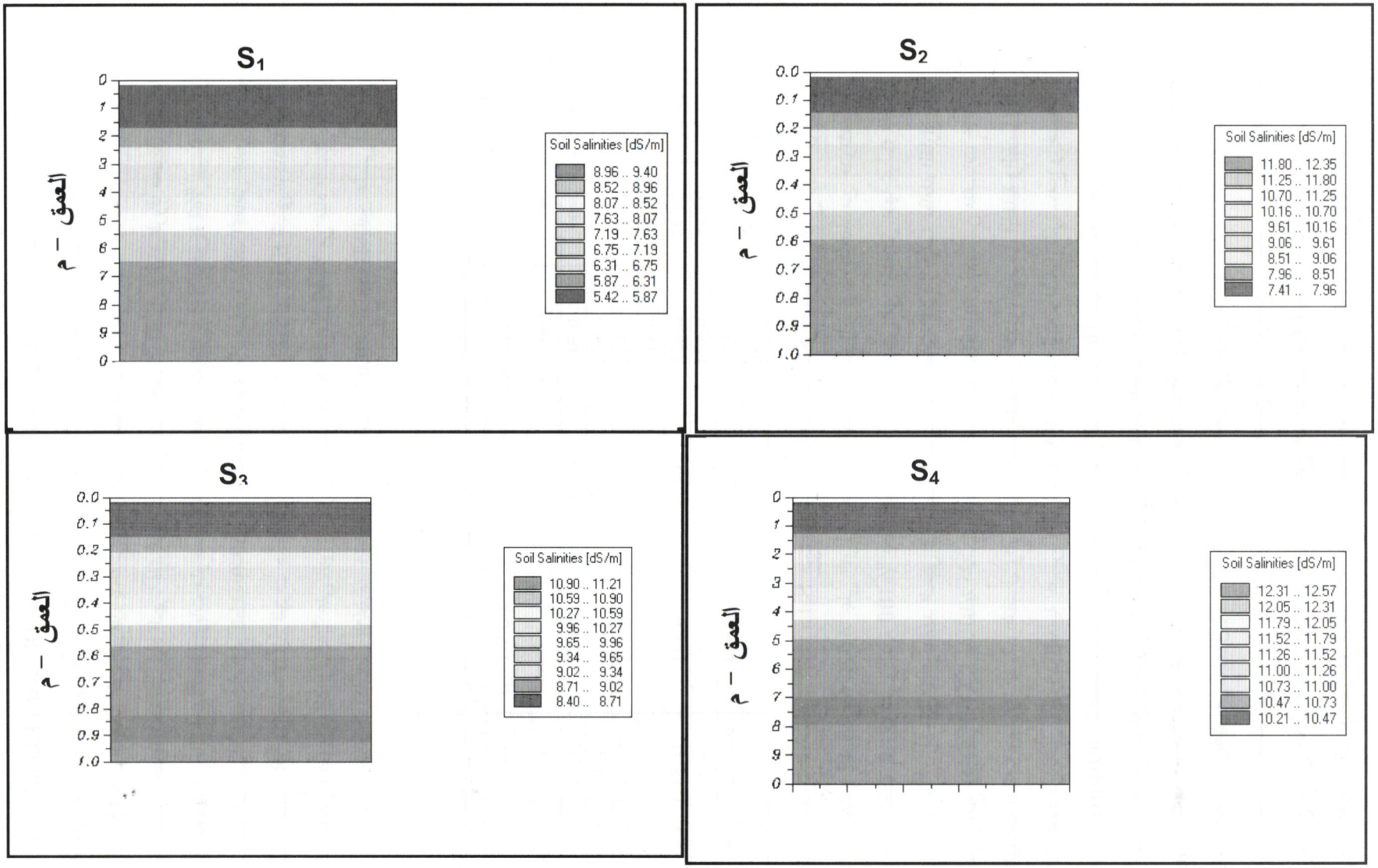
أما بالنسبة لكفاءة استعمال مياه النهر، فقد ظهر إن مستويات متطلبات الغسل لم تحقق فروقاً معنوية، بينما كانت الفروق معنوية في حالة اختلاف مستويات ملوحة مياه الري إذ حققت المعاملة S_2L_2 توفير 11% لمياه النهر عندما كانت قيمة التراكم النسبي للأملاح للطبقة 0-60 سم لم تتجاوز 16.6% وصاحب ذلك انخفاض محدود في قيم الحاصل النسبي وبمقدار 13.68%، كذلك ظهرت هذه الفرو ق بين المعاملات S_3L_2 و S_4L_2 التي ازدادت فيها نسب التراكم الملحي لتصل إلى 28 و53% على التوالي، ورافق ذلك توفير 29.8 و49.8% من مياه النهر، إلا إن ذلك انعكس تأثيره من خلال زيادة نسب الانخفاض في الحاصل إلى 24.7 و 49.07% لكلتا المعاملتين على التوالي (جدول 5).

جدول 5: كفاءة استعمال مياه الري عند مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري ومتطلبات الغسل

المعاملة	الحاصل طن. هـ$^{-1}$	الحاصل النسبي %	كمية المياه المخلوطة المستعملة م^3. م$^{-2}$	كفاءة استعمال المياه المخلوطة كغم.م$^{-3}$	كفاءة استعمال مياه النهر كغم.م$^{-3}$	%لتوفير مياه النهر	% للانخفاض في الحاصل
S_1L_1	4.78	89.51	0.872	0.548 a	0.549	0	10.49
S_1L_2	5.34	100	1.00	0.534 ab	0.534	0	0
S_2L_1	4.12	77.15	0.872	0.472 bc	0.534	11.47	22.85
S_2L_2	4.61	86.32	1.00	0.461 dc	0.517	11.00	13.68
S_3L_1	3.82	71.53	0.872	0.438 d	0.625	29.93	28.47
S_3L_2	4.02	75.28	1.00	0.402 e	0.573	29.80	24.72
S_4L_1	2.56	47.94	0.872	0.293 f	0.578	49.42	52.06
S_4L_2	2.72	50.93	1.00	0.272 f	0.540	49.80	49.07

كذلك بمقارنة المعاملتين S_3L_1 وS_4L_1 حيث وصلت نسبة التراكم الملحي فيهما إلى 72% ورافق ذلك انخفاض الحاصل بمقدار 28.47 و52.06% على التوالي. وهو ما يؤكد ما توصل إليه فهد وجماعته من حدوث تراكم نسبي للأملاح في الطبقة 0-60 سم وبنسبة 100% عند توفير 34% من مياه النهر التي استعيض عنها بمياه مالحة (5.1 ديسي سيمنز.م$^{-1}$)، إذ بلغ مقدار الفقد النسبي في حاصل الحبوب لهذه المعاملة 20% قياساً بمعاملة المقارنة (6).

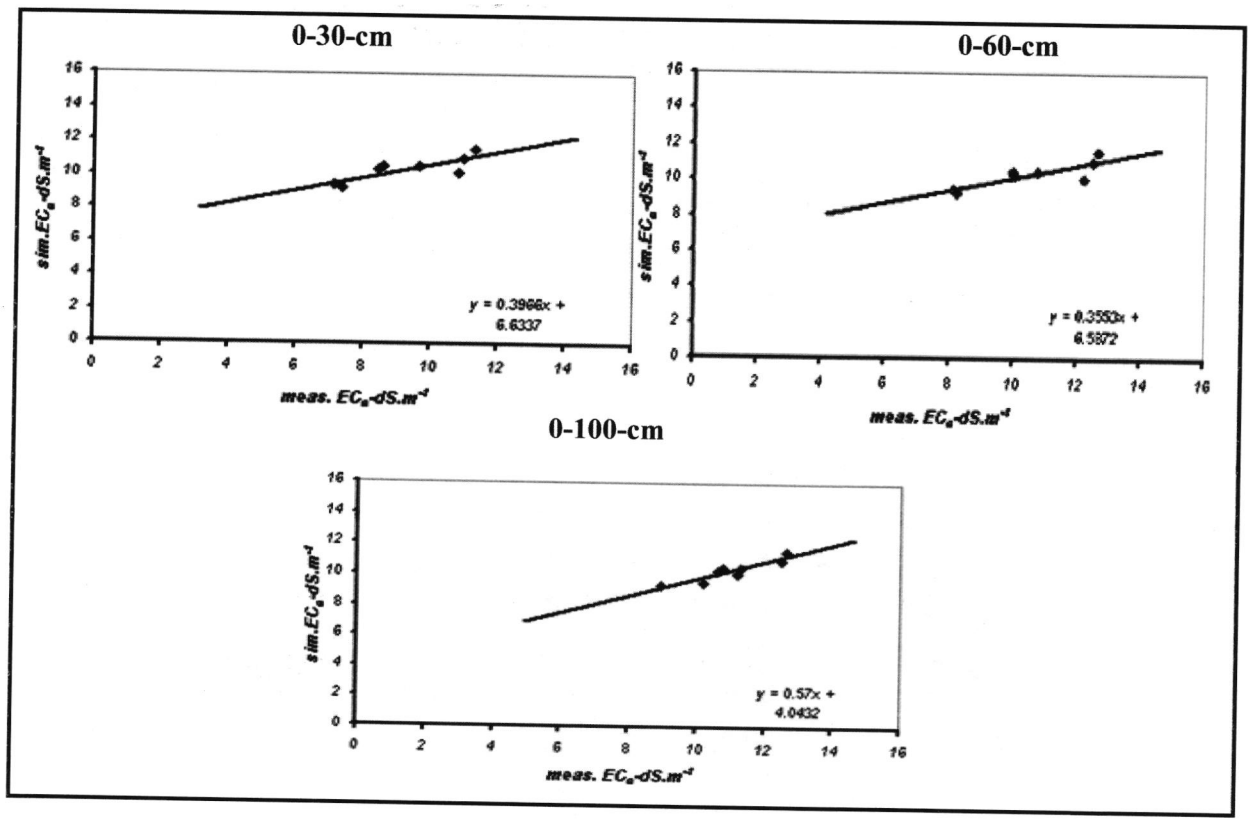
أظهرت نتائج برنامج **SALTMED** بعد تغذية الحاسبة بالبيانات الأساسية (**inputs**) وضمن ملفات خاصة والمتضمنة البيانات المناخية وبيانات التربة والمحصول والري التي حصلنا عليها من خلال القياسات الحقلية والتقديرات المختبرية والاستفادة من بعض النشرات العلمية المتيسرة (نشرات **FAO**). وبعد ذلك تم تشغيل البرنامج والحصول على المخرجات (**outputs**) المتضمنة قيم توزيع الملوحة خلال عمق التربة ولكل 10 سم عمق يومياً خلال مدة الموسم الزراعي، ومقدار الحاصل المتوقع، والتوزيع الرطوبي لمقد التربة، ومتطلبات الغسل وقيم التبخر نتح. يوضح الشكل (5) التوزيع العمودي لقيم ملوحة التربة المحسوبة من البرنامج ولجميع المعاملات المدروسة والخاصة بمستويات ملوحة مياه الري ومتطلبات الغسل، ويظهر من الشكل إن البرنامج قد تمكن من التعبير عن المؤشرات التي ذكرت أعلاه بشكل دقيق وتفصيلي. ضمن المديات التي حددها البرنامج. وعكست هذه النتائج قدرة البرنامج في التعبير عن تأثير المعاملات المختلفة في التوزيع الملحي خلال طبقة الجذور، حيث يقوم البرنامج بحساب قيم **ECe** أولية لتمثل بداية الموسم ثم يحدث تغيير لهذه القيم خلال موسم النمو حيث تأخذ بالزيادة البسيطة بعد الري وتزداد تدريجياً لحين الرية التالية.



شكل 5: التوزيع الملحي لمقد التربة وفق برنامج SALTMED عند مستويات مختلفة لملوحة مياه الري للمعاملة L_1 لمحصول الذرة الصفراء

فسرت هذه التغيرات من خلال متابعة قيم التبخر للتربة، إذ تمكن البرنامج من التنبوء بها والتي كانت مرتفعة وأكثر سيادة من نتح المحصول في بداية الموسم، في حين أصبح التبخر غير معنوي عندما كان المحصول في وقت أعظم تغطية لسطح التربة والتي يكون فيها نتح المحصول في أعظم قيمة له لحين الوصول إلى نهاية الموسم. كذلك اظهر البرنامج اختلافات في قيم المؤشرات المدروسة بين مستويات متطلبات الغسل L_1 و L_2 وهو مطابق لما وجد في دراسة سابقة (16).

أمكن من خلال هذا البرنامج حساب حاصل حبوب الذرة الصفراء والتنبوء بمدى التغيرات التي حدثت باختلاف المعاملات، وذلك من خلال دورها في عمليات امتصاص الماء من قبل النبات وتوزيع رطوبة التربة. أشارت نتائج هذه الدراسة إلى إن العلاقة بين الحاصل والماء الممتص– كدالة لملوحة مياه الري لم تكن علاقة خطية، وان أفضل وصف لها يكون من خلال الدالة المتعددة الحدود.



شكل 6: مقارنة ملوحة التربة المقاساة والمحسوبة لموسم الذرة الصفراء وللأعماق الثلاثة

ولغرض تقويم كفاءة البرنامج في حساب ملوحة التربة فقد قورنت مخرجات البرنامج الخاصة بقيم التوصيل الكهربائي لمقد التربة التي رمز لها **sim. (simulated)** مع القيم المقاساة فعلاً والتي رمز لها **(measured) meas.** واختيرت أعماق التربة **0-30**، **0-60** و**0-100** سم للمقارنة. يلاحظ من الشكل (6) ومن خلال العلاقات الخطية إن هناك توافقاً جيداً بين القيم المحسوبة من البرنامج مع القيم المقاساة فعلاً وذلك من خلال قيم معامل الارتباط (r).

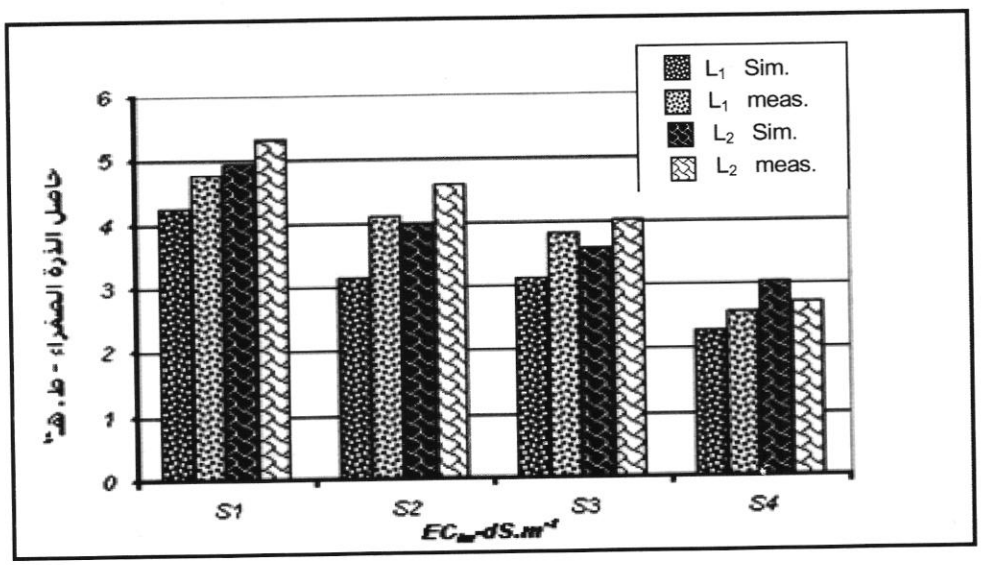
يظهر من الجدول (6) إن معدل النسبة المئوية للاختلاف الكلي الحاصل بين قيم **ECe** المحسوبة والمقدرة للمعاملات الداخلة في التجربة هو **4.6%** للعمق **0-100** سم. سجلت أعلى نسبة للاختلاف بين هاتين القيمتين في المعاملة S_1L_2 (**32.16%**$^{+}$) للعمق **0-30** سم، اعقبتها **24.72%** للمعاملة S_1L_1 ولنفس العمق، بينما سجل اقل

نسبة اختلاف 0.54% للمعاملة S_4L_2، مما يؤكد حدوث انخفاض كفاءة تنبوء البرنامج بقيم التوصيل الكهربائي للطبقة السطحية للتربة عند المستويات المنخفضة لملوحة مياه الري. بلغ معدل نسبة الاختلاف للعمق 0-30 سم ($^{+}$13.14%)، انخفضت إلى 0.28 و5.95% للأعماق 0-60 سم و0-100 سم على التوالي.

جدول 6: النسب المئوية للاختلافات بين قيم ملوحة التربة المقاساة والمحسوبة خلال موسم الذرة الصفراء

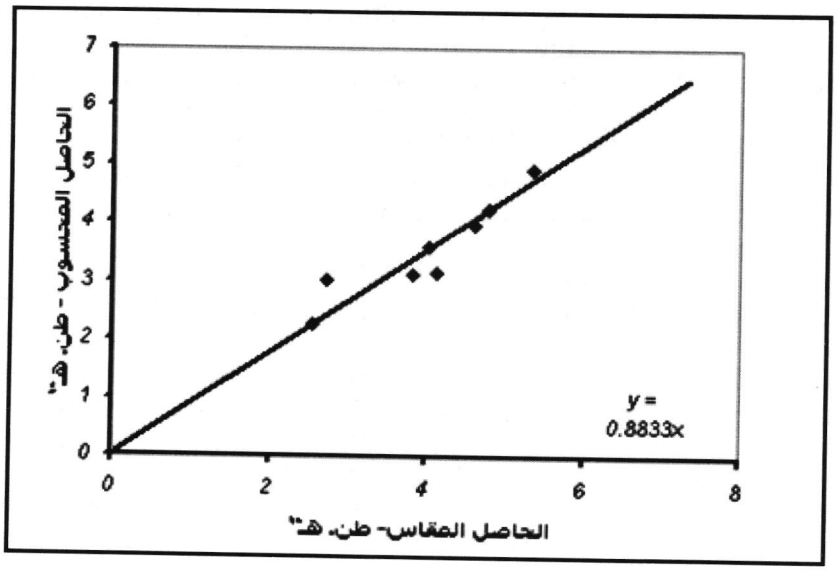
المعاملات / الأعماق	0- 30سم	0- 60 سم	0- 100سم
$S_1 L_1$	24.72^{+}	12.66^{+}	3.79^{+}
$S_2 L_1$	21.74^{+}	5.12^{+}	2.87^{-}
$S_3 L_1$	6.27^{-}	17.03^{-}	9.97^{-}
$S_4 L_1$	1.94^{+}	8.47^{-}	8.84^{-}
$S_1 L_2$	32.16^{+}	16.76^{+}	6.94^{-}
$S_2 L_2$	21.94^{+}	2.8^{+}	3.56^{-}
$S_3 L_2$	8.38^{+}	2.31^{-}	7.25^{-}
$S_4 L_2$	0.54^{+}	11.84^{-}	1.20^{-}
% معدل نسبة الاختلافات	%13.14^{+}	%0.28^{-}	%5.95^{-}
% معدل نسبة الاختلافات	4.6		

ولتقويم كفاءة البرنامج في مقدرة حساب حاصل الحبوب فقد قورنت قيم الحاصل المقدرة مع القيم المحسوبة من البرنامج والموضحة في الشكل (7) ولقد تحقق افضل توافق بين هاتين القيمتين ولجميع المعاملات.



شكل 7: حاصل حبوب الذرة الصفراء المقاس والمحسوب عند مستويات متطلبات الغسل L_1 , L_2

استخدمت العلاقات الخطية الموضحة في الشكل (8) لكشف أفضل تمثيل لعلاقة الحاصل المقدر والمحسوب بوساطة البرنامج من خلال قيم معامل التحديد (R^2) التي كانت عالية نسبياً. يشير الجدول (7) إلى إن البرنامج تمكن من التنبوء بقيم حاصل الحبوب من خلال انخفاض قيم النسب المئوية للاختلاف بين الحاصل المقاس والحاصل المحسوب من البرنامج حيث بلغت هذه النسبة 10.42%، كما اتضح وجود اختلاف بين مستويات متطلبات الغسل إذ كانت النسبة المئوية للتغيرات عند المستوى L_1 كبيرة قياساً مع المستوى L_2، وهذا يعود إلى دور المستوىL_2 في توفير ظروف نمو أفضل لمحصول الذرة الصفراء.



شكل 8: المقارنة بين حاصل الذرة الصفراء المحسوب والمقاس

جدول 7: النسب المئوية للاختلافات بين قيم حاصل الذرة الصفراء المقاس والمحسوب

المعاملات	النسب المئوية للاختلافات
$S_1 L_2$	10.87 -
$S_2 L_1$	23.3 -
$S_3 L_1$	18.06 -
$S_4 L_1$	11.32 -
$S_1 L_1$	7.49 -
$S_2 L_1$	13.44 -
$S_3 L_1$	10.69 -
$S_4 L_1$	11.76 +
معدل % للاختلاف	10.42 -

المصادر

1- الجيلاني، عبد الجواد؛ عبد الرحمن غيبة؛ فاضل قدوري وعبدالنبي فردوس (1996). استعمالات المياه المالحة في الزراعة في كل من سوريا والاردن وتونس. مجلة الزراعة والمياه بالمناطق الجافة في الوطن العربي العدد 16-اكساد.

2- الطيف، نبيل ابراهيم وعصام خضير الحديثي (1987). الري أساسياته وتطبيقاته. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

3- حمادي، خالد بدر؛ فياض نايف محمود ووليد محمد مخلف (2002). تأثير خلط مياه البزل والمياه العذبة في حاصل الحنطة والذرة الصفراء وتراكم الأملاح في التربة. مجلة الزراعة العراقية. 7(2).

4- فرج، ساجدة حميد؛ عبد الكريم حسن عذافة؛ ضياء عبد الامير وجبار حيدر عسكر (2001). تأثير الري المستمر والمتناوب بالمياه المالحة في تراكم الأملاح في التربة ونمو وإنتاجية الذرة الصفراء. مجلة الزراعة العراقية. 6 (1).

5- فهد، علي عبد؛ علي عباس محمد؛ حسام الدين احمد توفيق ومحمود شاكر محمود (2000a). إدارة ري محصول الذرة الصفراء باستخدام الطريقة الدورية وخلط المياه العذبة والمالحة. مجلة الزراعة العراقية. 5 (5).

6- فهد، علي عبد؛ عبد الحسين وناس علي؛ جعفر جبار عبد الرضا وأميرة حنون عطية (2000b). الري بالمياه المالحة لمحصول الذرة الصفراء اعتماداً على مراحل النمو وتأثير ذلك في حاصل النبات والتراكم الملحي. مجلة الزراعة العراقية. 5 (5).

7- Ayers, R.S. and D.W. Westcot (1985). Water quality for agriculture. Irrigation and drainage. Paper (29 Rev. 1). FAO. Rome, Italy.
8- Ben-Hur, M; F.H. Li; R. Keren; I. Ravina and G. Shalit (2001). Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water under high water table conditions. Soil Sci. Am. J., 65:191-198.
9- Dieleman, P. J. ed. (1963). Reclamation of salt affected soils in Iraq. Intern. Inst. For land reclamation and improvement. Wagningen. The Netherlands pub. (11).
10- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt (1977). Crop water requirement. FAO irrigation and Drainage. Paper No. 24 Rev. Rome, Italy.
11- Francois, L. E.; T. J. Donovan; E. V. Mass and J. L. Rubenthaler (1988). Effect of salinity on grain yield and quality vegetative growth and germination of Trticale. Agron. J., 80: 642-647.
12- Gilani, Abdelgawad and Ghaibah, Abdelrahman (1999). Crop response to irrigation with slightly and moderately saline water and moisture extraction pattern of cotton. Irrigation Management and Saline Conditions Proceedings. Regional symposium. June 21-23 at Just, Irbid, Jordan, p:448-462.
13- Hummadi, K. B. (2000). Use of drainage water as a source of irrigation water for crop production. The Iraqi J. of Agric. Sci., 31(2): 374-384.
14- Maas, E.V. and G.J. Hoffman (1977). Crop salt tolerance. Current assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE, 103: 115-134.
15- Ragab, R. (1999). Management strategies when using saline water for crop production in the middle Esat. International Course for Management Engineers. Cairo-ACSAD.
16- Ragab, R.; N. Malash; G. Abdel Gawad; A. Arslan and A. Ghaibeh (2003). A Holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management: 2- The SALTMED model calibration using field data from Egypt and Syria. Sustainable strategies for irrigation in salt-prone Mediterranean Region: A System Approach. Proceedings of an International workshop. Cairo, December. 8-10, p: 115-135.
17- Rhoades, J. D. (1974). Drainage for salinity control. In. J. Vanshilfarde (ed). Drainage for Agriculture. Agronomy, 17: 433-461.
18- Rhoades, J.D.; A. Kandiah and A.M. Mashali (1992). The use of saline water for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48. Rome, Italy.
19- Richards, A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture hand book, No.60. Washington, USDA.
20- Richards, G. Allen; Luis, S. Pereira; Dirk Raes and Martin Smith (1998). Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56 Rome, Italy.

SALT BALANCE IN SOIL IRRIGATED BY SALINE WATER UNDER INTENSIVE CROPPING-CORN

A.H. AL-Zubaidi* A.K.H. AUdafa** K.M. Hassan***

ABSTRACT

A field experiment was conducted at Al-Wahada Research Station-35 km south-east of Baghdad to investigate the salt balance in a cultivated soil using saline water. Corn was planted in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replicates including two factors: first factor salinity of irrigation water with four levels: 1.2, 2.5 and 5 and 7.5 ds.m^{-1} (S_1, S_2, S_3 and S_4). Second factor, leaching requirement with two levels of 0.15 and 0.25 (L_1 and L_2). The irrigation water was added whenever 50% of the available water was depleted. After harvesting, the weight of grain and straw were measured and the relative yield was calculated, Electrical conductivity and soluble cations and anions in the soil for each 10 cm depth from 0 to 100 cm were measured.

SALTMED computer model was used to predict the salt balance in the soil, soil salinity and weight of crop for different treatments. The inputs of the model were meteorological data and plant parameters as well as soil properties. The efficiency of the model was tested. It was noticed that there was a significant decrease in grain yield with the increase in salinity of irrigation water. The reductions in yield as expressed in percentage due to water salinity were 13.8%, 22.5% and 47.8% for S_2 and S_3 and S_4 respectively. While straw yield showed a decrease of 38.5% at S4. No significant difference was observed between S_1 and S_2. There was an increase in the grain yield from 3.82 ton.ha^{-1} at L_1 to 4.17 ton.ha^{-1} at L_2. The relative grain yield was 97.7% at S_1 and it decreased to 51.24% at S_4. The salinity threshold values calculated from linear regression equations were 4.12 and 4.59 ds.m^{-1} for L_1 and L_2 respectively. It has been realized that S_2 level saved about 11% of applied fresh water and caused a decrease of 13.68% in the relative grain yield. While S_3L_2 and S_4L_2 treatment saved 29.8% and 49.8% of applied fresh water respectively, but those treatments reduced the relative grain yield 24.7% and 49.07%. The out puts of the tested SALTMED model reflected the effect of the different treatments on the salinity through-out root zone. It was concluded that this model was able to predict the yield for all treatments. There were good agreements between simulated and observed yield values. The average of differences between these values was 10.42%.

* College of Agric.- Baghdad Univ.- Baghdad, Iraq.
** State Board of Agric. Res.- Ministry of Agric. - Baghdad, Iraq.
*** Ministry of Agric. - Baghdad, Iraq.