نمذجة تأثير المياه المالحة بمستويات ري ناقصة على ملوحة التربة والإنتاجية لمحصول الذرة

د. انمار عبد العزيز الطالب
أستاذ مساعد

عمر مقداد عبد الغني محمود
مدرس مساعد

المستخلص

تم بناء أنموذج حاسوبي بلغة(MATLAB) لدراسة تأثير الري الناقص بمياه مالحة على تجمع الأملاح في التربة ومدى تأثير نقص المياه وتجمع الأملاح على الإنتاجية. وقد تم تطبيق الأنموذج على احد المحاصيل الصيفية وهو الذرة. يعتمد الأنموذج على مبدأ الموازنة المائية والملحية. حيث إن الأنموذج يستخدم المتغيرات الأساسية المؤثرة على الاستهلاك المائي (البيانات المناخية، ونوع المحصول، ونوع التربة، ونسبة الاستنزاف الرطوبي، ومستوى الإرواء، الملوحة الأولية للتربة وملوحة ماء الري). أما النتائج التي تم الحصول عليها من الأنموذج فهي (التبخر- نتح الكامن والمصحح اليومي، والموازنة المائية والملحية اليومية، وكميات ماء الري وموعد الإرواء، ومعدل تغير الأملاح قبل الإرواء وبعده، ومعدل التوصيل الكهربائي لمستخلص الإشباع عند الإرواء، بالإضافة إلى النقص النسبي للإنتاج الموسمي). بينت النتائج انه كلما كانت مستويات الإرواء قليلة كلما كان تجمع الأملاح في التربة قليلاً، إلا ان تجمع الأملاح في نهاية الموسم تعتمد على كمية ماء الري الموسمي المضاف. وان انخفاض مستويات الإرواء تؤدي إلى انخفاض الإنتاج النسبي في حالة كون تأثير نقص المياه اكبر من تأثير ملوحة ماء الري على الإنتاجية ، والعكس صحيح. كما تم صياغة معادلات رياضياتية لإيجاد الإنتاج النسبي والتبخر- نتح الحقيقي الموسمي نتيجة ملوحة ماء الري ونقص المياه تحت ظروف ومحددات منطقة الدراسة.

Modeling Effect of Saline Water With deficient Irrigation levels on Soil Salinity and Yield for Maize

Dr . A. A. A. AL-Talib
Ass. Professor

O. M. A. G. Mahmood
Ass. lecture

Abstract

Computer model is made in (MATLAB) language to study the effect of deficit irrigation with saline water on the salts accumulation in soil and the effect extent of the lack of water and the salts accumulation on yield. The Model has been applied on summer crop, Maize, and it relies on the principle of balancing water and salt. The Model are uses the basic variables entered in the irrigation (climate data, crop type, soil type, and the rate of moisture depletion , irrigation level, the initial soil salinity and salinity of irrigation water). The results obtained from the program are (daily potential and adjusted Evapotranspiration, daily balance of water and salt, the quantities of irrigation water and Perfusion appointment, The rate of change of concentration of salts before and after Perfusion, electric conductivity of saturation extract at Slaking, calculating the relative defect of seasonal yield). study show when using a little amount of irrigation water we have a little salt accumulation in the soil, but the salt accumulation at the end of the season depends on the gross depth of irrigation water added . Low levels of irrigation led to lower proportional yield in the event that the impact of water shortage was bigger than the impact of irrigation water salinity on productivity, and vice versa. Formulation of mathematical equations to find the relative yield and seasonal actual Evapotranspiration because of irrigation water salinity and water shortage, under the condition of study area and determinants.

Keywords: deficit, salinity, Yield, depletion, Evapotranspiration

أستلم: 2010 - 3 - 18 **قبل:** 2010 - 7 - 13

المقدمة

إن المشكلة الرئيسة التي يواجهها العالم هي ندرة مياه الري وعدم كفايتها وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة وإن ندرة المياه لا تتمثل فقط بالكمية المتوفرة ولكن بنوعية المياه المستخدمة، لذا فإن نقص المياه ونوعيتها هي مشكلة عالمية وخاصة في حالة التزايد السكاني للعالم ولذلك فان الحل الوحيد هو الاستخدام الأمثل أو الكفؤ للمياه[2].

إن الاستمرار في اتساع الفارق بين ما هو متاح من ماء وما هو مطلوب للري مع الزمن بسبب الزيادة السكانية خلق حالة من التنافس على المياه العذبة بين القطاعات الزراعية والصناعية والمنزلية في العديد من البلدان ومن ثم حصل انخفاض في حصة المياه العذبة الخاصة بالزراعة[8]. ان التوسع في مجال الزراعة الاروائية يسبب زيادة في الطلب على الموارد المائية، ومن ثم يؤدي إلى تناقص نصيب الفرد منها و لابد من إيجاد البدائل التي تعوض عن استعمال المياه العذبة لسد جزء من العجز المائي المتوقع.

استخدم[7]الري بالتنقيط لدراسة تأثير الري الكامل والري الناقص على إنتاجية ونوعية محصول الفاصوليا الخضراء لمدة سنتين في تركيا. بينت النتائج بان كمية ماء الري وتكرار الري له تأثير مهم على معدل نمو الفاصوليا الخضراء وإنتاجيتها تحت شروط مناخ البحر المتوسط في تركيا.

أجرى[5]تجارب حقلية في تكساس لتقييم إنتاجية محصول القطن عند استخدام الماء المالح بمستوى ناقص. وبينت النتائج أن قلة الإنتاج بسبب محدودية ماء الري أكثر من ارتفاع الملوحة. ووجد بان نسبة إنتاج محصول القطن تقل بـ 3 % لكل 1dS/m زيادة في ملوحة ماء الري. كما بين [6] بان بلسم الليمون (Melissa officinalis L) يكون ذا تحملٍ عالٍ لجهد الماء و تحمل متوسط للملوحة من خلال تجارب حقلية، أي أن تأثير جهد الأملاح على إنتاجية بلسم الليمون اكبر من جهد الماء.

تهدف هذا الدراسة إلى حساب تأثير الري الناقص بمياه مالحة على ملوحة التربة والإنتاجية لمحصول الذرة الصفراء لعدة مستويات من الإرواء ولعدة نسب من الاستنزاف الرطوبي ولمعاملات ملوحة ماء الري مختلفة.

طريقة البحث

تتضمن طريقة البحث حساب التبخر- نتح الحقيقي من خلال أجراء عملية التصحيح لقيمة معامل المحصول المنفرد حسب الظروف المناخية لمنطقة الموصل ومعامل الجهد نتيجة الملوحة ونقص المياه وحساب الإنتاجية نتيجة نقص المياه وملوحة المياه.

التبخر- نتح الحقيقي للمحصول ET_{Cadj}:

يتم حساب التبخر – نتح الحقيقي من حاصل ضرب التبخر-نتح للمحصول ET_c في معامل جهد الماء وجهد الملوحة ويعادل التبخر- نتح الحقيقي للمحصول التبخر-نتح للمحصول عندما لا يوجد تأثير لجهد الماء والملوحة على التربة ويمكن حساب التبخر- نتح الحقيقي للمحصول من خلال المعادلة 1 [2].

$$ET_{C\,adj} = ET_c \times K_W \times K_{Ece} \quad \text{---------- (1)}$$

حيث إن :

$ET_{c\,adj}$: التبخر- نتح الحقيقي للمحصول.(ملم/يوم).

ET_c : التبخر – نتح للمحصول (ملم / يوم).

K_w : معامل جهد الماء.

K_{ECe} : معامل جهد الملوحة.

يوصف معامل تأثيرات جهد ماء التربة على الاستهلاك المائي للمحصول ET_c بتقليل قيم معامل المحصول. إذا لم تجهز التربة بالماء مع زيادة الاستنزاف الرطوبي (Dr) نتيجة التبخر- نتح (الاستهلاك المائي)، فان المحتوى الرطوبي يقل داخل المنطقة الجذرية إلى مادون نسبة الاستنزاف المسموح بها، وبذلك تقل قيمة معامل جهد ماء التربة K_w خطيا مع كمية المياه المتيسرة الكلية TAW. وبذلك يمكن حساب K_w من [2] إذا كانت $RAW < Dr$ (RAW الماء المتيسر بسهولة) من خلال المعادلة الآتية:

$$K_W = \frac{(TAW - Dr)}{(TAW - RAW)} = \frac{(TAW - Dr)}{(1-P)TAW} \quad \text{---------- (2)}$$

حيث إن :

Dr : الاستنزاف الرطوبي.

TAW : الماء المتيسر الكلي في المنطقة الجذرية (ملم)
P : نسبة الاستنزاف الحرج بقيمة 0.55
عند حصول جهد للملوحة في التربة، يمكن استخدام المعادلة (3) لـ [2].

$$K_{Ece} = 1 - \frac{b}{K_Y 100}\left(ECe - ECe_{\ threshold}\right) \quad \text{---------- (3)}$$

حيث ان:
K_Y: معامل استجابة الإنتاج للماء.
ECe: معدل التوصيل الكهربائي لمستخلص الإشباع للمنطقة الجذرية.[ds/m].
$ECe_{\ threshold}$: معدل التوصيل الكهربائي لمستخلص الإشباع عند العتبة لـ ECe،عندما تنخفض إنتاجية المحصول عن Y_m.[ds/m].
b: النقص في الإنتاجية على وحدة الزيادة في ECe (% / dS/m).
ولحساب التبخر- نتح للمحصول نضرب معامل المحصول في التبخر – نتح المرجعي كما في معادلة(4) لـ[2].

$$ET_c = ET_o\, K_c \quad \text{---------- (4)}$$

حيث ان:
$ET_{\circ}$: التبخر نتح الكامن (ملم/يوم).
K_c: معامل المحصول.
لقد تم الاعتماد على قيم K_c المعروضة في الجدول (1) لمراحل تطور المحصول حسب مراحل النمو حيث ان هذه القيم تبين معامل المحصول الوحيد لـ($K_{c\ initial}, K_{c\ mid}, K_{c\ late}$) ومعدل أقصى ارتفاع للنبات عند استخدام معادلة بينمان مونتيث عند الظروف المناخية القياسية (U=2m/s , RHmin=45%) .

الجدول (1): معامل المحصول للظروف القياسية ومعدل ارتفاع النبات (h) [2] .

المحصول	معامل المحصول الأولي($K_{c\ initial}$)	معامل المحصول الوسطي($K_{c\ mid}$)	معامل المحصول النهائي($K_{c\ late}$)	(hمتر)
الذرة	0.3	1.2	0.6	2

لذلك تحتاج هذه القيم المأخوذة من الجدول (1) إلى تصحيح وكالآتي:
يتم تصحيح ($K_{c\ mid}$, $K_{c\ late}$) بالاعتماد على البيانات المناخية حيث تم إجراء عملية التصحيح حسب الظروف المناخية لمنطقة الموصل باستخدام معادلة [2].

$$K_{c(mid,late)} = K_{c(table)} + \left[0.04\times(U_2 - 2) - 0.004(RH_{\min} - 45)\right]\times\left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad \text{---- (5)}$$

حيث إن:
$K_{c(mid,late)}$: قيمة معامل المحصول عند فترة منتصف الموسم أو نهاية الموسم الزراعي المصححة.
$K_{c(Table)}$: قيمة معامل المحصول عند فترة منتصف الموسم أو نهاية الموسم الزراعي من جدول(1).
U_2: معدل سرعة الرياح خلال مرحلة منتصف الموسم أو نهاية الموسم الزراعي عند ارتفاع 2 متر (m/s)
RH_{min}: معدل الرطوبة النسبية الصغرى خلال مرحلة منتصف الموسم أو نهاية الموسم الزراعي(%).
h: معدل ارتفاع النبات (م) من [2].

الجدول (2): قيم معامل المحصول المصححة لمراحل النمو.

المحصول	معامل المحصول الأولي ($K_{c\ initial}$)	معامل المحصول الوسطي ($K_{c\ mid}$)	معامل المحصول النهائي ($K_{c\ late}$)
الذرة	0.3	1.29	0.67

تم استخدام طريقة معادلة بينمان مونتيث [2] لحساب التبخر - نتح الكامن حيث تعد هذه الطريقة دقيقة أكثر من غيرها من الطرائق ويمكن تطبيقها على البيانات المناخية الكاملة أو الناقصة حيث تكون صيغة معادلة بينمان مونتيث كالآتي.

$$ET_{\circ} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad \text{---------- (6)}$$

حيث إنّ:

$ET_{\circ}$: التبخر نتح الكامن (ملم/يوم).

T : معدل درجة الحرارة اليومية ($^{\circ}$م).

R_n : صافي الإشعاع الشمسي عند سطح النبات (ميكاجول/م ^{2} يوم).

G : كثافة تدفق حرارة التربة (ميكاجول/م ^{2} يوم).

es : ضغط بخار التشبع (كيلو باسكال).

ea : ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال).

$es - ea$: النقص في ضغط بخار التشبع (كيلو باسكال).

Δ : ميل منحني ضغط بخار التشبع (كيلو باسكال/ $^{\circ}$م).

γ : ثابت القياس الرطوبي (كيلو باسكال/ $^{\circ}$م).

حساب الملوحة قبل الإرواء وبعده:

تم الاعتماد على معادلات [1] لحساب الملوحة في التربة والتي تعتمد في الأساس على الموازنة الملحية. والذي يمكن من خلالها حساب الملوحة قبل الإرواء وبعده في حالة إضافة الماء بمستويات مختلفة.

1- حساب الملوحة قبل الإرواء.

$$ECsbi = ECsai \times \left(\frac{TWAT - D_r\ initial}{TWAT - D_r} \right) \quad \text{---------- (7)}$$

2- حساب الملوحة بعد الإرواء.

$$ECsai = \frac{ECsbi \times (TWAT - D_r) + (D_r - D_r\ initial) \times ECi}{(TWAT - D_r\ initial)} \quad \text{---------- (8)}$$

$ECsbi$: معدل التوصيل الكهربائي للتربة قبل الإرواء [dS/m].

$TWAT$: الماء الكلي في التربة(المتاح وغير المتاح للنبات)(ملم).

ECi : التوصيل الكهربائي لماء الري المضاف [dS/m].

$ECsai$: معدل التوصيل الكهربائي للتربة بعد الإرواء[dS/m].

$D_{r\ initial}$: الاستنزاف الأولي (ملم).

النقص بالإنتاج

توصلت منظمة الغذاء والزراعة الدولية [4] إلى طريقة لتقدير النقص بالإنتاج. وذلك عن طريق حساب الموازنة المائية للمحصول من بداية الزراعة حتى الحصاد، والتي تعتمد على ET_c و ET_{cadj} الموسمي ومعامل استجابة الإنتاج للماء. وقدمت هذه المنظمة معادلة لحساب نسبة النقص بالإنتاج بالصيغة الآتية:

$$\left(1-\frac{Y_a}{Y_m}\right)=K_Y\left(1-\frac{ET_{cadj}}{ET_c}\right) \quad \text{---------- (9)}$$

حيث إن:
Y_a : إنتاجية المحصول الفعلية (كغم).
Y_m: أقصى إنتاجية للمحصول (كغم).
K_Y : معامل استجابة الإنتاج للماء.

تغير عمق المنطقة الجذرية خلال نمو المحصول

يؤدي عمق المنطقة الجذرية دوراً مهماً في حساب الاحتياج المائي للمحصول حيث إن عمق الخزان المائي للتربة الذي تأخذ منه الماء يعتمد على عمق الجذور. وقد بيّنَ[3] بان الزيادة في عمق الجذور مع الزمن يحدد بالعلاقة (10) لأنواع مختلفة من المحاصيل. حيث إن الدالة المتبعة تقدم وصفاً لاختلاف تأثير المنطقة الجذرية مع الزمن.

$$Zr=Zr_{MAX}\left[0.5+0.5\sin\left(3.03\frac{DAP}{DTM}-1.47\right)\right] \quad \text{---------- (10)}$$

حيث إن:
Zr : عمق المنطقة الجذرية (ملم)
Zr_{MAX} : أقصى عمق للجذور(ملم) 1000ملم.
DAP : اليوم الحالي بعد الزراعَة.
DTM : عدد الأيام إلى فترة الإنضاج 61 يوم.

جدولة الإرواء

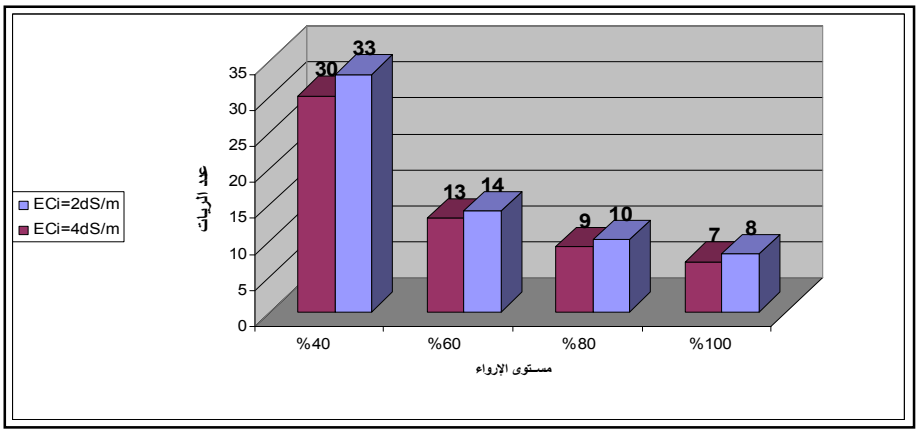
تعتمد جدولة الإرواء على توفر البيانات عن المناخ و المحصول والتربة لمنطقة الرشيدية في الموصل. تم استخدام تربة مزيجية طينية حيث يكون المحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول والسعة الحقلية والتشبع (17.6%) و (36.5%) و (49%) على التوالي. إن جدولة الري تعني اختيار التوقيت المناسب للإرواء، وعمق ماء الري المطلوب إضافته إلى المحصول لتعويض النقص الحاصل في الماء والناتج عن الاستهلاك المائي للنبات. أما موعد الرية يحين عندما يصل الاستنزاف الرطوبي إلى حد معين من الماء المتيسر الكلي. حيث تم الاعتماد على نسب استنزاف مختلفة (50% , 60% , 70% ,80%) من الماء المتيسر الكلي لكل موسم نمو. أما كمية المياه المضافة فقد تم استخدام أربعة مستويات مختلفة لإعادة ملء خزان التربة لكل استنزاف، أي إيصال رطوبة التربة إلى(40% ,60% , 80% ,100%) من الماء المتيسر الكلي، أي أن هنالك نقصاً متعمداً في الري بمياه مالحة لكي نلاحظ كمية الأملاح المتجمعة في المنطقة الجذرية ومدى تأثيرها على الإنتاجية.

النتائج والمناقشة

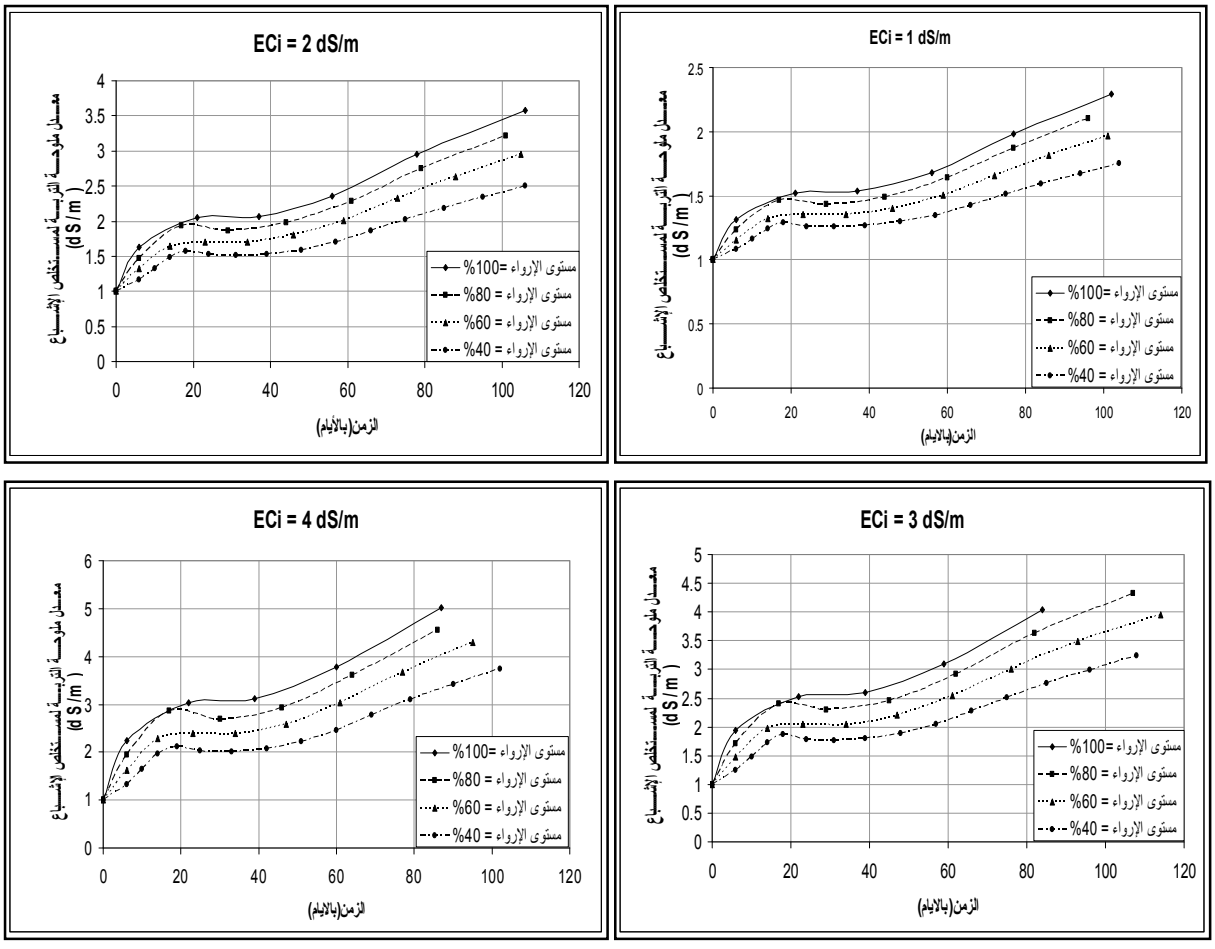
يبين الشكل(1) تأثير ملوحة ماء الري على عدد الريات حيث انه كلما ازدادت ملوحة ماء الري كلما قل عدد الريات والسبب يعود إلى ان زيادة ملوحة ماء الري سوف يزيد من تملح التربة وبالتالي يحتاج النبات إلى قوة وجهد لسحب المياه بسبب الخاصية الازموزية وهذا يتطلب فترة زمنية أكبر للوصول إلى الاستنزاف الرطوبي المطلوب، إلا أن هنالك حالات عند زيادة ملوحة ماء الري قد لا يحدث اختلاف في عدد الريات ولكن موعد الإرواء لكل رية سوف يختلف(أي يتباعد موعد الإرواء بزيادة ملوحة ماء الري)، وبذلك فان ملوحة ماء الري لها تأثير على عدد الريات وسوف تؤثر على إجمالي كمية المياه المضافة.

والشكل (2) يبين التغير في معدل ملوحة التربة لمستخلص الإشباع بعد الإرواء خلال موسم النمو، حيث نلاحظ ان زيادة الملوحة في حالة مستويات ماء الري القليلة يكون قليلاً جدا وبزيادة مستويات الري تزداد ملوحة التربة لمستخلص الإشباع إلا أن تجمع الأملاح في نهاية الموسم تعتمد على كمية الري الموسمي المضاف(إجمالي عمق ماء الري المضاف). كما نلاحظ حصول ازدياد حاد في بداية الموسم ومن ثم يحصل استقرارية أو انخفاض قليل أثناء نمو المنطقة الجذرية بالاعتماد على الملوحة السفلى ومعامل ملوحة ماء الري، و عند اكتمال نمو المنطقة الجذرية سوف يحصل زيادة مستمرة في ملوحة التربة عند الإرواء.

أما الشكل (3) فيبين معدل تغير الملوحة قبل الإرواء وبعده مع الزمن، فعندما يحصل استهلاك مائي من قبل المحصول فان معدل التوصيل الكهربائي في التربة سوف يزداد يوماً بعد يوم نتيجة قلة المياه التي تؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح وبالتالي عند الإرواء سوف يحدث إما انخفاض أو ارتفاع لمعدل التوصيل الكهربائي اعتمادا على معامل ملوحة ماء الري، ومقدار هذا التغير يعتمد على مستوى الإرواء. فإذا كان معدل التوصيل الكهربائي في التربة قبل الإرواء اقل من ملوحة ماء الري يحصل زيادة في ملوحة التربة، أما إذا كان معدل التوصيل الكهربائي في التربة اكبر من ملوحة ماء الري فيحصل نقصان

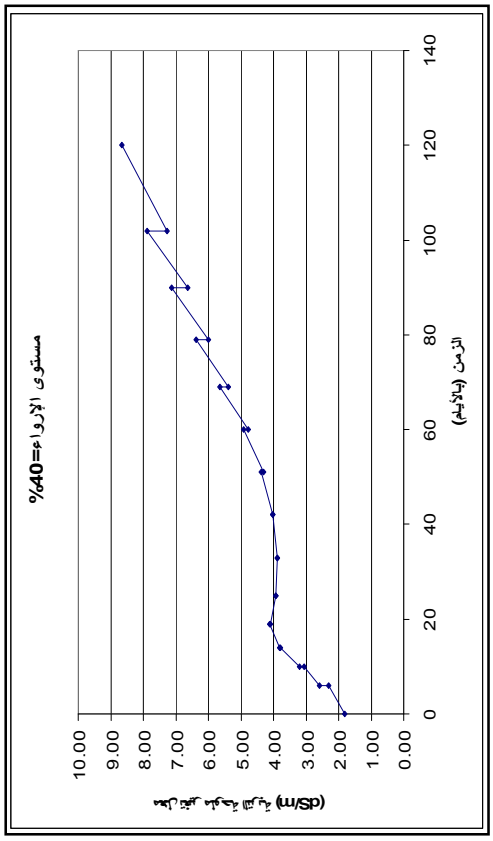


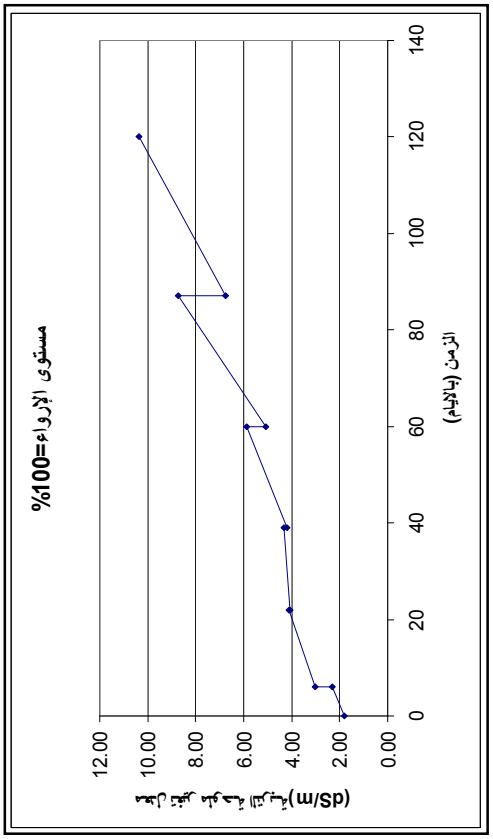
الشكل (1): تغير عدد الريات مع مستوى الإرواء عند مستويين لملوحة ماء الري وباستنزاف رطوبي 70% للذرة.



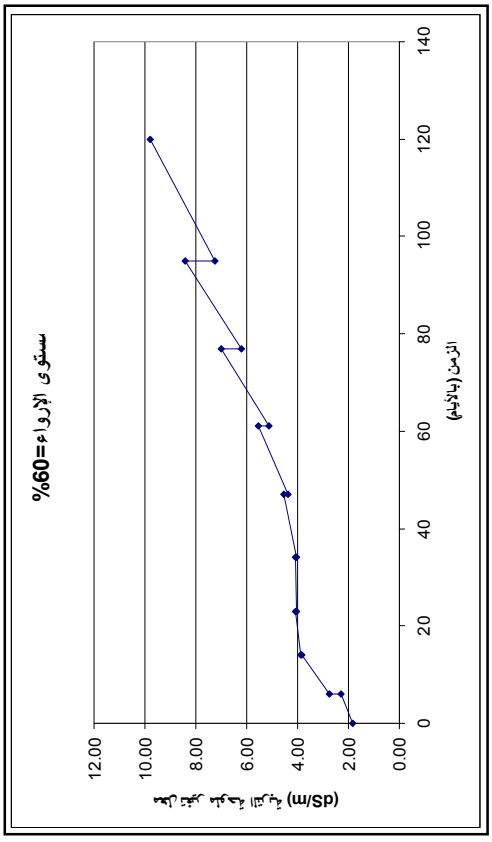
الشكل (2): العلاقة بين معدل ملوحة التربة لمستخلص الإشباع بعد الإرواء مع الزمن عند استنزاف 80% لمستويات مختلفة من الإرواء لمحصول الذرة.

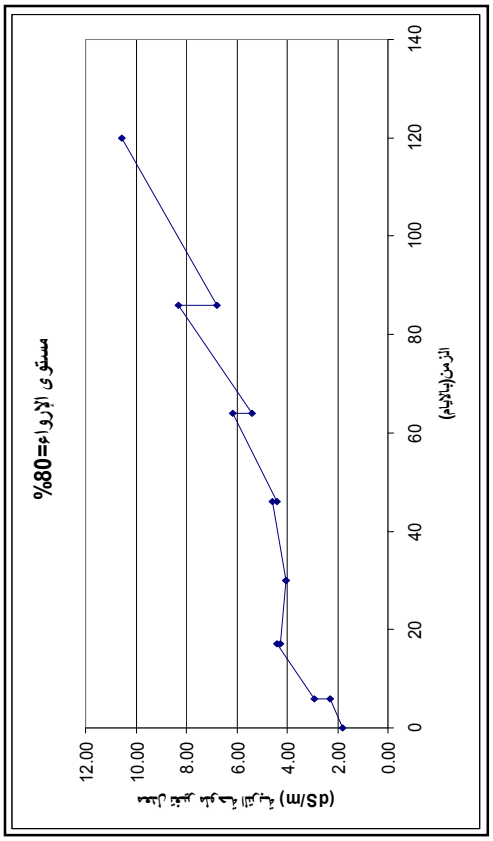
في ملوحة التربة نتيجة تخفيف تركيز الأملاح عن طريق إضافة المياه، كما





الشكل (3): معدل تغير ملوحة التربة مع الزمن لملوحة ماء ري 4dS/m عند استنزاف رطوبي 80% لمحصول الذرة.





نلاحظ انه عند

زيادة عمق المنطقة الجذرية يكون معدل تغير الملوحة قبل الإرواء وبعده قليلاً نتيجة تأثرها بملوحة التربة السفلى أثناء النمو.

يبين الجدول(3) انه كلما قلت مستويات الإرواء ازداد النقص بالإنتاجية نتيجة الري الناقص وقل تأثير النقص الناتج عن الملوحة. لذلك من المهم معرفة مقدار ملوحة ماء الري عند استخدام الري الناقص لتقدير مستوى الإرواء المطلوب وكذلك الاستنزاف الرطوبي. حيث نلاحظ ان قلة مستويات الإرواء تؤدي إلى قلة الإنتاج النسبي لكافة معاملات ECi بالنسبة للذرة نتيجة تأثير الري الناقص اكبر من ملوحة ماء الري. كما نلاحظ من خلال الجدول (3) انه كلما ازداد الاستنزاف الرطوبي يقل الإنتاج النسبي، لكن يقل تأثير ازدياد الاستنزاف الرطوبي و قلة مستوى الإرواء على الإنتاج النسبي بزيادة ملوحة ماء الري

الجدول (3): نتائج الأنموذج الحاسوبي لعدة مستويات من الإرواء والاستنزاف وملوحة ماء الري لملوحة أولية 1dS/m

مستوى الإرواء	الاستنزاف الرطوبي	ملوحة ماء الري (dS/m)	عدد الريات	كمية الري الموسمي(ملم)	الاستهلاك المائي الحقيقي الموسمي (ملم)	ملوحة التربة لمستخلص الإشباع نهاية الموسم(dS/m)	ET_c / ET_{cadj}	الإنتاج النسبي الموسمي
100%	80%	2	6	632	578	3.58	0.72	0.65
80%	80%	2	7	543	553	3.2	0.69	0.62
60%	80%	2	9	478	507	2.95	0.63	0.54
40%	80%	2	14	368	422	2.5	0.53	0.41
100%	80%	3	5	495	549	4.03	0.69	0.61
80%	80%	3	7	544	521	4.33	0.65	0.56
60%	80%	3	9	483	477	3.95	0.60	0.50
40%	80%	3	14	365	412	3.23	0.52	0.39
100%	80%	4	5	493	525	5.03	0.66	0.57
80%	80%	4	6	434	493	4.5	0.62	0.52
60%	80%	4	8	403	458	4.3	0.57	0.47
40%	80%	4	13	335	393	3.7	0.49	0.37
100%	50%	1	12	804.2	759.4	2.64	0.95	0.94
80%	50%	1	18	753	752.6	2.53	0.94	0.93
60%	50%	1	45	718.2	725.5	2.47	0.91	0.89
100%	50%	2	11	711.14	701.12	3.9	0.88	0.85
80%	50%	2	17	701	701.1	3.86	0.88	0.85
60%	50%	2	44	681.6	679.06	3.78	0.85	0.81
100%	50%	3	11	694.6	647.5	5.25	0.81	0.76
80%	50%	3	17	694	648.6	5.25	0.81	0.76
60%	50%	3	42	634	631.76	4.88	0.79	0.74
100%	50%	4	10	637.1	595.1	6.2	0.74	0.68
80%	50%	4	16	638.7	597.8	6.2	0.75	0.69
60%	50%	4	40	583.1	588.6	5.76	0.74	0.67
100%	60%	1	10	801.8	736.2	2.64	0.92	0.90
80%	60%	1	13	701	718	2.43	0.9	0.87
60%	60%	1	24	677.3	677.65	2.38	0.85	0.81
100%	60%	2	9	695.6	680	3.84	0.85	0.81
80%	60%	2	13	700.3	672	3.85	0.84	0.80
60%	60%	2	23	637.1	638	3.6	0.80	0.75
100%	60%	3	9	696.6	631.4	5.3	0.79	0.74
80%	60%	3	12	637	621.9	4.9	0.78	0.72
60%	60%	3	22	598.3	596.6	4.7	0.75	0.68
100%	60%	4	8	583.6	583.3	5.76	0.73	0.66
80%	60%	4	12	619	583.3	6	0.73	0.66
60%	60%	4	20	538.6	558.7	5.4	0.70	0.62

تابـــــع للـجـــدول (3)

مستوى الإرواء	الاستنزاف الرطوبي	ملوحة ماء الري (dS/m)	عدد الريات	كمية الري الموسمي(ملم)	الاستهلاك المائي الحقيقي الموسمي (ملم)	ملوحة التربة لمستخلص الإشباع نهاية الموسم(dS/m)	ET_c / ET_{cadj}	الإنتاج النسبي الموسمي
100%	70%	1	8	735.6	686.5	2.5	0.86	0.82
80%	70%	1	10	658	663.6	2.3	0.83	0.79
60%	70%	1	14	575.8	609	2.18	0.76	0.70
40%	70%	1	34	487	518.3	1.99	0.65	0.56
100%	70%	2	8	732.1	647.8	4	0.81	0.76
80%	70%	2	10	657	626.4	3.7	0.78	0.73
60%	70%	2	14	570	581.3	3.3	0.73	0.66
40%	70%	2	33	469	500	2.9	0.63	0.53
100%	70%	3	7	605.7	598.4	4.7	0.75	0.69
80%	70%	3	9	573	583.6	4.5	0.73	0.66
60%	70%	3	13	506.8	550	4.1	0.69	0.61
40%	70%	3	32	446.4	478.7	3.73	0.60	0.50
100%	70%	4	7	611.3	555.85	6	0.70	0.62
80%	70%	4	9	580	547.6	5.7	0.69	0.61
60%	70%	4	13	512.6	517.4	5.2	0.65	0.56
40%	70%	4	30	415.8	455.9	4.4	0.57	0.46
100%	80%	1	6	635	609	2.3	0.76	0.70
80%	80%	1	7	539	587	2.1	0.73	0.67
60%	80%	1	9	476	526	1.97	0.66	0.57
40%	80%	1	14	368	428	1.75	0.54	0.42

إيجاد علاقة النقص بالإنتاج النسبي بين ملوحة ماء الري والري الناقص

تم إيجاد معدل النقص بالإنتاج النسبي بسبب تأثير *ECi* لكل زيادة 1dS/m من ماء الري، حيث يحسب النقص بالإنتاج النسبي لكل زيادة 1dS/m ومن ثم اخذ معدل هذا النقص والذي يمثل تأثير *ECi* لكل زيادة 1dS/m. أما النقص بالإنتاج النسبي الذي ينتج بسبب الري الناقص فيؤخذ دون تأثير ملوحة ماء الري.

تم الاعتماد على عدة مستويات من ماء الري المضاف ولعدة نسب من الاستنزاف الرطوبي ولعدة قيم من الايصالية الكهربائية من ماء الري كما في الجدول (4). حيث تم حساب النقص بالإنتاج النسبي لكل زيادة 1dS/m وذلك بأخذ الفارق بين الإنتاج النسبي لملوحة ماء الري (1dS/m و 2dS/m)، (2dS/m و 3dS/m) بالنسبة للذرة. ومن ثم إيجاد معدل الفارق بين الإنتاج النسبي نتيجة تأثير ملوحة ماء الري لزيادة 1dS/m، ومن ثم حساب النقص بالإنتاج النسبي دون تأثير الملوحة (تأثير الري الناقص فقط). تم استنتاج المعادلة (11) وبصيغته العامة الخطية باستخدام برنامج EXCEL لإيجاد علاقة النقص بالإنتاج النسبي بين ملوحة ماء الري والري الناقص حيث ان المعادلة مشتقة لظروف ومحددات منطقة الدراسة، إذ بينت النتائج ان معامل التحديد لها مساوٍ لـ (0.964) كما موضح في الشكل (4) بذلك يكون صياغة المعادلة بشكل عام كالآتي:

$$Y = (ECi - ECi_{active})\ (A\,X + B) \quad \text{---------- (11)}$$

ويمكن حساب مقدار الإنتاج النسبي بسبب *ECi* والري الناقص من خلال المعادلة (12) إذا علم مقدار نسبة النقص بالإنتاج نتيجة الري الناقص من دون تأثير *ECi*.

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - (Y + X) \quad \text{---------- (12)}$$

وبتعويض المعادلة (11) بـ(12) ينتج (13)

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - ((ECi - ECi_{active}) \times (AX + B) + X) \quad \text{---------- (13)}$$

حيث ان:
Y: نسبة النقص بالإنتاجية بسبب ملوحة ماء الري المضافة.
ECi_{active} : معدل الايصالية الكهربائية لماء الري المؤثر على الإنتاجية (dS/m).
A ، B : ثوابت.
X : نسبة النقص بالإنتاجية بسبب الري الناقص.

الجدول (4): علاقة النقص بالإنتاج النسبي بين *ECi* والري الناقص لعدة مستويات من ماء الري و *ECi* مختلف لـ(موعد 6/1) لملوحة أولية 1dS/m لمحصول الذرة.

كما يمكن حساب التبخر-نتح الحقيقي نتيجة تأثير ملوحة ماء الري وقلة المياه إذا علم التبخر – نتح الحقيقي الموسمي نتيجة

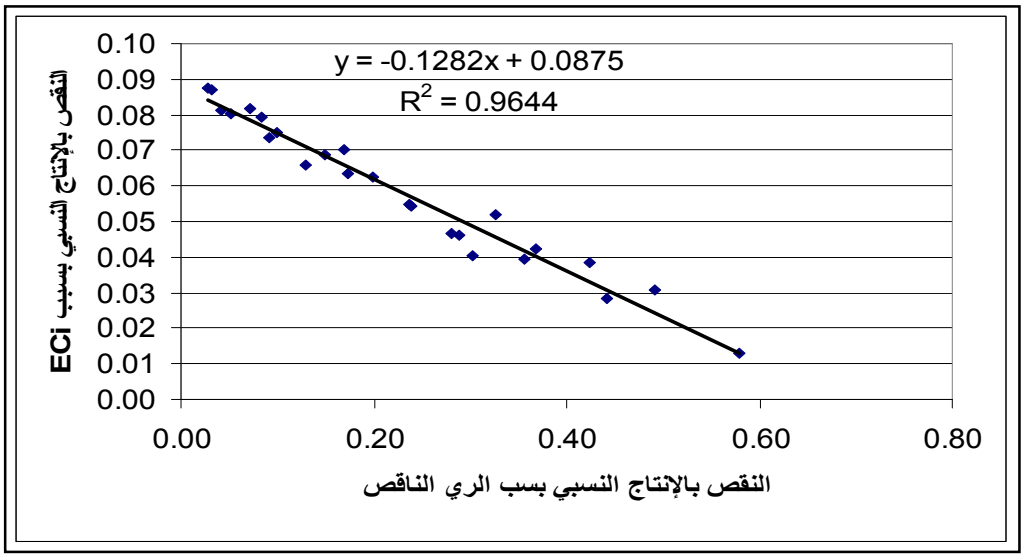
مستوى الإرواء	الاستنزاف الرطوبي	الإنتاج النسبي لـ ECi=0.2 dS/m	الإنتاج النسبي لـ ECi=1 dS/m	الإنتاج النسبي لـ ECi=2 dS/m	الإنتاج النسبي لـ ECi=3 dS/m	الفرق بالإنتاج النسبي لـ ECi=2و ECi=1 dS/m	الفرق بالإنتاج النسبي لـ ECi=3و ECi=2 dS/m	معدل النقص بالإنتاج النسبي بسبب الملوحة لـزيادة 1dS/m	النقص بالإنتاج النسبي بسبب الري الناقص
1	0.5	0.97	0.94	0.85	0.76	0.09	0.08	0.09	0.03
0.9	0.5	0.97	0.94	0.85	0.76	0.09	0.09	0.09	0.03
0.8	0.5	0.96	0.93	0.85	0.76	0.08	0.08	0.08	0.04
0.7	0.5	0.95	0.92	0.84	0.76	0.08	0.08	0.08	0.05
0.6	0.5	0.91	0.89	0.81	0.74	0.07	0.07	0.07	0.09
1	0.6	0.93	0.90	0.81	0.74	0.09	0.08	0.08	0.07
0.9	0.6	0.92	0.89	0.81	0.73	0.07	0.08	0.08	0.08
0.8	0.6	0.90	0.87	0.80	0.72	0.07	0.08	0.07	0.10
0.7	0.6	0.87	0.84	0.78	0.71	0.06	0.07	0.07	0.13
0.6	0.6	0.83	0.81	0.75	0.68	0.06	0.06	0.06	0.17
0.5	0.6	0.76	0.75	0.69	0.64	0.05	0.06	0.05	0.24
1	0.7	0.85	0.82	0.76	0.69	0.06	0.07	0.07	0.15
0.9	0.7	0.83	0.81	0.74	0.67	0.07	0.07	0.07	0.17
0.8	0.7	0.80	0.79	0.73	0.66	0.06	0.07	0.06	0.20
0.7	0.7	0.76	0.75	0.70	0.64	0.05	0.05	0.05	0.24
0.6	0.7	0.71	0.70	0.66	0.61	0.04	0.05	0.05	0.29
0.5	0.7	0.64	0.64	0.60	0.56	0.04	0.04	0.04	0.36
0.4	0.7	0.56	0.56	0.53	0.50	0.03	0.03	0.03	0.44
1	0.8	0.72	0.70	0.65	0.61	0.05	0.04	0.05	0.28
0.9	0.8	0.70	0.68	0.65	0.60	0.03	0.06	0.04	0.30
0.8	0.8	0.67	0.67	0.62	0.56	0.05	0.05	0.05	0.33
0.7	0.8	0.63	0.62	0.59	0.54	0.04	0.05	0.04	0.37
0.6	0.8	0.58	0.57	0.54	0.50	0.03	0.05	0.04	0.42
0.5	0.8	0.51	0.51	0.49	0.44	0.02	0.04	0.03	0.49
0.4	0.8	0.42	0.42	0.41	0.39	0.01	0.02	0.01	0.58

قلة المياه و التبخر- نتح للمحصول الموسمي من خلال المعادلة (14) و الناتجة من تعويض معادلة النقص بالإنتاج النسبي (9) بمعادلة (13).

$$Ky\left(1-\frac{ET_{cadjA}}{ET_c}\right)=\left(\left(ECi-ECi_{active}\right)\times\left(A\times Ky\left(1-\frac{ET_{cadjB}}{ET_c}\right)+B\right)+Ky\left(1-\frac{ET_{cadjB}}{ET_c}\right)\right)$$

---------- (14)

ET_{cadjA} : التبخر-نتح الحقيقي الموسمي نتيجة تأثير ملوحة ماء الري وقلة المياه (ملم).
ET_{cadjB} : التبخر-نتح الحقيقي الموسمي نتيجة تأثير قلة المياه (ملم).



الشكل (4): علاقة النقص بالإنتاج النسبي بين ملوحة ماء الري والري الناقص لمحصول الذرة.

الاستنتاجات

1. يكون تجمع الأملاح في التربة قليلاً، كلما كانت مستويات الإرواء قليلة إلا ان تجمع الأملاح في نهاية الموسم يعتمد على كمية الري الموسمي المضاف(إجمالي عمق ماء الري)، كما يقل الإنتاج النسبي مع قلة مستوى الإرواء عندما يكون تأثيره على الإنتاجية اكبر من تأثير ملوحة ماء الري ، والعكس صحيح.
2. كلما ازدادت ملوحة ماء الري قل معدل التبخر- نتح الحقيقي وبالتالي يؤدي إلى قلة ماء الري المضافة وهذا يؤدي إلى قلة عدد الريات وبالتالي يؤدي إلى قلة الإنتاج.
3. عند ازدياد الاستنزاف الرطوبي يقل الإنتاج النسبي، لكن يقل تأثير ازدياد الاستنزاف الرطوبي و قلة مستوى الإرواء على الإنتاج النسبي بزيادة ملوحة ماء الري.
4. صياغة معادلات رياضياتية (13) و (14) لإيجاد الإنتاج النسبي والتبخر- نتح الحقيقي الموسمي نتيجة ملوحة ماء الري ونقص المياه تحت ظروف ومحددات منطقة الدراسة.

المصادر

1. محمود، عمر مقداد عبد الغني، (2009). " أنموذج حاسوبي لمحاكاة تأثير الري الناقص بمياه مالحة على ملوحة التربة و الإنتاجية "، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية الهندسة.

2. **Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., (1998).** " Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements ". FAO Irrigation and Drainage paper No.56, Rome, Italy

3. **Borg, H. and Grimes, D.W., (1986).**"Depth Development of Roots with Time ".Trans. ASAE. 29(1): 194-197.

4. **Doorenbos, J. and Kassam, A. H., (1979).** "Yield Response to Water". FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33.

5. **Henggeler, J. C., (2004).** " The Conjunctive use of Saline Irrigation Water on Deficit-Irrigation Cotton ". Doctor of Philosophy thesis, the Office of Graduate Studies of Texas A&M University.

6. **Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A. and Gurbuz, B., (2004).** "Effects of Salt Stress and Water Deficit on Plant Growth and Essential Oil Content of Lemon Balm". *Pak. J. Bot*. 36(4): 787-792

7. **Sezen, M. S., Yazar, A., Akyildiz, A., Dasgan H. Y. and Gencel, B., (2008).** "Yield and Quality Response of Drip Irrigated Green Beans Under Full and Deficit Irrigation". WWW. elsevier. Com /locate/sichort., Scientia Horticulturae. 117 : 95-102.

8. **Tilman, D. K., Cassman, G., Matson, P. A., Naylor, R. and Polasky, S. (2002).** " Review Article Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices ". Nature 418: 671-

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل