تأثير تناسق الارواء بالرش في الانتاج تحت الري الناقص

نوال محمد ججو **باسم محمد نصيف الزيدي**
استاذ مساعد ماجستير
جامعة الموصل/كلية الهندسة/قسم هندسة الموارد المائية

الخلاصة

استهدفت الدراسة الحالية استنباط إنموذج حاسوبي يحاكي الكيفية التي يتم من خلالها معرفة تأثير تناسق الارواء والري الناقص على إنتاجية الحقل. أعتمد بناء الإنموذج على مبدأ الموازنة المائية في الحقل. وقد تم تطبيق الإنموذج على محصول الذرة الصفراء العروة الخريفية باعتماد قيم جاهزة للتبخر- نتح المرجعي في الموقع المختار (مشروع ري الجزيرة ــ نينوى)، وقد تم الاعتماد في الإنموذج على بيانات حقلية منشورة لنتائج توزيع أعماق الماء لأجهزة الري بالرش الثابتة . أوضحت النتائج ان نسبة النقص في الإنتاج تزداد بزيادة الاستنزاف الرطوبي وتقل مع زيادة درجة تناسق الارواء وإن التبخر- نتح الحقيقي للمحصول يزداد بزيادةالتناسق. وقد أوضحت النتائج ايظا" أن الكفاءة النسبية لاستخدام المياه WUE_r تحت الري الناقص تزداد مع زيادة الاستنزاف الرطوبي وزيادة نسبة النقص في الري.

كلمات مفتاحية : الري بالرش، تناسق الأرواء، الري الناقص، التبخر-نتح، كفاءة استخدام المياه.

Effect of Application Uniformity on Production under Deficit Sprinkler Irrigation

Nawal Mohammed Jajjo **Basim M. Naseef Al-Zaidi**
Assistant Professor **M.Sc**
University of Mosul /Engineering College/ Water Resource Engineering Dept.

Abstract

The study aims to develop a computer model for assessing the effect of uniformity and deficit irrigation on farm crop production. The formulation of the model is based on the concept of field water balance. The model was applied for a selected autumn crop (maize). Ready to use values of evapotranspiration in the selected site (Al-Jazeera irrigation project-Nenawah) were used. Also, a published field data for sprinkler water distribution uniformity was adopted in the study. The study revealed that the yield ratio deficit increases with the increase in soil moisture depletion but decreases with the increase in irrigation uniformity. The actual crop evapotranspiration increases with uniformity. The results of the study also showed that the relative water use efficiency under deficit irrigation increases with the increase in soil moisture percent depletion and irrigation deficit ratio.

Keywords: Sprinkler irrigation, Irrigation uniformity, Deficit irrigation, Evapo-transpiration, Water use efficiency.

أستلم في 2009/2/19 قبل في 2009/6/3

المقدمة

يعد النقص في الغذاء من اخطر الأمور التي يعاني منها العالم حاضراً ومستقبلاً، ولما كان تعداد سكان العالم في ازدياد مستمر فان الحاجة إلى المزيد من الغذاء والمواد الأولية مستمرة أيضاً، ولهذا كان التوجه دائماً نحوالزراعة بوصفها النفط الدائم والمعين الذي لا ينضب في توفير قوت الفرد اليومي من خلال الاستغلال الامثل للموارد الطبيعية المتوفرة، وهذا يتطلب استخدام المياه بشكل عقلاني وإدارة مشاريع الري بشكل كفوء وذلك لزيادة إنتاج وحدة الماء وليس وحدة الأرض، لان الماء في منطقتنا هو المحدد للزراعة وليس الأرض (Oweis and Hachum, 2004).

يُقيم أداء نظم الري الحقلي بمعايير تعكس فعالية جودة استغلال ماء الري ومداها في الحقل، ويعد تناسق الارواء أحد أهم هذه المعايير بسبب عجز أنظمة الري الحالية عن توزيع المياه بالتساوي على نقاط الحقل كافة. ولما كان النقص في مياه الري و زيادته يؤثران سلباً على إنتاجية المحصول، بات من الضروري تحديد كفاية الارواء التي توازن بين زيادة إنتاجية المحصول وقيمة الماء المهدور كتخلل عميق. وللحصول على كفاية إرواء مرغوب فيها يتوجب زيادة عمق الارواء الداخل الى التربة، ولكن هل زيادة كفاية الارواء هذه اقتصادية؟ بالتاكيد لا وذلك لأنها تؤدي إلى زيادة الإنتاج وكلفة الري معاً. لذا تزداد الحاجة إلى معرفة ذلك عندما تكون موارد مياه الري محدودة وكلفة الارواء عالية، وقد ظهر حديثاً نمط جديد في الري الحقلي يسمى الري الناقص (deficit irrigation)، هدفه الحصول على أعلى إنتاجية للمحصول لكل وحدة ماء ري (Kirda ،2002).

إن اعتماد مبدأ " **المعدل** " في التعبير عن النقص الرطوبي في المنطقة الجذرية للحقل، وكذلك عمق ماء الري المعطى لا يفي بالغرض بالنسبة للإنتاجية تحت الري الناقص، لذا يهدف البحث الحالي الى بناء إنموذج محاكاة حاسوبي لدراسة تاثير تناسق الارواء تحت الري الناقص على انتاجية الحقل وكفاءة استخدام المياه.

وصف الأنموذج

أعتمد بناء الإنموذج على مبدأ الموازنة المائية اليومية في الحقل. اعتمدت في الإنموذج خمس حالات مختلفة لتناسق الارواء، وهي (65%، 75%، 80%،90 % و100%)، اما بالنسبة لحالات الري الناقص فقد تم الاعتماد على ثلاثة مستويات مختلفة للاستنزاف الرطوبي، وهي (70%،80%،90%) من الماء المتيسر الكلي في المنطقة الجذرية ، و لكل حالة من حالات الاستنزاف الرطوبي تم اخذ عدة مستويات مختلفة لنسب النقص في الري (بعد الارواء مباشرة)، تراوحت بين إعادة إملاء المنطقة الجذرية والى تجهيز المنطقة الجذرية بـ 30% فقط من الماء المتيسر الكلي في المنطقة الجذرية. يبين الشكل (1) الحالات التي تم دراستها، حيث يعني الرمز D_i النسبة المئوية للإستنزاف الرطوبي في المنطقة الجذرية بعد الري مباشرة. فمثلا" تحت الأستنزاف الرطوبي D_r 90% (قبيل الري مباشرة) هناك سبع مستويات من الري بفاصلة 10% ليصبح النقص الرطوبي بعد الري أما 60% أو 50% او 40% او 30% أو 20% أو 10% أو صفرا" أي أعادة مليء كامل المنطقة الجذرية (تجهيز كامل الإستنزاف الرطوبي البالغ 90% من الماء المتيسر. وقد تم تطبيق الإنموذج على محصول الذرة الصفراء العروة الخريفية وباعتماد قيم جاهزة للتبخر- نتح المرجعي في الموقع المختار (مشروع ري الجزيرة ــ نينوى) ، شيت (2006)، وكذلك تم الاعتماد في الإنموذج على بيانات حقلية منشورة لنتائج توزيع أعماق الماء حول المرشة لأجهزة الري بالرش الثابتة (Yasin, 1985).

يتم حساب معامل تناسق الارواء لنظام الري المعتمد (الري بالرش) بالاعتماد على معامل Christiansen للتناسق (حاجم و ياسين، 1992) وحسب المعادلة الاتية:-

$$UCC = \left(1 - \frac{\sum_{1}^{n} \left|(x_i - \bar{x})\right|}{n\bar{x}}\right) \times 100 \qquad \text{.....(1)}$$

اذ إن :-

UCC: معامل Christiansen للتناسق (%)

x_i: عمق الماء الواصل للأرض والمقاس بمقياس المطر عند أي نقطة (ملم)

$\bar{x}$: معدل أو متوسط الأعماق للقراءات(ملم)

n: عدد نقاط القياس

وقد تم الاعتماد على بيانات حقلية منشورة لنتائج فحص توزيع أعماق الماء حول المرشة أخذت من تجارب حقلية سابقة (Yasin, 1985) وبظروف تشغيلية ومناخية مماثلة لظروف الموقع المعتمد في الدراسة. ولحساب تناسق الارواء الناتج عن استخدام هذه المرشة يتطلب تحديد المساحة التي يتم قياس اوحساب تناسق الارواء لها . و هذه

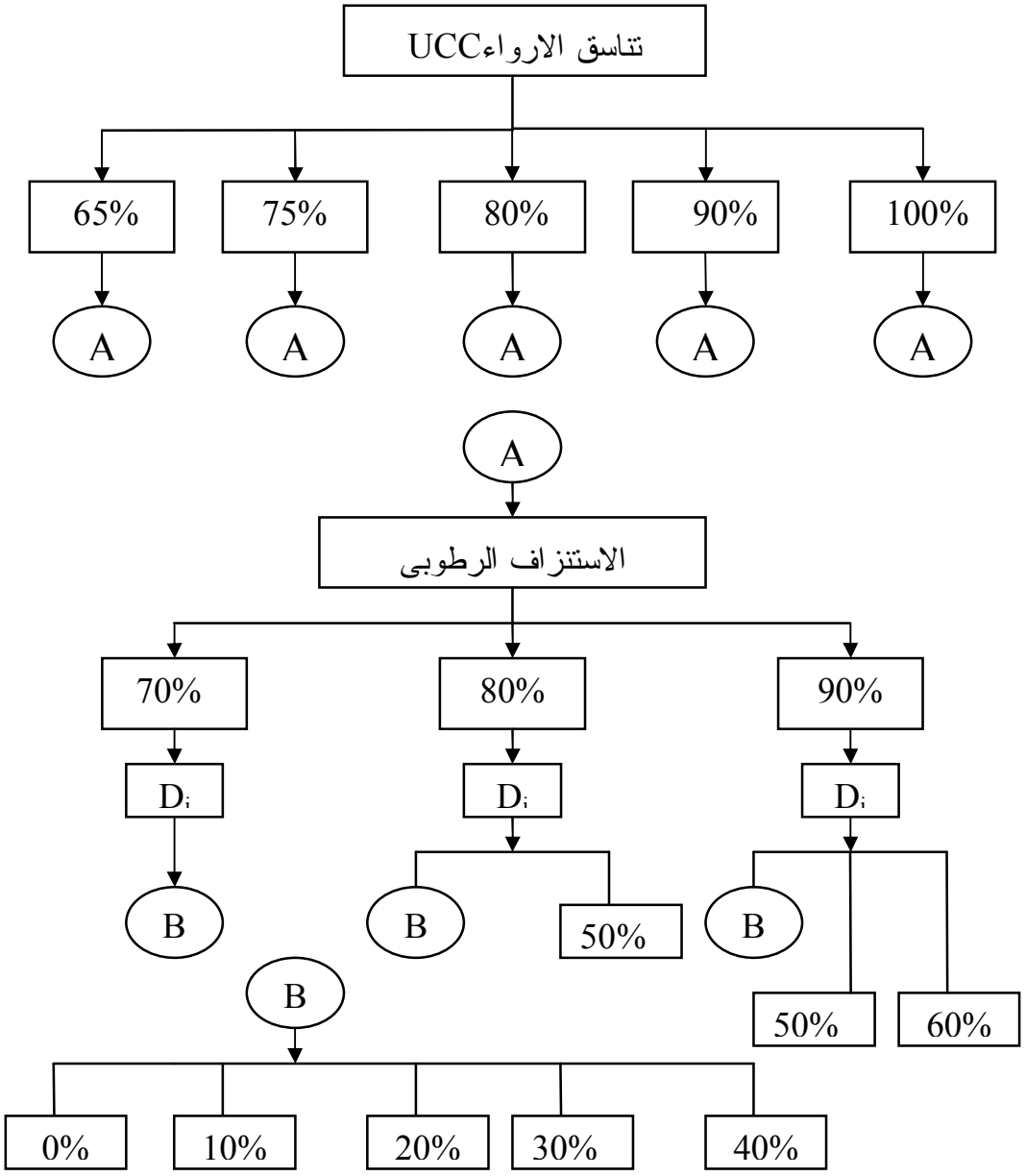
المساحة في الواقع هي وحدة المساحة الأساسية في شبكة الري بالرش والتي أبعادها الفاصلة بين المرشات باتجاه أنبوب الرش(S) وفاصلة أنابيب الرش(L) ، ولغرض تطبيق الأنموذج تم اختيار فاصلة مرشات 12 م × 18 م التي تعد الخلية الأساسية للحقل تحت الدراسة، أما أبعاد وحدة التشبيك المعتمدة لهذه الفاصلة فقد أخذت مساوية إلى 3 م×3 م.

تحسب قيمة التبخر- نتح للمحصول من حاصل ضرب قيمة التبخر- نتح المرجعي بمعامل المحصول كما في المعادلة الاتية :-

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

اذ إن :-

ET_c: التبخر- نتح للمحصول (ملم/يوم) ET_o: التبخر- نتح المرجعي (ملم/يوم) K_c: معامل المحصول



الشكل (1) يبين المخطط العام للحالات المدروسة

لقد تم الاعتماد على قيم جاهزة للتبخر- نتح المرجعي التي تحسب على أساس يومي في الموقع المختار وعلى طول موسم النمو للمحصول المعني (شيت، 2006) وذلك لأنها تعتمد بالدرجة الأساس على الموقع والظروف المناخية. أما بالنسبة لمعامل المحصول فقد تم الحصول عليه من جداول خاصة في نشرة منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO, 1979) للمحصول المعني (الذرة الصفراء) لمراحل نمو المحصول التي يتم تقسيمها الى اربعة

مراحل على نحو طريقة منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO, 1998) وهي المرحلة الابتدائية ومرحلة التطور (مرحلة النمو الخضري) والمرحلة الوسطية (مرحلة منتصف الموسم) والمرحلة الأخيرة (مرحلة النضج) ويختلف طول كل مرحلة من محصول إلى آخر، وتم الاعتماد على القيم المعتمدة في الدراسات السابقة لمحصول الذرة الصفراء العروة الخريفية (معدل موسمها الزراعي من 20 تموز لغاية 20 تشرين ثاني) نتيجة التجارب الحقلية (جلو، 2001) ، وكما هي موضحة في الجدول (1).

الجدول (1): مراحل نمو المحصول من تجارب حقلية (جلو ،2001).

المرحلة	المرحلة الابتدائية(يوم)	المرحلة المتطورة(يوم)	المرحلة الوسطية(يوم)	المرحلة النهائية(يوم)	المجموع (يوم)
عدد الأيام	15	35	45	25	120

يعتمد معامل المحصول على أساس يومي إذ يكون ثابتاً خلال المرحلة الابتدائية من النمو، ثم يزداد خطياً في المرحلة المتطورة من النمو ،ويحسب بالمعادلة (3)، ويصل قيمته العظمى عند المرحلة الوسطية من النمو، ويبقى ثابتاً على طول هذه المرحلة، ثم يقل خطياً خلال مرحلة النمو النهائية كما في المعادلة (3) إلى أن يصل إلى القيمة النهائية له في نهاية الموسم عند اكتمال نضج المحصول.وتحسب قيم معامل المحصول اليومية على امتداد الموسم وذلك من معرفة ثلاث قيم لمعامل المحصول وهي للمرحلة الابتدائية والوسطية والنهائية (FAO, (1998:

$$Kc_i = Kc_{prv} + \left[\frac{i - \sum(L_{prv})}{L_{stage}}\right]\left[Kc_{next} - Kc_{prv}\right] \quad \text{.....(3)}$$

اذ إن :-

i: تسلسل اليوم خلال مرحلة النمو.

Kc_i: معامل المحصول عند اليوم i.

Kc_{prv}: معامل المحصول للمرحلة السابقة.

L_{stage}: طول مرحلة النمو(يوم).

$\sum(L_{prv})$: مجموع أطوال المراحل السابقة(يوم).

Kc_{next}: معامل المحصول للمرحلة التالية.

وقدمت المنظمة (FAO, 1998) قيماً أولية لمعامل المحصول K_c لمراحل النمو الوسطية والنهائية، تختلف حسب نوع المحصول. و هذه القيم هي للظروف المناخية القياسية عند سرعة رياح 2 (م/ثا) ورطوبة صغرى 45% وكما مبين في الجدول (2) .

الجدول (2): قيم معامل المحصول Kc للذرة حسب مراحل النمو (FAO، 1998).

المرحلة	المرحلة الوسطية	المرحلة النهائية (النضج)
معامل المحصول Kc	1.2	0.6

تم إجراء عملية تصحيح لقيم معامل المحصول حسب الظروف المناخية لمنطقة الموصل لمرحلتي النمو الوسطية والنهائية باستخدام معادلة (FAO, 1998) التي تكون على النحو الآتي:-

$$Kc = Kc_{table} + [0.04(U2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)]\left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad \text{....(4)}$$

اذ إن:-

U2: سرعة الرياح على ارتفاع 2 م خلال المرحلة الوسطية أو النهائية من النمو (م/ثا) RH_{min} : معدل الرطوبة الصغرى خلال المرحلة الوسطية أو النهائية (%)

h: ارتفاع المحصول (م)

Kc_{table}: قيمة معامل المحصول من الجدول(2).

وقد تم إستخدام معدل 16 سنة من البيانات المناخية اليومية لمحطة الأنواء الجوية لمدينة الموصل وللأعوام (1985-2000) التي تشمل درجات الحرارة الصغرى والعظمى والرطوبة النسبية العظمى والصغرى وسرعة الرياح على ارتفاع 2 م.

أما عملية حساب معامل المحصول للمرحلة الابتدائية فتؤخذ من منحنيات خاصة تعتمد على معدل التبخر نتح المرجعي خلال تلك المرحلة وفاصلة الارواء المعتمدة ، فضلاًعن نوع التربة والظروف المناخية (FAO, 1998) ، والجدول (3) يبين القيم النهائية لمعامل المحصول لكل مرحلة من مراحل النمو.

الجدول (3) قيم معامل المحصول K_c (المعدلة) حسب مراحل النمو .

المرحلة	المرحلة الابتدائية	مرحلة النمو الخضري	المرحلة الوسطية	المرحلة النهائية	المرحلةالنهائية (النضج)
معامل المحصول Kc	0.4	المعادلة (3)	1.3	المعادلة (3)	0.6

يتم حساب كمية المياه المتيسرة الكلية في المنطقة الجذرية TAW على أساس يومي وعلى طول موسم النمو ،اذ يعتمد على عمق المنطقة الجذرية الفعال وسعة حفظ التربة للماء. والتي تعتمد على نوع التربة وعلى فرض أن التربة ذات نسجة طينية غرينية مزيجية وان سعة خزنها للماء هي 1.5 ملم/سم.

تحسب كمية المياه المتيسرة الكلية في المنطقة الجذرية حسب المعادلة الاتية:-

$$TAW = 1000 \times (\theta_{fc} - \theta_{wp}) \times Z_r \quad \text{..... (5)}$$

اذ إن:-

θ_{fc}: المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية على أساس حجمي

θ_{wp}: المحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول على أساس حجمي

Z_r: عمق المنطقة الجذرية (م)

تم فرض عمق ثابت للمنطقة الجذرية في المرحلة الابتدائية من النمو (Zr_{min}) ، ثم يزداد خطياً خلال مرحلة التطور (النمو الخضري) من النمو إلى أن يصل إلى أقصى قيمة له (Zr_{max}) خلال المرحلة الوسطية من النمو ، ولقد تم الاعتماد على القيمة 25 سم بوصفها عمقاً ثابتاً خلال المرحلة الابتدائية من النمو ، في حين اعتمد على العمق 135 سم بوصفه أقصى عمق للمنطقة الجذرية عند المرحلة الوسطية، ويحسب عمق المنطقة الجذرية، **Z_r** ، على أساس يومي، وتستخدم طريقة التوليد Interpolation في حساب عمق الجذور خلال مرحلة النمو الخضري من عمر المحصول (FAO, 1998).

بعد ذلك يحسب الماء المتيسر في المنطقة الجذرية على أساس يومي وحسب المعادلة الاتية:-

$$RAW = P \times TAW \quad \text{.....(6)}$$

اذ إن(p)هي النسبة المئوية من كمية المياه المتيسرة الكلية التي يستنزفها المحصول من دون أن يعاني من أي إجهاد، وتعتمد على نوع المحصول ومراحل النمو ، حيث إن لكل محصول نسبة استنزاف معينة (FAO, 1998). وقد قدمت منظمة الفاو FAO قيماً لنسب الاستنزاف المسموح بها(الحرجة) لكل محصول. فمثلاً تكون نسبة الاستنزاف المعتمدة لمحصول الذرة الصفراء هي 55%. ووجدت المنظمة أن نسب الاستنزاف لاتبقى ثابتة على طول موسم النمو بل تتغير يومياً حسب الاستهلاك المائي للمحصول (ET_c) ، وان القيم المقدمة من قبل المنظمة هي لحالة (ET_c) يساوي 5 ملم/يوم ، وتم إجراء عملية تصحيح لقيم نسبة الاستنزاف حسب قيم التبخر- نتح اليومي للمحصول(ETc) وحسب المعادلة الآتية :-

$$Pa_i = 0.55 + 0.04(5 - ETc_i) \quad \text{.....(7)}$$

اذ إن :-

Pa_i: نسبة الاستنزاف الحرجة المعدلة خلال اليوم I ETc_i: التبخر- نتح للمحصول خلال اليوم i (ملم

ويمكن حساب كمية المياه المستنزفة الكلية في المنطقة الجذرية باستخدام معادلة الموازنة المائية لماء التربة الكلي وحسب المعادلة الاتية:-

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P - R_o) - I_i + ET_{c,i} + DP_i - GW_i \quad \text{..... (8)}$$

اذ إن :-

$D_{r,i}$: استنزاف ماء التربة في المنطقة الجذرية عند نهاية اليوم (i) (ملم)

$D_{r,i-1}$: استنزاف ماء التربة في المنطقة الجذرية عند نهاية اليوم السابق (i-1) (ملم)

P : الأمطار الساقطة في اليوم (i) (ملم)

R_o : السيح السطحي في اليوم (i) (ملم)

I_i : الري المضاف في اليوم (i) (ملم)

$ET_{c,i}$: التبخر- نتح للمحصول في اليوم (i) (ملم)

DP_i : التخلل العميق الخارج من المنطقة الجذرية في اليوم (i) (ملم)

GW_i: المياه الجوفية الداخلة الى المنطقة الجذرية في اليوم(i) (ملم)

وبما أن فترة نمو محصول الذرة الصفراء (العروة الخريفية) جافة والطريقة المستخدمة للارواء هي الري بالرش، لذلك فان تاثير الامطار يهمل، اما بالنسبة الى السيح السطحي فهو الآخر يهمل كون طريقة الري هي الرش، لذلك يمكن إهمال السيح السطحي في حسابات الموازنة المائية،ولقد افترض أيظا" ان كمية الماء المجهز من المياه الجوفية تساوي صفر.

يتم الاعتماد على معادلة الموازنة المائية لماء التربة الكلي (المعادلة 8) في حساب معامل جهد ماء التربة K_s والذي يعتمد على مقدار المحتوى الرطوبي داخل التربة والذي سوف يكون له الدور الأساس المؤثر على مقدار استنزاف الرطوبة من التربة (D_r) إلى أن تحين الرية التالية ،اذ يعاد تعويض النقص في خزان ماء المنطقة الجذرية.

ويمكن تعريف K_s بأنه نسبة الماء المتيسر المتبقى في التربة الى الماء المتيسر الكلي فيها ،ويحسب معامل جهد ماء التربة K_s من المعادلة الاتية:-

$$K_s = \frac{(TAW - D_r)}{(TAW - RAW)} \quad \text{.....(9)}$$

اذ إن:-

K_s: معامل جهد ماء التربة

TAW : الماء المتيسر الكلي في المنطقة الجذرية (ملم)، يعتمد على نوع التربة.

RAW : الماء المتيسر في المنطقة الجذرية (ملم)، يعتمد على نوع المحصول والمناخ.

D_r: إجمالي ماء التربة المستنزف (ملم)

يتم حساب التبخر- نتح الحقيقي (التبخر-نتح المعدل) للمحصول من المعادلة الاتية:-

$$ET_{adj} = K_s \times ET_c \quad \text{.....(10)}$$

اذ إن:-

ET_{adj} : التبخر-نتح الحقيقي (المعدل) للمحصول (ملم/يوم)

K_s: معامل جهد ماء التربة

عندما يكون K_s أقل من واحد، يتم إستخدام ET_{adj} من المعادلة (10) عوضاً عن $ET_{c,i}$ في المعادلة (8)، والتي تطبق على كل خلية (قياس 3 م×3 م) في الحقل، ثم يحسب معدل نسبة الاستنزاف الرطوبي للحقل APD في نهاية اليوم الذي تسلسله (i) بموجب المعادلة الاتية (FAO 1998):

$$APD_i = (Dr/TAW)_i \times 100\% \quad \text{..... (11)}$$

يحين موعد الري عندما تصبح النسبة APD_i أكبر من القيمة القصوى المسموح بها للأستنزاف الرطوبي في المنطقة الجذرية.

يتم حساب نسبة النقص بالإنتاج باستخدام المعادلة المقدمة من قبل منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO, 1979) المعادلة الاتية:-

$$\left(1-\frac{y_a}{y_m}\right)=K_y\times\left(1-\frac{ET_{adj}}{ET_c}\right) \quad \text{.....} \quad (12)$$

اذ إن:-

y_a : الإنتاج الحقيقي للمحصول (كغم/هكتار)

y_m : أقصى إنتاج (المتوقع) للمحصول من دون التأثر بجهد ماء التربة (كغم/هكتار)

ET_{adj}: التبخر – نتح الحقيقي(المعدل) للمحصول نتيجة لجهد ماء التربة (ملم/يوم)

ET_c: التبخر - نتح للمحصول للحالة القياسية (من دون تأثير جهد ماء التربة)(ملم/يوم)

K_y: معامل استجابة الإنتاج للماء الموسمي

ولقد تم استخدام ثلاثة مستويات مختلفة للاستنزاف الرطوبي (70%، 80%، 90%) ولكل حالة من حالات الاستنزاف القصوى تم اخذ عدة مستويات لنسب النقص في الري بعد الارواء D_i. أي إنه في معظم الحالات لا يتم عند الأرواء إعادة ملء خزان المنطقة الجذرية وإنما يكون هناك نقص متعمد في الري. ويتوقف عمق الري المضاف على نسبة النقص المعتمدة في عملية الارواء D_i ، حيث يخمن من حاصل ضرب الفرق بين معدل الاستنزاف الرطوبي ونسبة النقص في الري بقيمة المياه المتيسرة الكلية في المنطقة الجذرية TAW على شرط أن لاتقل نسبة النقص في الري بعد الارواء عن الاستنزاف الرطوبي بمقدار 30% ،لان ذلك يؤدي إلى جعل عمق ماء الري المضاف عند الارواء قليل جداً بحيث لايمكن الاستفادة منه من قبل النبات أي إن :-

عمق الري =(معدل نسبة الاستنزاف الرطوبي الأقصى قبل الري مباشرة ــ نسبة النقص في الري بعد الري مباشرة) × الماء المتيسر الكلي في المنطقة الجذرية TAW وكما هو موضح في المعادلة الآتية:-

$$I_v = (D_r - D_i) \times TAW \quad \text{.....} \quad (13)$$

اذ إن:-

I_v : معدل عمق الارواء (ملم)

D_r: معدل نسبة الاستنزاف الرطوبي المعتمد للحقل مباشرة قبل الارواء

D_i : نسبة النقص في الري مباشرة بعد الارواء

TAW: الماء المتيسر الكلي في المنطقة الجذرية (ملم)

تحتاج الذرة الصفراء إلى كميات كبيرة من الماء خلال موسم النمو ، وان كمية المياه الكلية المطلوبة للإنتاج العال ٍمن المحصول تقدر بـ(700-800) ملم ، ويعتمد ذلك على نوع التربة والظروف المناخية، وتتوقف عملية الري خلال الأسبوعين الأخيرين من المرحلة النهائية من النمو لتجنب التأثيرات السلبية للري على إنتاجية المحصول ، من هنا يجب قطع الماء عن الحقل قبل اسبوعين من موعد الحصاد (اليونس،1987) .

توجد عدة معايير للتعبير عن كفاءة استخدام المياه داخل الحقل ، ولكن سوف يتم الاعتماد على المعادلة الاتية للتعبير عن كفاءة استخدام المياه والتي تمثل النسبة بين الإنتاج الفعلي إلى التبخر- نتح الفعلي للمحصول (Kirda, 2002).

$$WUE = \frac{y_a}{ET_{adj}} \quad \text{.....} \quad (14)$$

اذ إن:-

WUE: كفاءة استخدام المياه (كغم/هكتار/ملم)

ونظراً لعدم توافر معلومات كافية ودقيقة عن إنتاجية وحدة المساحة للمحصول تحت الظروف المثالية لذا سوف يعتمد في هذه الدراسة على ما تم تسميتهُ بالكفاءة النسبية لاستخدام المياه (WUE_r) التي تمثل النسبة بين كفاءة استخدام المياه تحت ظروف الحقل الفعلية الى كفاءة استخدام المياه تحت الظروف المثالية التي تم تعريفها بالشكل الآتي:-

$$WUE_r = \frac{WUE_a}{WUE_m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

اذ إن :-

WUE_a : كفاءة استخدام المياه تحت ظروف الحقل الفعلية

WUE_m : كفاءة استخدام المياه تحت ظروف الحقل المثالية

ومن المعادلة (14) والتي تمثل كفاءة استخدام المياه تحت ظروف الحقل الفعلية وبتعويضها في المعادلة (15) نحصل على:-

$$WUE_r = \frac{y_a / ET_{adj}}{y_m / ET_c}$$

$$WUE_r = \frac{y_a}{ET_{adj}} \times \frac{ET_c}{y_m}$$

ومنها نحصل على :-

$$WUE_r = \frac{y_a / y_m}{ET_{adj} / ET_c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

اذ إن:-

WUE_r: الكفاءة النسبية لاستخدام المياه.

وقد تم كتابة الإنموذج الحاسوبي بلغة Microsoft Quick Basic version 1992. وللمزيد من التفاصيل عن برنامج المحاكاة الحاسوبي يمكن الرجوع الى الزيدي (2008).

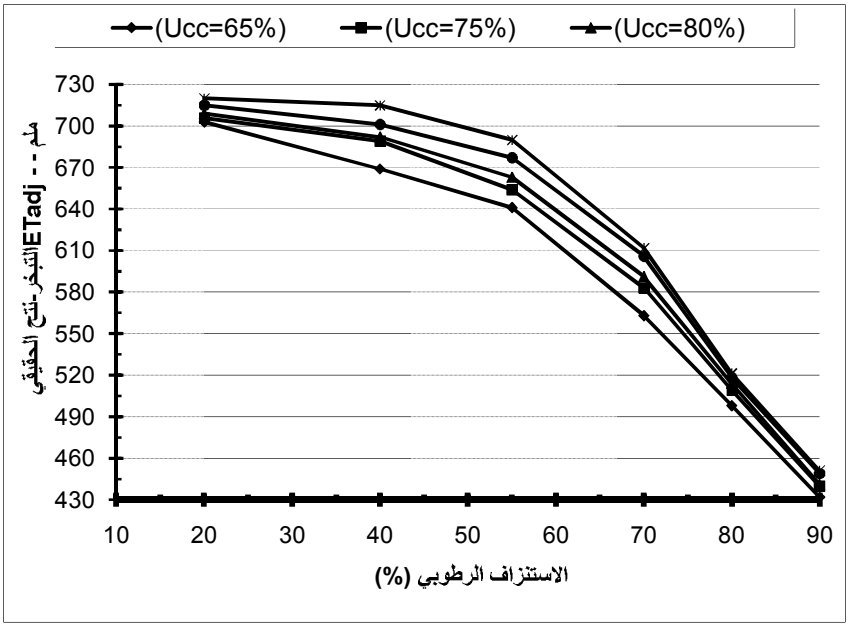
النتائج والمناقشة

تأثير نسبة الاستنزاف الرطوبي على التبخر-نتح للمحصول ET_{adj} :

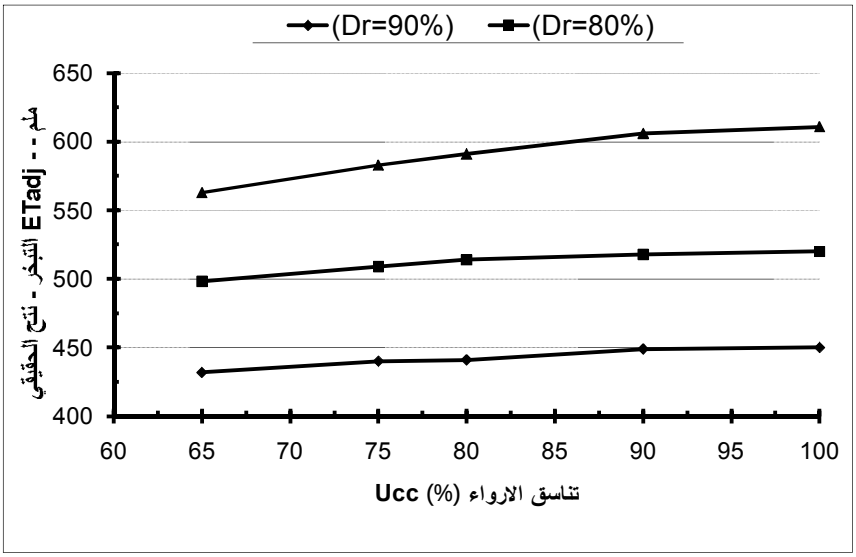
يبين الشكل (2) تأثير نسبة الاستنزاف الرطوبي على التبخر-نتح الحقيقي للمحصول (الذرة الصفراء) ET_{adj}. ويلاحظ انه بزيادة الاستنزاف الرطوبي ولتناسق الارواء نفسه يقل التبخر-نتح الحقيقي أو الفعلي للمحصول ، وهذا يدل على انه كلما ازداد الاستنزاف الرطوبي أدى ذلك إلى ازدياد تعرض المحصول للإجهاد (K_s <1) بسبب صعوبة انتزاع الماء من سطح حبيبات التربة ،ومن ثم تقل قيمة التبخر-نتح (الحقيقي أو الفعلي) للمحصول ET_{adj} عن التبخر- نتح الكامن للمحصول (ETc) في حالة عدم تعرضه لأجهاد الشد الطوبي . وعلى الرغم من أن قيمة الاستنزاف الحرج (P) لمحصول الذرة هي 0.55 الا أن الشكل (2) يشير إلى أن قيمة الـ ET_{adj} غير ثابتة لنسب استنزاف اقل من 55% كما يتضح ذلك من عدم تطابق المنحنيات في الشكل لقيم الأستنزاف الرطوبي أقل من 0.55، وهذا يدل على أن هناك مساحات ومناطق في الحقل تزيد نسبة الاستنزاف فيها عن 55% بسبب عدم تناسق الارواء.

تأثير تناسق الارواء على التبخر-نتح الحقيقي للمحصول :

يبين الشكل (3) تأثير تناسق الارواء على التبخر-نتح الفعلي أو المعدل للمحصول ET_{adj} ولحالات مختلفة من الاستنزاف الرطوبي. و يلاحظ أن التبخر-نتح ET_{adj} للمحصول يقل مع قلة درجة التناسق في توزيع المياه داخل الحقل. ويرجع ذلك إلى أن عدم التناسق في توزيع المياه داخل الحقل يؤدي إلى تعرض بعض الاجزاء في الحقل إلى إجهاد اكبر مما تتعرض له أجزاء أخرى في الحقل نفسه وللرية نفسها ، وهذا يؤدي إلى جعل التبخر-نتح الحقيقي للمحصول في هذه الاجزاء اقل من التبخر-نتح للمحصول لان هذه الاجزاء لم تسد احتياجاتها المائية للمحصول ،وذلك ناتج عن عدم التناسق في توزيع المياه خلال عملية الارواء.



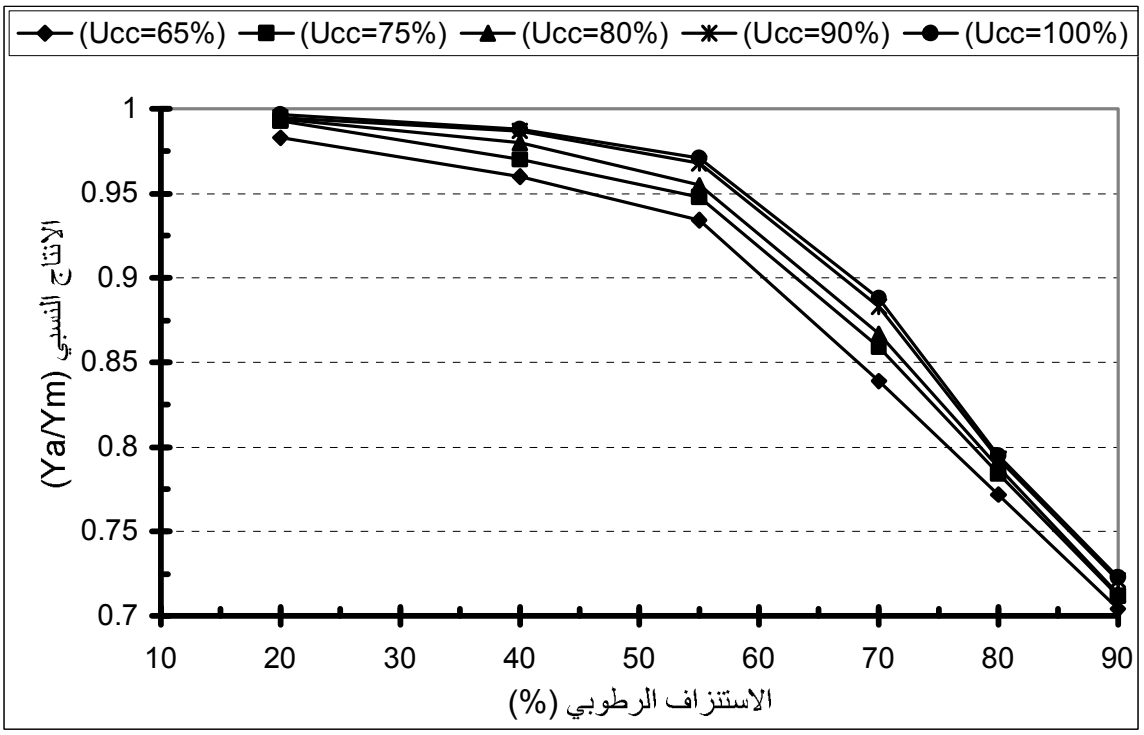
الشكل (2) يبين تأثير الاستنزاف الرطوبي على التبخر -نتح الحقيقي للمحصول .



الشكل (3) تأثير تناسق الارواء على التبخر -نتح الحقيقي للمحصول لثلاث حالات من الإستنزاف الرطوبي.

تأثير تناسق الأرواء و الاستنزاف الرطوبي على الإنتاج :

يبين الشكل (4) تأثير الاستنزاف الرطوبي على الإنتاج النسبي للمحصول عند مستويات من تناسق الأرواء، ولوحظ أن انتاجية المحصول تقل بزيادة الاستنزاف الرطوبي، اذ تزداد نسبة النقص بالإنتاج (الطرف الأيسر من المعادلة 12) مع زيادة نسبة النقص بالتبخر -نتح للمحصول (القيمة ما بين القوسين في الطرف الأيمن من نفس المعادلة) الناتج عن الاستنزاف الرطوبي. فعندما يكون العجز في الارواء صفرا" يتساوي التبخر -نتح الحقيقي مع التبخر -نتح الكامن أو الأقصى للمحصول ،وبالتالي يصبح النقص في نسبة الأنتاج هو الآخر صفرا". وتزداد هذه النسبة بتعرض المحصول إلى نقص في الرطوبة $K_s <1$. ويلاحظ من الشكل أيظا" أن قيمة الانتاج النسبي للمحصول تزداد بزيادة درجة التناسق في توزيع المياه داخل الحقل. وعلى الرغم من أن معدل استنزاف الحقل اقل من 55% (نسبة الاستنزاف الرطوبي الحرجة للمحصول) فان الانتاج النسبي يقل عن واحد لان عدم تناسق الري يؤدي إلى جعل الاستنزاف الرطوبي في بعض الخلايا (المساحات) في الحقل يزيد عن 55%، وذلك وفقا لما تم توضيحه سابقا".



الشكل (4) يبين تأثير الاستنزاف الرطوبي على الإنتاج النسبي .

العلاقة بين الانتاج النسبي مع الكفاءة النسبية لاستخدام المياه WUE_r :

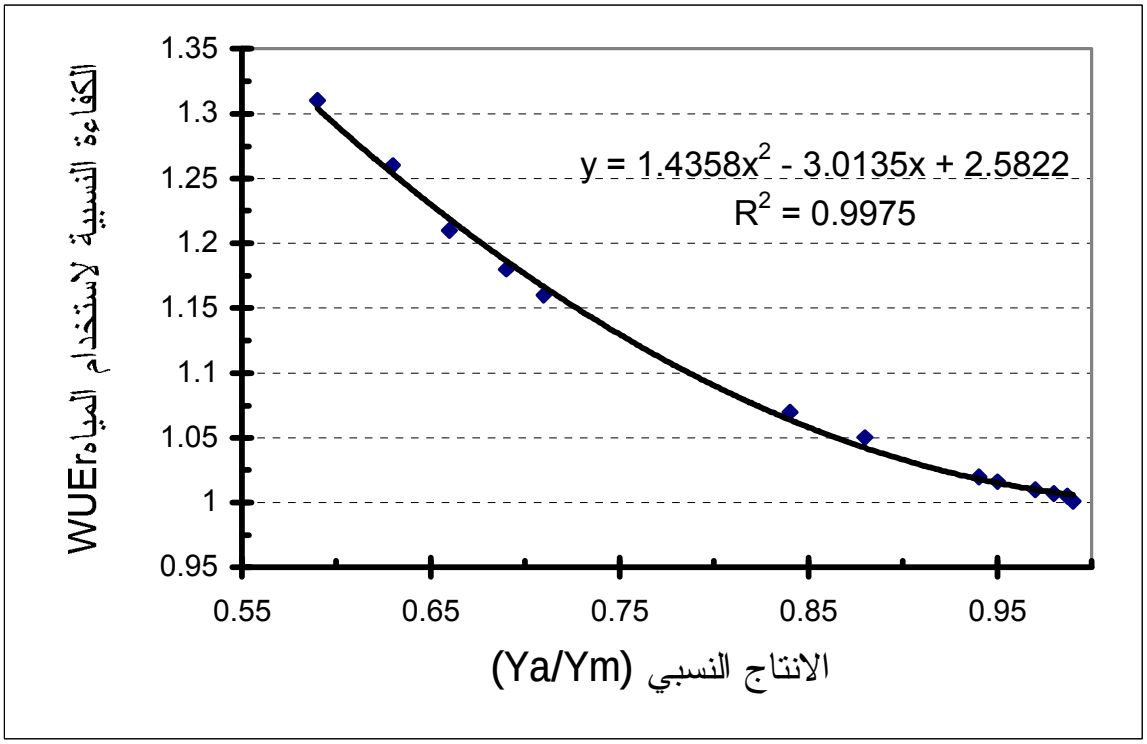
يبين الشكل (5) العلاقة التي تربط بين الانتاج النسبي للمحصول مع الكفاءة النسبية لاستخدام المياه WUE_r ، ولوحظ أن الكفاءة النسبية لاستخدام المياه تقل مع زيادة الانتاج النسبي للمحصول ، وذلك لان الإنتاج يزداد الى حد معين بزيادة كمية المياه المضافة للمحصول خلال الموسم. وحيث أن نسبة الزيادة في الأنتاج تكون عادة أقل من نسبة الزيادة في مياه الأرواء فإن إنتاجية وحدة الماء المستخدمة WUE_r تقل مع زيادة مياه الأرواء.

تأثير تناسق الارواء فى نسبة ماء البزل DWR :

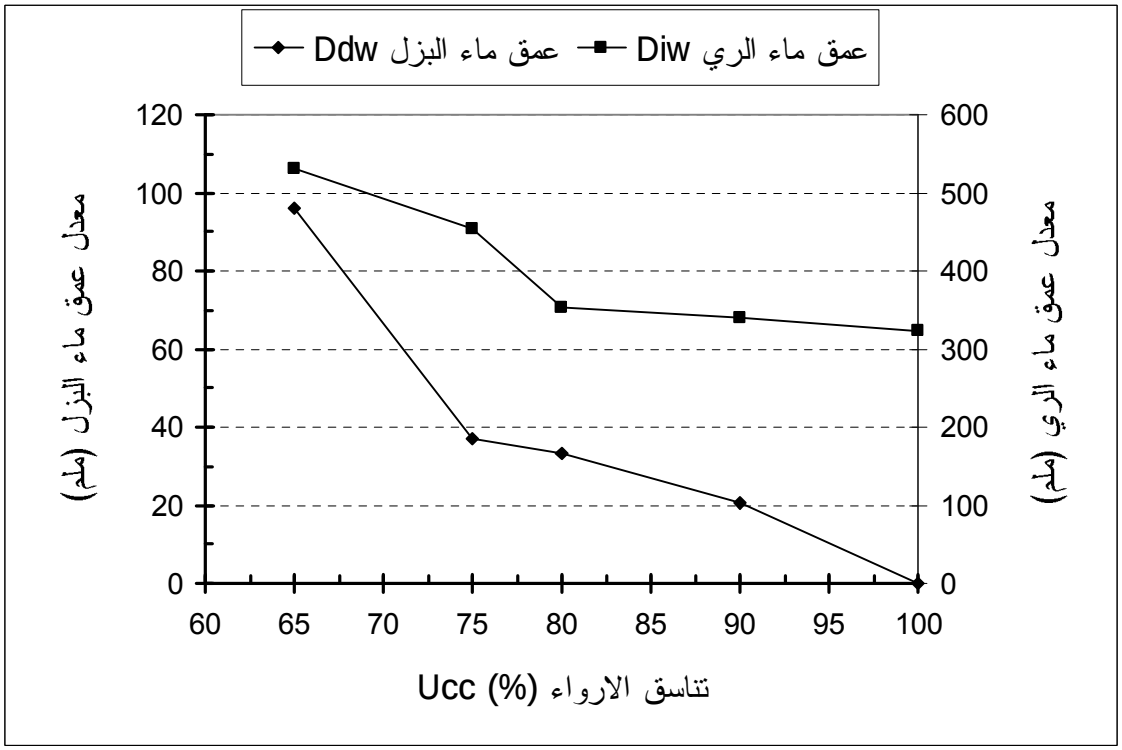
إن مصطلح نسبة ماء البزل Drainage Water Ratio (DWR) يمثل النسبة بين كمية مياه التخلل العميق (deep percolation) أو البزل إلى كمية مياه الري الكلية (التبخر -نتح زائدا التخلل العميق)، أما متطلبات الغسل Leaching Requirement (LR) فقد عرفها (Luthin, 1978) بأنها كمية المياه المضافة والتي تزيد عن الاستهلاك المائي لغرض غسل الأملاح وإبقاء المستوى الملحي للتربة عند مستوى ملحي مقبول (توازن ملحي)، ويمكن حساب متطلبات الغسل من حاصل قسمة عمق ماء البزل D_{dw} على عمق ماء الري D_{iw} وكما موضح في المعادلة الآتية :-

$$LR = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} . \qquad \text{.....(17)}$$

اذ إن :-
LR: متطلبات او احتياجات الغسل (%)
D_{dw}: عمق ماء البزل
D_{iw}: عمق ماء الري

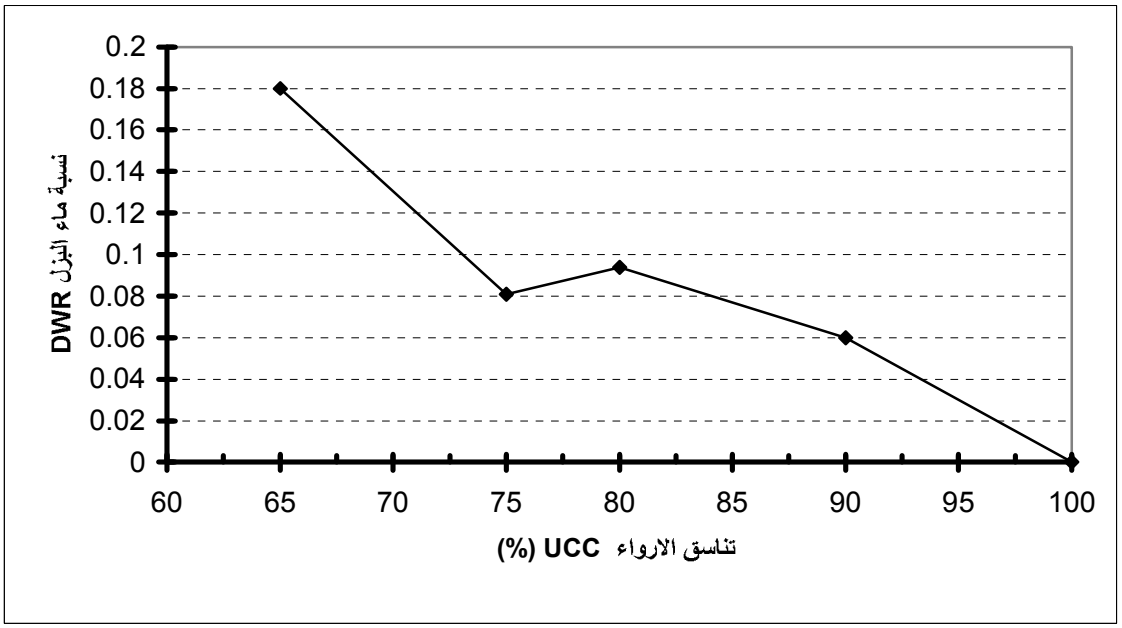


الشكل (5) يبين العلاقة بين الإنتاج النسبي والكفاءة النسبية لاستخدام المياه WUEr .



الشكل (6) يبين تأثير تناسق الارواء فى معدل عمق ماء الري ومعدل عمق ماء البزل لحالات مختلفة من الأستنزاف الرطوبي والري الناقص التي شملتها الدراسة.

وعلى هذا الأساس فان نسبة ماء البزل تلبي جزءاً من متطلبات الغسل او تزيد عنها ويبين الشكل (6) تأثير تناسق الارواء فى معدل عمق ماء البزل للحقل خلال الموسم تحت حالات مختلفة من الاستنزاف الرطوبي التي شملتها الدراسة الحالية ، اذ يلاحظ أن معدل عمق البزل يزداد مع قلة درجة تناسق الارواء على الرغم من وجود الري الناقص، أي إنه حتى لعمق الارواء الذي هو بالأساس غير كاف للمحصول نلاحظ وجود فواقد تخلل عميق (مياه بزل) للحقل، وتزداد كلما قلت درجة تناسق توزيع مياه الحقل ويرجع سبب ذلك إلى حصول بعض الأجزاء (المساحات) في الحقل ، على عمق ماء يزيد عن الاستنزاف الرطوبي لتلك الأجزاء والذي يذهب ضائعات تخلل عميق والتي بدورها تلبي جزءاً من متطلبات الغسل LR ، وبعبارة أخرى إنه حتى في حالة وجود الري الناقص توجد هناك فواقد تخلل عميق (مياه بزل) تلبي جزءاً من متطلبات الغسل LR ناتجة عن عدم التناسق في توزيع المياه خلال عملية الارواء ، والشكل (7) يبين تأثير تناسق الارواء فى نسبة ماء البزل .



الشكل (7) يبين معدل تأثير تناسق الارواء فى نسبة ماء البزل DWR لحالات مختلفة من الأستنزاف الرطوبي والري الناقص التي شملتها الدراسة.

الاستنتاجات

أوضحت النتائج ان نسبة النقص في الإنتاج تزداد بزيادة الاستنزاف الرطوبي وتقل مع زيادة درجة تناسق الارواء. ان التبخر- نتح الحقيقي للمحصول يزداد بزيادة تناسق الارواء ويقل بزيادة الاستنزاف الرطوبي (الري الناقص) ،أما فيما يتعلق بالري الناقص وعلاقته بكفاءة استخدام المياه فقد أوضحت النتائج ان الكفاءة النسبية لاستخدام المياه WUE_r تحت الري الناقص تزداد مع زيادة الاستنزاف الرطوبي ونسبة النقص في الري ، وهذا يدل على ان الري الناقص يؤدي الى الحصول على كفاءة عالية في استخدام المياه داخل الحقل ، كما بينت الدراسة أن الكفاءة النسبية في استخدام المياه WUE_r تقل بشكل طفيف بزيادة درجة تناسق الارواء وذلك لان قيمة التبخر- نتح للمحصول تزداد بزيادة درجة تناسق الارواء التي تؤدي إلى زيادة الإنتاج أيضاً ، ولكن نسبة الزيادة في الإنتاج تكون اقل من نسبة الزيادة في التبخر- نتح ، ويعتمد ذلك على حساسية المحصول للنقص في الرطوبة (قيمة معامل الإنتاجية K_y للمحصول) ، وإن ضائعات الرشح العميق تقل مع زيادة التناسق.

وتوصلت الدراسة أيضاً إلى أن النسبة بين الإنتاج الحقيقي إلى أعلى إنتاج تتناسب مباشرة مع النسبة بين الاستهلاك المائي الفعلي إلى الاستهلاك المائي الأقصى ، ولوحظ أن الكفاءة النسبية لاستخدام المياه تقل مع زيادة الانتاج النسبي للمحصول ، وذلك لان الإنتاج يزداد بزيادة كمية المياه المضافة للمحصول خلال الموسم ، وبذلك تقل إنتاجية وحدة الماء المستخدمة WUE_r. وقد أوضحت الدراسة بوجود مياه تخلل عميق (بزل) بنسبة مهمة حتى في حالة الري الناقص وذلك بسبب عدم تناسق الأرواء.

المصادر

1- FAO ,(1979) .Yield response to water .Irrigation and Drainage paper NO.33, Rome ,United Nations.
2- FAO,(1998). Crop evapotranspiration guidelines computing cropwater requirements Irrigation and Drainage paper NO.56, Rome, Italy.
3- Kirda ,C.(2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In: Deficit Irrigation Practices. Water Report NO.22. FAO, Rome, Italy.
4- Luthin, J., N., 1978. Drainage Engineering. Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, N.Y.
5- Oweis,T. and Hachum,A.(2004) .Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in west Asia and north Africa. Natural Resource Management Program, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) .Aleppo , Syria, October , 2004.
6- Yasin, H.I.(1985) .Effect of riser height and pressure on uniformity of water distribution under stationary sprinkler system. M.Sc.,University of Mosul, Iraq.
7- الزيدي، باسم محمد نصيف (2008)، تأثير تناسق الارواء في الانتاج تحت الري بالرش الناقص، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل.
8- اليونس ،عبد الحميد احمد، ومحفوظ عبد القادر محمد(1987) ،محاصيل الحبوب ،دار الكتب للطباعة والنشر،جامعة الموصل.
9-جلو، رياض عبد الجليل (2001) ، استنباط وتقويم هجن فردية مبكرة للزراعة الخريفية من الذرة الصفراء محلياً ، مجلة الزراعة العراقية ، العدد الأول ، المجلد السادس.
10- حاجم ، احمد يوسف وحقي اسماعيل ياسين (1992) ، هندسة نظم الري الحقلي،دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ، (1992).
11- شيت ، إيمان حازم (2006)، التخطيط الامثل للري الناقص في منطقة الجزيرة أطروحة دكتوراه ، جامعة الموصل ، كلية الهندسة.
12- وزارة النقل والمواصلات ، هيئة الأنواء الجوية ، شعبة المناخ ، بيانات يومية غير منشورة .

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل