برمجة الارواء المثلى

د.إيمان حازم شيت
قسم الموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل

الخلاصة

تم وضع أنموذج أمثلية رياضي لإيجاد احتياجات الري الأسبوعية المثلى لمحصول الذرة بدالة هدف زيادة العائدات حيث تم تقسيم موسم النمو إلى (17) أسبوع مع وضع محددات على الرطوبة في الخزان الجذري والتبخر-نتح الحقيقي والتخلل العميق بحيث تكون مجموع مياه الريات مساوية لكمية محددة من المياه متوفرة في بداية الموسم ، وتمت مقارنة النتائج مع أنموذج محاكاة معد مسبقا لإيجاد احتياجات الري . وقد تبين أن استخدام أنموذج الامثلية يقلل كميات مياه الري الموسمية للمحصول بنسبة 13% عنه عند استخدام أنموذج المحاكاة. يعد الأنموذج وسيلة سهلة ومناسبة لإيجاد احتياجات الري الأسبوعية ويمكن تطبيقه لأي محصول آخر بتغيير معلومات المحصول مقارنة مع استخدام نماذج المحاكاة حيث تأخذ وقتا أكثر ولا تعطي الكميات المثلى كما توفر كمياة كبيرة من المياه عند تطبيق الأنموذج لعدة محاصيل ولمساحات كبيرة.

الكلمات الدالة: الامثلية، جدولة الارواء، الإنتاجية المثلى

OPTIMAL IRRIGATION PROGRAMMING

Dr.Eman Hazim Sheet
Water Resource Dept., College of Eng., Mosul Univ.

Abstract

A mathematical optimization model for optimum weekly irrigation water requirements for maize crop at Mosul area is developed. The main objective function is to maximize profit. The growing season is divided into (17)weeks with constraints on actual evapotranspiration, soil moisture at the root zone and deep percolation. The total amount of irrigation water requirements is assumed known and limited at the beginning of the season. The results of this approach was compared with a previous simulation model for irrigation water requirement. It is found that optimization model reduce seasonal irrigation water by 13% compared with simulation models. The proposed model is simple for predicting weekly irrigation requirements and can be used for any crop by changing crop data. where simulation models take longer time and do not give optimal solutions. As this model is applied to many crops grown over large areas, a huge amount of irrigation water may be saved

KEYWORDS:optimization ,irrigation scheduling, optimal yield

أستلم 2008-5-28 قبل 2010-1-18

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة

يلعب الماء دورا مهما في الإنتاج الزراعي فكل نبات يحتاج كمية من الماء للقيام بعملياته الفيزيولوجية .تتضمن جدولة الارواء سؤالين مهمين هو متى يتم الارواء، وما هي كمية الارواء المضافة. ان المقصود ببرمجة الارواء ايجاد عدد الريات التي يحتاجها المحصول خلال الموسم. عندما تعطى كمية كافية من الماء فان الري يعطي الجذر كمية من الرطوبة ترفعه الى السعة الحقلية وتوقيت الري يقدر عندما تصل المنطقة الجذرية الى مستوى حرج من نقص الرطوبة أي ان الفراغ في الخزان الجذري يصل الى حد نسبة الاستنفاد الرطوبي المسموح بها، مثل هذه الجدولة تجعل النبات ينمو ويصل إلى انتاجه الأفضل. وتعتمد كمية الارواء على نوعية النبات ونوع التربة، والمحتوى الرطوبي الابتدائي للمنطقة الجذرية، والظروف المناخية كما تعتمد كمياته على مقدار الفراغ في الخزان الجذري .

إن التوزيع الامثل للمياه الفصلية وعلى مراحل النمو ضمن الفصل الواحد درست بصورة محدودة لمحصول واحد من قبل(Dudley et al.)[6,7] , حيث قدم دراسة لاختيار امثل مساحة زراعية خلال موسم زراعي باستخدام احد نماذج البرمجة الدينامية (Dynamic programming) وربط ذلك بتوفير خزين مائي في بحيرة, واستنتج أن أفضل مساحة ذات علاقة خطية تقريبا مع مستوى الماء في الخزان. أعقب ذلك(Dudley) [8] بدراسة لتحديد امثل مساحة يمكن ارواؤها بالاعتماد على ما يمكن توفيره من خزين مائي بدالة تهدف إلى تعظيم العائد الاقتصادي.

تم حساب عمق الريات وتوقيتها في برمجة الارواء للذرة والذرة البيضاء والفاصوليا المنقطة (Matanga and Marino) [11] , حيث جمعت البيانات عن كل محصول من المحاصيل الثلاثة, وتم اعتماد أنموذج أمثلية بالبرمجة الخطية بدالة هدف تعظيم الإنتاج الإجمالي تحت محددات مياه الري المتوفرة, وأسعار الري. أعطت النتائج مساحة كل محصول, الإنتاج الإجمالي, وكميات الارواء. تم تحليل الحساسية لإيجاد تأثير تغيير أسعار المحاصيل على الناتج الامثل.

وجد (Bras and Cordova) [3] أنّ امثل توزيع للمياه على طول فصل النمو يكون بالاعتماد على البرمجة الدينامية التصادفية (Stochastic dynamic programming) SDP، مع اعتبار رطوبة التربة كعامل عشوائي. أما (Martin et al).[10] فقد قاموا بتحليل معلومات عن حقل مزروع بثلاثة أنواع من المحاصيل، منها تعتمد على المطر (وأخرى على الري، واستخدموا البرمجة الدينامية المحددة (Deterministic dynamic programming) DDP لإيجاد امثل توزيع للمياه والمساحات لمجموعة من المحاصيل المروية وغير المروية على مدى خمس سنوات, ووجدوا أن أفضل نسبة من المساحة المروية تغيرت من 50% إلى 100% خلال تلك الفترة, وامثل عمق للري التنقيصي تغير من 65% إلى 85% من الري الكامل.

يعتبر [13] (Rao et al.)أهم من وضع أسس تخصيص المياه المحددة لأغراض الري لمجموعة محاصيل, حيث أن كل البحوث اللاحقة في هذا المجال اعتمدت عليه, حيث قاموا بتوزيع المياه المتوفرة بين محصولين والتوزيع كان فصلياً وضمن الفصل الواحد باستخدام البرمجة الدينامية(DDP) وباعتماد معاملات اقتصادية, المساحات المزروعة, وحساسية النبات للمياه خلال المراحل المختلفة, وبالاعتماد على دوال الإنتاج, وكانت النتائج النهائية هي التخصيصات الاروائية الأسبوعية. لم يستخدموا أكثر من محصولين لاعتمادهم على البرمجة الدينامية التي تحتاج إلى سعة ذاكرة كبيرة تزداد بازدياد عدد المراحل, وعدد الحالات, ومتغيرات القرار.

كما وضع(Juan et al.) [9] أنموذجاً لحساب امثل طريقة للري خلال فصل واحد حيث استخدموا معادلة مبسطة للعلاقة بين الإنتاج وكمية الارواء اخذين بنظر الاعتبار تناسق توزيع المياه، وكان الهدف هو وضع طريقة مبسطة يمكن استخدامها من قبل المزارع.

وضع [12] (Paul et al.) طريقة لتخصيص المياه في منطقة البنجاب في الهند. اخذوا بنظر الاعتبار التأثير العشوائي للتبخر- نتح وكمية المياه المتوفرة في القناة. وجدوا أولا العلاقة بين الإنتاج والماء باستخدام البرمجة الدينامية التصادفية (SDP) ومن ثم اشتقوا معادلات الإنتاجية للمحاصيل المقترحة. وضعوا أنموذجين, الأول اعتمد على البرمجة الدينامية المحددة (DDP) لإيجاد امثل توزيع للمياه والمساحات بين مجموعة من المحاصيل, والثاني امثل توزيع للمياه على طول فصل النمو لإيجاد كميات الارواء الأسبوعية المثلى .

قدم [5] (Chahraman and Sepaskhah) أنموذجاً لإيجاد التوزيع الامثل للمياه من خزان واحد لمشروع ري ضمن محددات معينة واشتمل التحليل على أنموذجين ,الأول- لتوزيع المياه بين المحاصيل ضمن الفصل الواحد باستخدام البرمجة اللاخطية, والثاني- لتوزيع المياه السنوية من الخزان بحيث يعطي أعلى فائدة في سنة معينة, اعتمد الأنموذج على بيانات الأمطار والتبخر- نتح و الجريان نحو الخزان والإطلاق.

وضعت (شيت) [1] أنموذجا للتخصيص الامثل للمياه بين مجموعة محاصيل الحنطة والبقول كمحاصيل شتوية، والذرة والقطن كمحاصيل صيفية كما قدمت أنموذجا رياضيا لإيجاد التخصيص الامثل للمياه على مراحل نمو المحصول المختلفة، حيث قسمت محصول الذرة الى خمسة مراحل ووجدت الاحتياجات الاروائية خلال تلك المراحل والتي تعطي أعلى فائدة.

الهدف من هذا البحث هو حساب أعماق الريات ومواعيدها لمحصول الذرة باستخدام أنموذج امثلية بدالة هدف زيادة العائدات ، كما تمت مقارنة النتائج مع النتائج المستحصلة من أنموذج محاكاة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

طرق ومواد البحث

تم وضع أنموذج امثلية بدالة هدف تعظيم العائدات لإيجاد التخصيصات الاروائية الأسبوعية لمحصول الذرة خلال موسم النمو.

الأنموذج (1) بدالة هدف تعظيم العائدات:

$$MAX..NB = A.[B*Y - C] \quad \text{.....(1).}$$

حيث أنّ:

NB : العائد الصافي (دينار عراقي)

A : المساحة المزروعة بالمحصول (هكتار)

B : أعلى سعر لبيع انتاج الهكتار الواحد من المحصول (دينار عراقي/هكتار)

C : كلفة الإنتاج وتشمل أسعار البذور والأسمدة والخدمة والآلات بالإضافة إلى مياه الري (دينار عراقي/هكتار)

$$Y = \frac{Y_{act}}{Y_{\max}} \quad \text{.....(2)}$$

حيث أن :

Y : الإنتاج النسبي للمحصول

Y_{act} : الإنتاج الحقيقي (طن/هكتار)

$Y_{\max}$: الإنتاج الأقصى (طن/هكتار)

$$TNB = A.\left[B*\left\{ \prod_{j=1}^{n} \left(1 - ky_j \left(1 - \frac{AET_j}{CPET_j} \right) \right) \right\} - C \right] \quad \text{.....(3)}$$

حيث أنّ:

TNB : العائدات الصافية الكلية (دينار عراقي)

j : مؤشر لاسبوع نمو المحصول

n : عدد الاسابيع

A : المساحة المزروعة بالمحصول (هكتار)

B : أعلى سعر لبيع انتاج الهكتار الواحد من المحصول (وتساوي 450 ألف دينار/هكتار) (دينار عراقي/هكتار)

ky_j : معامل الإنتاج للاسبوع j

AET_j : التبخر-النتح الحقيقي للاسبوع j (ملم)

$CPET_j$: التبخر-النتح الكامن للمحصول للاسبوع j

C : كلفة الإنتاج للمحصول (دينار عراقي/هكتار)

وتحسب من :

$$C = a + b(X) \quad \text{.....(4)}$$

حيث أنّ :

a : ثابت يمثل أسعار البذور والأسمدة والخدمة والآلات (وتساوي 76 ألف دينار/هكتار)

b : سعر ماء الري (دينار عراقي/م^3)

X : عمق الارواء الموسمي للمحصول (ملم)

أما المحددات فهي

$$SM_{j+1}RZ_{j+1} = SM_jRZ_j + X_j + Rain_j - AET_j + SM_\circ\left(RZ_{j+1} - RZ_j\right) - DP_j..$$

$$j = 1,2,3,4,5,.....n$$

.....(5)

$$AET_j <= CPET_j \quad \text{.....(6)}$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

$$AET_j <= \frac{SM_j}{(1-p)TAW_j} CPET_j \quad \text{.....(7)}$$

$$SM_j <= FC \quad \text{.....(8)}$$

$$SM_j >= PWP \; . \quad \text{.....(9)}$$

$$DP_j <= (1-AE)X_j \quad \text{.....(10)}$$

حيث أنّ:

SM_j : المحتوى الرطوبي للأسبوع j (ملم/سم)

$SM_\circ$: المحتوى الرطوبي الابتدائي (ملم/سم)

X_j : عمق الارواء للأسبوع j (ملم)

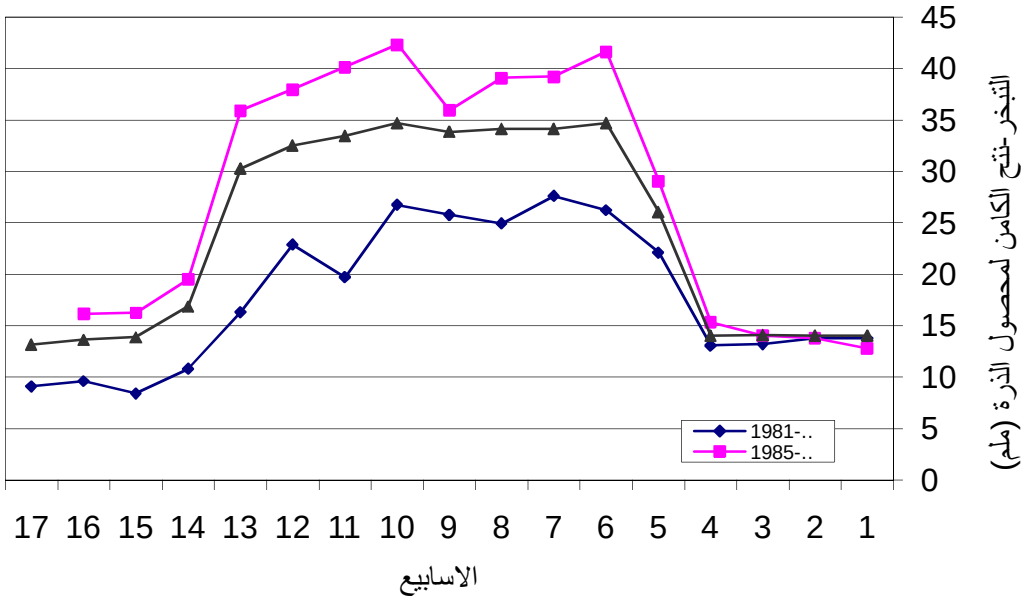
RZ_j =عمق الجذر في بداية الأسبوع j

p = نسبة من الماء الكلي المتيسر الذي يمكن أن يستنفذ من الجذر قبل التعرض للإجهاد (=0.55 لمحصول الذرة)[2] .

DP_j : التخلل العميق للأسبوع j (ملم)

AE : كفاءة إضافة المياه (%)

تم تقسيم طول موسم نمو محصول الذرة (120 يوم للفترة من 7/1 الى 10/28) إلى فترات أسبوعية(17 أسبوع) لإيجاد التخصيصات الاروائية لكل أسبوع، تم استخدام الأنموذج الحاسوبي (شيت) [1] لإيجاد التبخر-نتح الكامن بطريقة بينمان مونتيث لكل أسبوع من موسم نمو محصول الذرة ولمدة (20)سنة للفترة من (1980-2000) ومن ثم تم حساب معدل التبخر-نتح الكامن الاسبوعي على مدى الفترة المحددة والشكل (1)يبين التغير في التبخر-نتح الكامن لثلاث سنوات، سنة تمتاز بقلة ETo (1981-1982) وأخرى أعلى ETo (1985-1986) والثالث لمعدلETo . أما قيم (ky) فقد تم إيجادها لمراحل نمو محصول الذرة (Allen) [2] وتم توزيعها على الفترات الأسبوعية لعدم توفر قيم أسبوعية لمعامل الإنتاج (ky).



الشكل(1): التبخر-نتح الكامن الاسبوعي لمحصول الذرة في منطقة الموصل لثلاث سنوات جافة ورطبة ولمعدل التبخر-نتح الكامن لمدة(20)سنة

تم إيجاد تغير عمق الجذر لكل أسبوع من معادلة (Borg and Grimes)[4]

$$RZ(I) = MRD\left[0.5 + 0.5\sin\left\{3.03\left(\frac{I}{Dm}\right) - 1.47\right\}\right] \quad \text{.....(11)}$$

www.manaraa.com

حيث أنّ:
RZ : عمق الجذر (ملم)
I : تسلسل اليوم من فترة نمو المحصول
MRD : أقصى قيمة لعمق الجذر ويساوي (135 سم)
Dm : عدد الأيام لكي يصل النبات إلى أقصى عمق للجذر (61 يوم)

والجدول (1) يبين القيم الأسبوعية لمعدلات التبخر-نتح الكامن، معامل الإنتاج وعمق الجذر، كما يبين توزيع الاسابيع بالنسبة لمراحل النمو المختلفة حيث مرحلة الإنبات (4) أسابيع والنمو الخضري(4) أسابيع و التزهير(3) أسابيع وتكوين الثمار (5) أسابيع والنضج أسبوع.

الجدول(1): القيم الأسبوعية لمعدلات التبخر-نتح الكامن لفترة(20) سنة ، معامل الإنتاج، معامل محصول الذرة وعمق الجذر

الاسبوع	مراحل النمو	معامل محصول الذرة Kc	التبخر-نتح الكامن للمحصول(ملم) ETcrop	معامل الإنتاج ky	عمق الجذر (سم)
1	الاولى (الانبات)	0.4	14	0.4	7
2			14		20
3			14		40
4			14		62
5	الثانية (النمو الخضري)	1.0	26		85
6			35		107
7			34		121
8			34		135
9	الثالثة (التزهير)	1.1	34	1.5	
10			35		
11			33		
12	الرابعة (تكوين الثمار)		32	0.5	
13		0.55	30		
14			17		
15			14		
16			14		
17	الخامسة (النضج)		13		

تم اعتبار المحتوى الرطوبي الابتدائي عند السعة الحقلية لتربة متوسطة النسجة (3.1 ملم/ سم) ونقطة الذبول الدائم (1.5 ملم/سم)

محددات الموازنة المائية للخزان الجذري

$$SM_1RZ_1 = 3.1*7 = 21.7 \quad \text{.....(12)}$$

$$SM_2RZ_2 = 3.1*7.0 + X_1 + 3.1(20-7) - AET_1 - DP_1 \quad \text{.....(13)}$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

$$SM_2 * 20 = 62 + X_1 - AET_1 - DP_1 \quad \text{.....(14)}$$

$$SM_2 = (62 + X_1 - AET_1 - DP_1)/20 \quad \text{.....(15)}$$

وبنفس الطريقة:

SM3=(20*SM2+X2-AET2+62-D2)/40;
SM4=(40*SM3+X3-AET3+68.2-D3)/62;
SM5=(62*SM4+X4-AET4+71.3-D4)/85;
SM6=(85*SM5+X5-AET5+68.3-D5)/107;
SM7=(107*SM6+X6-AET6+43.4-D6)/121;
SM8=(121*SM7+X7-AET7+43.4-D7)/135;
SM9=(135*SM8+X8-AET8-D8)/135 ;.....(16)
SM10=(135*SM9+X9-AET9-D9)/135;
SMi =(135*SM_{i-1}+X_{i-1} -AET_{i-1}-D_{i-1}/135; ……..for i=11-17

3) محددات المحتوى الرطوبي:حيث تم فرض المحتوى الرطوبي الابتدائي للمرحلة الأولى عند السعة الحقلية ،أما بقية المراحل فيكون المحتوى الرطوبي ما بين السعة الحقلية(3.1ملم/سم)ونقطة الذبول الدائم (1.5 ملم/سم).

$$SM_1 = 3.1$$
$$3.1 >= SM_i >= 1.5 \quad \text{.....(17)}$$
$$i = 2,3,4.$$

4)محددات التخلل العميق أو الضائعات: تم حساب التخلل العميق كنسبة من مياه الري [4] (Chahraman) بفرض أن كفاءة إضافة المياه(AE) تساوي 70%.

$$DP_i <= (1-0.7)X_i$$

$$DP_i <= 0.3 * X_i \quad \text{.....(18)}$$
$$i = 1,2,3,.....17$$

الأنموذج الثاني، أنموذج المحاكاة: تم تطبيق أنموذج المحاكاة لبرمجة الإرواء اليومية (شيت)[1] لإيجاد الاحتياجات الاروائية اليومية لمحصول الذرة لفترة(20)سنة ومنها تم إيجاد معدل الاحتياجات الأسبوعية

النتائج والمناقشة

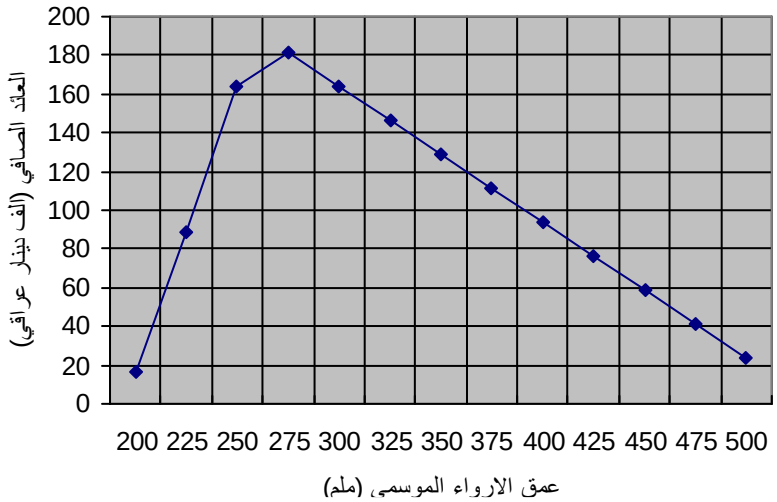
تم تنفيذ الأنموذج بدالة هدف زيادة العائدات، باستخدام برنامج (LINGO)وكانت نتائج الأنموذج هي الريات الأسبوعية المثلى للحصول على أعلى عائدات وكما في الجدول(2)، مع العلم ان كمية المياه الكلية المتوفرة للري محدودة وهي(315 ملم) تم حسابها من أنموذج المحاكاة (أنموذج 2) حيث تمثل احتياجات الري الموسمية لمحصول الذرة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول(2): الريات الأسبوعية والمقترحة المثلى للأنموذجين الاول والثاني

الاسابيع	أنموذج (1)		أنموذج (2)	
	الريات الأسبوعية (ملم)	الريات المقترحة	الريات الأسبوعية (ملم)	الريات المقترحة
1	3.0	40	5	40
2	3.0		30	
3	36.0		7	
4	5.0	60	7	79
5	35.0		32	
6	16.5		40	
7	78.0	78	43	101
8	10.0	63	58	
9	53.0		16	93
10	28.0	76	55	
11	48.0		18	
12	0.00		3.5	
13	0.00		0	
14	0		0	
15	0		0	
16	0		0	
17	0		0	
المجموع	315.5		315.5	

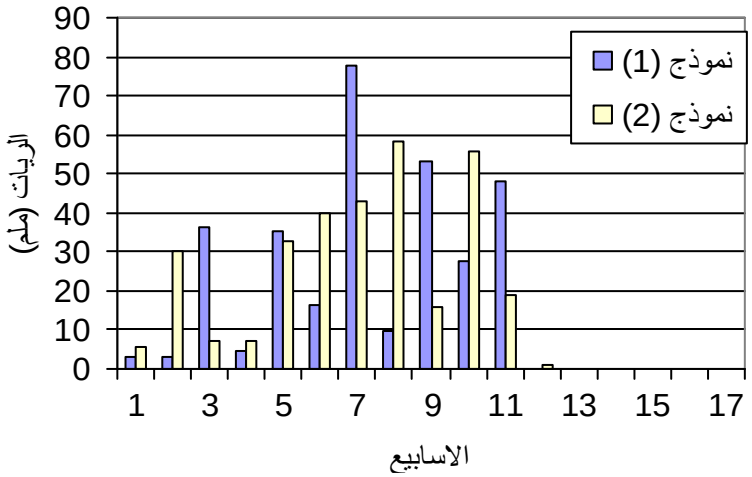
نلاحظ من الجدول(2) أن أقصى ريه خلال الأسبوع السابع (78 ملم) بينما الأسابيع الستة الأخيرة لا تحتاج إلى ري مع ريات خفيفة خلال الأسابيع الأولى أما باستخدام نموذج المحاكاة فان كميات الري اختلفت مع المواعيد، حيث أقصى رية(58 ملم) خلال الأسبوع الثامن، من الناحية العملية لايمكن اعطاء رية بعمق 3 ملم أو 5 ملم لذلك تم دمج بعض هذه الارقام لتكوين ريات مقترحة كما في العمودين الثالث والخامس من الجدول ويفضل من الناحية العملية ان يكون عمق الريات متساوي ماعدا الرية الاولى والتي تسمى رية الزراعة او الانبات لذلك يمكن اقتراح خمس ريات رية ابتدائية بعمق 40 ملم و اربع ريات بعمق 70 ملم . تم تشغيل النموذج لعدة قيم لكمية المياه المتوفرة في بداية الموسم من (200 الى 500 ملم) مع ايجاد قيم العائدات الصافية وتبين أن الحل الأمثل للأنموذج هو(275 ملم) كما في الشكل(2)، ان كمية الارواء المثلى هي (275ملم) بعائد صافي (181.3) الف دينار عراقي، ، بينما عند زيادة كمية المياه تقل العائدات نظرا لزيادة تكاليف ماء الري



الشكل(2):تغير العائد الصافي بتغيير عمق الارواء الموسمي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يمكن اعتبار الأنموذج طريقة سهلة ومبسطة لحساب كميات الارواء الأسبوعية خلال موسم نمو أي محصول باستخدام الطريقة المبينة كما تمت مقارنة أنموذج الامثلية مع أنموذج محاكاة لبرمجة الارواء (شيت 2006) وباستخدام أنموذج المحاكاة تبين ان احتياجات الري الموسمية لمحصول الذرة هي (315 ملم) بينما توزيع هذه الريات سيتغير خلال الموسم كما في الشكل (3) لنموذجين مختلفين.



. الشكل(3): احتياجات الري الاسبوعية لأنموذجين مختلفين

المصادر

1. .شيت، إيمان حازم (2006)." التخطيط الأمثل للري ألتنقيصي في منطقة الموصل " اطروحة دكتوراه ،كلية الهندسة، قسم الموارد المائية، جامعة الموصل.
2. Allen, R. G. ,L.S. Pereira, D. Raes and M.Smith (1998). " Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements ".FAO Irrigation and Drainage paper No.56, Rome, Italy.
3. Bras, L. R. and J. R. Cordova (1981). "Intraseasonal water allocation in deficit irrigation". Water Resources Research, 17(4): 866-874.
4. Borg, H. and D.W.Grimes (1986). "Depth development of roots with time: An empirical description ".Trans. ASAE. 29(1), 194-197.
5. Chahraman, B. and A. Sepaskhah (2002). "Optimal allocation of water from a single reservoir to an irrigation project with pre-determined multiple cropping pattern". Irrigation Science, 21: 127-137.
6. Dudley, N. J., D. T. Howell and W. D. Musgrave(1971,a). "Irrigation planning 2. Choosing optimal acreages within a season". Water Resources Research , 7(5): 1051-1063.
7. Dudley, N. J., D. T. Howell and W. D. Musgrave(1971,b). "Irrigation planning 3. The best size of irrigation area for a reservoir". Water Resources Research , 8(1): 7-17
8. Dudley, N. J. (1972). "Irrigation planning 4:Optimal intraseasonal water allocation". Water Resources Research, 8(3)586-594.
9. Juan, J. A., J. M. Tarjuelo, P. Garcia, and M. Valiente (1996). "A model for optimal cropping patterns within the farm based on crop water production functions and irrigation uniformity. I: Development of decision model". Agriculture Water Management, 31: 115-143.
10. Martin, D. L ., J. Brocklin and G. Wilmes (1989,a). "Operating rules for deficit irrigation". Trans. ASAE 32(4): 1207-1215.
11. Matanga, G. B. and M. A. Marino (1979). "Irrigation planning 1. Cropping pattern" . Water Resources Research , 15(3): 627-678.
12. Paul, S., S. M. Panda and D. N. Kumar (2000). "Optimal irrigation allocation , a multilevel approach". Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE. 126(3): 149-156.
13. Rao, N. H. , P. B. S. Sarma and S. Chander (1990). "Optimal multicrop allocation ofseasonal and intraseasonal irrigation water" . Water Resources Research , 26(4): 551-559.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com