# استنباط معاملات دالة إنتاجية محصول الذرة لأنموذج جينسن

**د. أحمد يوسف حاجم** **د. إيمان حازم شيت**
**أستاذ** **مدرس**
كلية الهندسة/قسم هندسة الموارد المائية
جامعة الموصل – الموصل / العراق

**الخلاصة**

من النماذج المهمة المقترحة لمعادلة إنتاجية المحصول هو أنموذج جينسن. يتطلب تطبيق هذا النموذج قيم لمعاملات أسية تعكس حساسية المحصول لنقص الماء لكل مرحلة من مراحل النمو. إلا إن قيم هذه المعاملات متوفر فقط لعدد محدود جدا" من المحاصيل. من نماذج الأنتاج الأخرى هو أنموذج دورنبوز و القسام (Doorenbos and Al-Kassam) الذي يمتاز بتوفر قيم لمعاملات حساسية المحصول له (للموسم أو لكل مرحلة نمو) ولمحاصيل عديدة. لذا استهدف البحث الحالي محاولة الربط بين الأنموذجين. وجد أن القيم المثلى للمعاملات الأسية للإنتاجية لمحصول الذرة في أنموذج جينسن هي (0.1 و0.22 و2.5 و0.3 و0.1) لمراحل النمو الخمسة على التوالي. كما تم ربط معاملات جينسن بمعاملات أنموذج دورنبوز والقسام لدالة الإنتاج أيضا وذلك باعتماد معادلة متعددة الحدود. وبهذا يمكن حساب معامل الإنتاج لأي مرحلة نمو في أنموذج جينسن من معرفة معامل الإنتاج لتلك المرحلة ولكن من أنموذج دورنبوز والقسام. كما وتمت مقارنة معاملات جينسن المستحصلة في هذه الدراسة مع معاملات وجدت في بحوث أخرى و أعطت المقارنة نتائج مقاربة.

***الكلمات المفتاحية:*** دالة إنتاجية المحصول، معاملات الإنتاجية، أنموذج جينسن، الذرة

# Estimating Yield Response Factors for Maize Crop in Jensen Model

**Dr. Ahmed Yousif Hachum** **Dr. Eman Hazim Sheet**

**Water Resources Department,**
**College of Engineering, University of Mosul , Mosul, Iraq**

## ABSTRACT

Among the important proposed water-dependent crop production function is that of Jensen's. The application of this model requires knowledge of power parameters that reflect the sensitivity of each growth stage to water deficit. However, the values of these parameters are available only for a limited number of crops. Among the production models to which sensitivity parameters are quite available is that of Doorenbos and Al-Kassam. The objective of this study is to relate these two models. The results of the analysis showed that the yield response parameters for maize crop in Jensen model were found to be (0.1, 0.22, 2.5, 0.3, 0.1) respectively. Also, a polynomial equation is developed to relate predicted yield response parameters in Jensen model to yield response factors, valid for all growth stages, in Doorenbos and Al-Kassam model. A comparison was made between the predicted parameters with those obtained from previous works indicating acceptable agreement.

***Keywords***: crop production function, yield response factor, Jensen model, maize.

**أستلم في 2008/3/11** **قبل في 2009/6/29**

## المقدمة

تعد علاقة الماء بالإنتاج أو علاقة التبخر–نتح بالإنتاج، وهي ما تسمى بدالة إنتاجية المحصول، من المتطلبات الأساسية في دراسة و تقويم وإدارة الري الحقلي (Jensen,1968; Stewart and Hagan,1973; Doorenbos and Al-Kassam, 1979). تستخدم هذه الدوال لحساب التأثيرات الاقتصادية عند مستويات مختلفة من توفر المياه للمحصول. من أولى البحوث التي وضعت لتقدير معادلات الإنتاجية Yaron (1971) حيث وضع معادلات تجريبية تم تقديرها باستخدام تحليل الانحدار لعدة تجارب حقلية.

أجرى Hexam and Heddy (1978) دراسة عن دالة إنتاجية المحصول وذكرا انه عند وصف العلاقة بين الإنتاج والماء, فان هذا الماء يشمل مياه الري, بالإضافة إلى الأمطار والمحتوى الرطوبي الابتدائي, لذا فان هذه العلاقات لايمكن استخدامها خارج الحدود الجغرافية للمنطقة المحسوبة بها, أو إذا تغير نوع التربة أو طريقة إدارة الري, وتم الاتجاه إلى الدالة التي تربط الإنتاج بالتبخر –نتح (Doorenbos and Al-Kassam, 1979) وربط العلاقة بين النقص في التبخر-نتح مع النقص في الإنتاج بما يسمى بمعامل الإنتاج. كما وجدا قيم معاملات الإنتاج لمحاصيل مختلفة ولمراحل نمو مختلفة, حيث إن نقصان التبخر- نتح يمكن أن يتوزع على طول مراحل النمو بصورة مختلفة.

قدم Martin et al. (1984) نموذج محاكاة (Simulation model) لتقدير تأثير الري التنقيصي على الإنتاج. صمم النموذج لتقدير الإنتاج مع عمل موازنة مائية يومية لحساب التبخر- نتح وكفاءة الارواء والمطر الفعال واستنبطت علاقات تربط الماء مع الإنتاج وتمت مقارنتها مع الإنتاج من تجارب حقلية. أعقب ذلك بحث آخر لإيجاد العمق الامثل للارواء خلال الموسم باستخدام معادلات الإنتاجية التي يمكن حسابها من التجارب الحقلية أو نماذج المحاكاة، Martin et al. (1989).

وجد Kipkorir et al. (2002) معادلات الإنتاجية لمحصولي الذرة والبصل تحت نظام ري بالمروز لتربة طينية غرينية في المناطق شبه الجافة في كينيا ووجدوا قيم معاملات الإنتاج الموسمي للمحصولين هما 1.21 و1.28 على التوالي. كما ربط Liu. et al. (2002) بين الإنتاج و التبخر- نتح وكفاءة استخدام المياه, وتم إيجاد العلاقة التربيعية بين التبخر- نتح والإنتاج للذرة من معلومات من تجارب حقلية وأعطوا معادلات خطية و تربيعية لربط المتغيرات.

يهدف البحث الحالي الى محاولة الربط بين أنموذجين للأنتاج لغرض استنباط قيم معاملات الأنتاجية لأنموذج جينسن للمحاصيل التي يتوفر لها معاملات إنتاجية في أنموذج دورنبوز و القسام مع مقارنة معاملات جينسن المستحصلة في هذه الدراسة مع معاملات في بحوث أخرى منشورة.

## طرق ومواد البحث

تم تقسيم موسم نمو محصول الذرة الى خمس أقسام وهي مرحلة البداية، النمو الخضري، التزهير، تكوين الناتج، والنضج ، كما تم إيجاد قيم معاملات الإنتاج في معادلة دورنبوز والقسام (Doorenbos and Al-Kassam, 1979) لكل مرحلة من المراحل والجدول (1) يبين قيم هذه المعاملات مع طول كل مرحلة من المراحل.

الجدول(1):معاملات الإنتاج ($k_y$) في معادلة دورنبوز والقسام وطول مراحل النمو لمحصول الذرة (Doorenbos and Al-Kassam, 1979)

| المرحلة | طول المرحلة (يوم) | معامل الإنتاج (ky). |
|---|---|---|
| البداية | 21 | 0.2 |
| النمو الخضري | 26 | 0.4 |
| التزهير | 12 | 1.5 |
| تكوين الناتج | 25 | 0.4 |
| النضج | 14 | 0.2 |
| المجموع | 120 | |

باعتماد معادلة جينسن للانتاجية فان الانتاج النسبي:

$$Y \Big/ Y_{\max} = \prod_{j=1}^{ns} (AET_j / CPET_j)^{\lambda j} \qquad \text{.....(1)}$$

اذ ان:-

$Y$ :الانتاج الحقيقي

$Y_{\max}$ : الانتاج الاقصى

$AET_j$ : التبخر- نتح الحقيقي

$CPET_j$ :التبخر -نتح الكامن لمحصول الذرة للمرحلة j

$\lambda_j$ : معامل الانتاجية ويتمثل بـــأس المرحلة j

$j$ : ترتيب المرحلة

$ns$ : عدد المراحل ويساوي 5

ان قيم $\lambda_j$ تبين حساسية كل مرحلة من المراحل لنقصان الماء في التربة وقد تم وضع قيم افتراضية لنسبة التبخر -نـــتح الحقيقي الى التبخر -نتح الكامن لمحصول الذرة (0.2 ، 0.4، 0.6، 0.8، 1.0) ولكل مرحلة من مراحل النمو الخمسة وبهذا يكون عدد الحالات (السناريوهات) المدروسة $5^5$ = 3125 حالة. وبتعويض هذه النسب فـــي معادلـــة دورنبـــوز والقسام المبينة أدناه (المعادلة 2) يمكن الحصول على 3125 قيمة للأنتاج النسبي أي نسبة الأنتاج الحقيقي الى الأنتـــاج الأقصى ($Y/Y_{max}$ ) والتي تمثل أيضا" قيم الطرف الأيسر في المعادلة (1):

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \prod_{j=1}^{ns} (1 - ky_j (1 - \frac{AET_j}{CPET_j})) \qquad \text{..... (2)}$$

والتي فيها $ky_j$ يمثل معامل إنتاجية المحصول لكل مرحلة من مراحل النمو وهذه المعاملات متوفرة لعدد كبير من المحاصيل (Doorenbos and Al-Kassam, 1979 ). أما $\frac{AET}{CPET}$ فتمثل نسبة التبخرنتح الحقيقي الى التبخرنتح الأقصى للمرحلة i . ولغرض تقويم المعاملات $\lambda_j$

في المعادلة (1) يتم أخذ لوغاريتم طرفي هذه المعادلة لتحويلها الى معادلة خطية تحوي خمسة حدود لخمس مراحل نمو وكما مبين فيما يلي:

$$Z = \lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 + \lambda_3 X_3 + \lambda_4 X_4 + \lambda_5 X_5 \qquad \text{.....(3)}$$

حيث أن:

Z = لوغاريتم ($Y/Y_{max}$ )

X = لوغاريتم ($\frac{AET}{CPET}$)

تمثل الأرقام 1 و2 و3 و4 و5 مراحل النمو الخمسة. وحيث أن هنالك 3125 قيمة (طاقم أومجموعة ) لـــ Z و X1 وX2 وX3 وX4 و X5 بينما المجهول في المعادلة (3) هي قيم $\lambda_j$ الخمسة، عليه فقد تم استخدام طريقة الأنحدار الخطي متعدد الحدود (طريقة المربعات الصغرى) في حساب القيم المثلى للمعاملات $\lambda_j$ حيث تم تشكيل المعادلات الخمس الآتية بخمس معاملات مجهولة:

$$\sum Y_i X_{1i} = \lambda_1 \sum X_{1i}^2 + \lambda_2 \sum X_{1i} X_{2i} + \lambda_3 \sum X_{1i} X_{3i} + \lambda_4 \sum X_{1i} X_{4i} + \lambda_5 \sum X_{1i} X_{5i} \text{.....(4)}$$

$$\sum Y_i X_{2i} = \lambda_1 \sum X_{1i} X_{2i} + \lambda_2 \sum X_{2i}^2 + \lambda_3 \sum X_{2i} X_{3i} + \lambda_4 \sum X_{2i} X_{4i} + \lambda_5 \sum X_{2i} X_{5i} \text{.....(5)}$$

$$\sum Y_i X_{3i} = \lambda_1 \sum X_{1i} X_{3i} + \lambda_2 \sum X_{2i} X3i + \lambda_3 \sum X_{3i}^2 + \lambda_4 \sum X_{3i} X_{4i} + \lambda_5 \sum X_{3i} X_{5i} \text{.....(6)}$$

$$\sum Y_i X_{4i} = \lambda_1 \sum X_{1i} X_{4i} + \lambda_2 \sum X_{2i} X_{4i} + \lambda_3 \sum X_{3i} X_{4i} + \lambda_4 \sum X_{4i}^2 + \lambda_5 \sum X_{4i} X_{5i} \ldots\ldots (7)$$

$$\sum Y_i X_{5i} = \lambda_1 \sum X_{1i} X_{5i} + \lambda_2 \sum X_{2i} X_{5i} + \lambda_3 \sum X_{3i} X_{5i} + \lambda_4 \sum X_{4i} X_{5i} + \lambda_5 \sum X_{5i}^2 \ldots\ldots (8)$$

والتي يتغير فيها العداد $i$ من 1 الى 3125.

## النتائج والمناقشة

بعد حساب قيم الكميات الحاوية على رمز الجمع $\sum$ تم الحصول على المعادلات الخمسة الخطية الآتية:

$$473.4 = 352.2\lambda_1 + 200.4\lambda_2 + 126.8\lambda_3 + 200.4\lambda_4 + 200.4\lambda_5 \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

$$493.2 = 200.4\lambda_1 + 352.8\lambda_2 + 126.8\lambda_3 + 200.4\lambda_4 + 200.4\lambda_5 \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

$$428.7 = 126.8\lambda_1 + 126.8\lambda_2 + 135.6\lambda_3 + 126.8\lambda_4 + 126.8\lambda_5 \ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

$$505 = 200.4\lambda_1 + 200.4\lambda_2 + 126.8\lambda_3 + 352.8\lambda_4 + 200.4\lambda_5 \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

$$473.4 = 200.4\lambda_1 + 200.4\lambda_2 + 126.8\lambda_3 + 200.4\lambda_4 + 352.8\lambda_5 \ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

وقد تم حل هذه المعادلات باستخدام برنامج الماتلاب (MATLAB) ومنها تم الحصول على قيم $\lambda_i$ كما في الجدول (2):

الجدول(2) : معاملات الإنتاج $\lambda_j$ لمحصول الذرة في أنموذج جينسن للأنتاج

| المرحلة | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| معامل الانتاج | 0.1 | 0.22 | 2.5 | 0.3 | 0.1 |

كما تم ايجاد العلاقة بين معامل الانتاجية في معادلة جينسن ومعامل الانتاجية لمعادلة دورنبوز والقسام لمحصول الذرة حيث تم ربط المتغيرين بمعادلة متعددة الحدود وبمعامل ارتباط (0.992).

$$\lambda_i = 0.9172 ky_i^2 + 0.29 ky_i \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

ان المعادلة اعلاه يمكن استخدامها لايجاد قيم $\lambda_i$ لأي قيمة لـ $ky_i$ وتطبيق معادلة جينسن ، كما تمت مقارنة قيم $\lambda_i$ التي تم الحصول عليها مع نفس القيم في معادلة كيبكورير (Kipkorir) كما في الجدول (3):

الجدول(3): معاملات الانتاج المحسوبة لمحصول الذرة في إنموذج جينسن

| معامل كيبكورير $\lambda$ | معامل $\lambda$ للأنموذج المقترح |
|---|---|
| 0.15 | 0.1 |
| 0.32 | 0.22 |
| 1.92 | 2.5 |
| 0.42 | 0.3 |
| 0.153 | 0.1 |

من الجدول (3) يمكن ملاحظة التقارب بين القيم التي تم الحصول عليها والقيم التي حصل عليها كيبكورير كما ان اكثر المراحل حساسية لنقصان المياه هي المرحلة الثالثة ثم الرابعة والثانية اما المرحلتين الابتدائية والنهائية فإنهما اقل حساسية. كما تم تطبيق معادلة جينسن بفرض قيم عشوائية من القيم الافتراضية لنسبة التبخر-نتح الحقيقي الى الكامن وايجاد قيم نسبة الانتاجية حسب المعادلة المقترحة و معادلة كيبكورير ويبين الجدول (4) مقارنة بين نسب الأنتاجية المستحصلة من المعادلتين، حيث يتبين بأن التقارب في نسب الأنتاج مقبول من الناحية العملية عند الأخذ بنظر الاعتبار العوامل الكثيرة والمتداخلة التي تؤثر على الإنتاج تحت ظروف الحقل.

الجدول(4): نسب الإنتاج لمحصول الذرة للأنموذج المقترح وأنموذج كيبكورير

| نسبة التبخر-نتح الحقيقي الى التبخر- نتح الكامن | نسبة الأنتاج y/ymax | |
|---|---|---|
| المرحلة | ألأنموذج المقترح | أنموذج كيبكورير |

| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.87 | 0.91 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.4 |
| 0.74 | 0.82 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.4 | 1.0 |
| 0.17 | 0.10 | 1.0 | 1.0 | 0.4 | 1.0 | 1.0 |
| 0.68 | 0.76 | 1.0 | 0.4 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 0.87 | 0.91 | 0.4 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

## المصادر


1. Doorenbos, J. and A. H. Kassam (1979). "Yield response to water". FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33.
2. Hexam, R. W. and E. O. Heady (1978). "Water production function for irrigated agriculture". Enter for Agriculture and Rural Development, Iowa State University press, Ames, IA.
3. Jensen, M.E. (1968)." Water consumption by agriculture plants ".Water Deficits and Plant Growth , T T. Kozlowski, 1st ed., vol. 2,Academic press, New York, pp. 1-22.
4. Kipkorir, E. C. , D. Raes and B. Massawe (2002)."Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in Perkerra, Kenya". Agricultural Water Management, 56: 229-240.
5. Liu, W. Z. , D. J. Hunsaker, Y. S. Li, X. Q. Xie, and G. W. Wall (2002). "Interrelations of yield, evapotranspiration, and water use efficiency from marginal analysis of water production functions". Agricultural Water Management, 56: 143-151.
6. Martin, D. L ., D. G. Watts and J. R. Jilley (1984). "Model and production function for irrigation management". Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 110(2): 149-164.
7. Martin, D. L. , J. R. Gilley and R. J. Supalla (1989). " Evaluation of irrigation planning decisions" Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 115(1): 58-77.
8. Stewart, J. I. and R. M. Hagan (1973). "Function to predict effects of crop water deficits". Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 99(4): 421-439
9. Yaron, D. (1971). "Estimation and use of water production function in crops". Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 97(2): 291-303.


تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل