



برنامج الري الناقص لترشيد المياه "محصول الخيار"



أ.د. عبد رب الرسول موسى العمران
أ. إبراهيم إدريس لوكي

٢٤

سلسلة الإصدارات العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

الإصدار الرابع والعشرون - السنة الثالثة عشر

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
سلسلة الإصدارات العلمية
إصدار رقم (٢٤)

برنامج الري الناقص لترشيد المياه «محصول الخيار»

عبد رب الرسول موسى العمران وإبراهيم إدريس لوكي

قسم علوم التربة
كلية علوم الأغذية والزراعة
جامعة الملك سعود

١٤٣٣ هـ



ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٣هـ
الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمران. عبد رب الرسول بن موسى
برنامج الري الناقص لقرشيد المياه: محصول الخيار. / عبد رب الرسول
موسى العمران: إبراهيم ادريس لوكي - الرياض، ١٤٣٣هـ
٤٠ ص، ١٦,٧٥ × ٢٣,٥ سم
ردمك: ٩٧٨-٦٠٣-٩٠٣٣١-٠-٣

١- الخيار - زراعة ٢- الري أ. لوكي، إبراهيم ادريس (مؤلف مشارك)
ب. العنوان ج. السلسلة
ديوي ٦٣٥,٦ ١٤٣٣/٣٤٩٠

رقم الإيداع : ١٤٣٣/٣٤٩٠
ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٩٠٣٣١-٠-٣

حقوق الطبع محفوظة
الطبعة الأولى
١٤٣٣ هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مجلس إدارة

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

الرئيس الضخري للجمعية:

صاحب السمو الملكي الأمير فهد بن سلطان بن عبدالعزيز

رئيس مجلس إدارة الجمعية:

أ.د. إبراهيم بن محمد عارف

نائب الرئيس:

أ. زياد بن علي الجميعة

أمين المجلس:

أ.د. سالم بن سفر الغامدي

أمين المال:

أ.د. محمد بن شايع الشايع

أعضاء مجلس الإدارة:

أ.د. إبراهيم بن محمد الشهوان

د. سليمان بن علي الفيقي

د. محمد بن عزيز آل عزيز

أ. محمد بن سعد العيسى

م. خالد بن عبد المحسن الباتع

هيئة تحرير سلسلة الإصدارات العلمية

للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

رئيس التحرير:

أ.د. فهد بن عبد الله يحيى

مدير التحرير:

أ.د. محمد بن سليمان السكران

هيئة التحرير:

أ.د. محمد بن إبراهيم الوابل

د. إبراهيم بن عبد الرحمن الشدي

المؤلفان في سلطون

أ.د. عبد رب الرسول بن موسى العمران



المؤهلات العلمية

- حصل على بكالوريوس زراعة عامة من جامعة الملك سعود عام ١٣٩٥هـ مع مرتبة الشرف الثانية
- حصل على الماجستير في علوم المياه من جامعة كاليفورنيا - ديفز عام ١٣٩٩هـ
- حصل على الدكتوراه في علوم التربة من جامعة ولاية أوريجون - كرفاليس - الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٤٠٤هـ.
- تدرج في الدرجات العلمية حتى حصل على درجة الأستاذية في فيزياء التربة والعلاقات المائية عام ١٤١٣هـ.

اللجان الأكاديمية العلمية

- عمل سعادته مستشاراً غير متفرغ بوزارة المياه والكهرباء لمدة عامين خلال الفترة من ١٤٢٤/٣ هـ وحتى ١٤٢٥/٣ هـ.
- يشغل حالياً منصب رئيس هيئة تحرير المجلة العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية منذ عام ١٤٢٣ هـ.
- عضو هيئة تحرير المجلة العلمية لكلية علوم الأغذية والزراعة لمدة خمسة أعوام في الفترة من ١٤١٥ هـ إلى ١٤٢٠ هـ وعضو هيئة التحرير لمجلة بحوث وإدارة الترب الجافة الأمريكية منذ العام ٢٠٠٣م وحتى الآن.
- عمل سعادته عضواً ومقرراً للجنة الدراسات العليا وممثل الكلية في عمادة الدراسات العليا منذ ١٤٢١ هـ وحتى ١٤٢٣ هـ.
- رئيس الفريق البحثي لبعض المشروعات الممولة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإهتمامات البحثية

- شارك وحاضر بالعديد من اللقاءات العلمية الدولية والعربية والمحلية في مجالات علوم التربة والمياه.
- لسعادته أكثر من خمسة كتب مؤلفة و مترجمة.
- لسعادته أكثر من ٧٠ بحثاً علمياً منشوراً في المجلات العالمية والعربية والمحلية وكذلك ساهم في مناقشة وتحكيم والأشراف على العديد من رسائل الماجستير.

المؤلفان في سطور

أ. إبراهيم بن إدريس لوكي

- حصل على الماجستير في علوم التربة من جامعة الملك سعود - الرياض - عام ١٤٣٢هـ.
- حصل على درجة البكالوريوس في العلوم الزراعية من جامعة الملك سعود - الرياض.
- يعمل حالياً بوظيفة مهندس زراعي مشرف على مزارع المهوس بمحافظة ثادق.



المحتويات

٥	المؤلفان في سطور
٩	١- المقدمة
٩	١-١- مياه الري في المملكة العربية السعودية
١١	١-٢- الإنتاجية والماء
١١	١-٣- برنامج الري الناقص
١٢	٢- الري الناقص: كضرورة إستراتيجية
١٣	٣- تطبيقات الري الناقص: مزايا وعيوب
١٦	٤- دالة إنتاجية الماء
٢٠	٥- قيود تطبيق برنامج الري الناقص
٢٠	٦- عامل استجابة المحصول (Ky) للري الناقص
٢١	٧- الأهمية الاقتصادية لتطبيق برنامج الري الناقص في الخيار
٢٣	٨- تجربة الري الناقص في المملكة (محصول الخيار)
٢٥	٨-١- نتائج التجارب
٢٥	٨-٢- دالة إنتاجية الماء
٢٦	٨-٣- تأثير تطبيق الري الناقص على إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه في الخيار للتجارب المحمية
٢٩	٨-٤- تأثير تطبيق الري الناقص على إنتاجية الخيار وكفاءة استخدام الماء في التجارب المكشوفة
٣٠	٨-٥- عامل استجابة محصول الخيار للري الناقص Ky للتجارب الحقلية المكشوفة
٣١	٨-٦- عامل استجابة محصول الخيار للري الناقص Ky للتجارب المحمية
٣٢	٨-٧- نتائج دراسة تطبيقات برنامج الري الناقص
٣٤	٩- التوصيات
٣٥	١٠- المراجع



١- مقدمة

١-١- مياه الري في المملكة العربية السعودية

يعد الماء هو العنصر الأساس لأي كائن حي قال تعالى (وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون) (سورة الأنبياء : ٣٠). ولقد تم الاهتمام بالمياه على مر العصور خصوصاً في المناطق الجافة ، فلقد تم في جزيرة العرب بناء سد مأرب قبل الميلاد في اليمن للتقليل من اثر الفيضانات وكذلك لتجميع المياه للاستفادة من المياه. وفي مناطق تهامة وعسير وشمال غرب اليمن تم الاستفادة من المياه باستخدام المدرجات أو المصاطب وانشأت السدود المؤقتة (العقوم) أو السدود الدائمة، وفي المناطق الأخرى بالمملكة وخصوصاً الواحات مثل واحة الأحساء فلقد تم حفر الآبار اليدوية والاستفادة من المياه في الري كما هو موضح في صور (١، ٢) والجداول المائية القديمة والحديثة التي تم إنشائها من خلال مشروع الري والصرف. ولقد زاد الاهتمام حالياً بالمياه حيث تكمن أهميته في استمرار تقدم الدول في النواحي الزراعية والاقتصادية وخاصة في دول المناطق الجافة ومنها المملكة العربية السعودية. وإيماناً من المجتمع الدولي بأهمية المحافظة على المياه وضرورة ترشيد استخدامها وإدراكاً منهم بأن المياه يجب استخدامها الاستخدام الأمثل فقد تجسد ذلك في إقرار يوم عالمي للمياه في كل عام والذي يصادف يوم ٢٢ مارس حيث تشارك المملكة العربية السعودية دول العالم الاحتفاء بهذا اليوم. وتفتقر المملكة العربية السعودية إلى الأنهار أو المياه السطحية ولكن تجري فيها بعض السيول في الوديان، كما توجد كميات كبيرة من المياه الجوفية مخزونة منذ آلاف السنين ضمن التكوينات الحاملة للمياه (عثمان، ١٤٠١ هـ). ومن أهم التكوينات الجيولوجية الحاملة لتلك المياه في المنطقة هو تكوين الدمام الذي يمتد في شرق الجزيرة العربية وهو منكشف في أجزاء منه في منطقة الخليج العربي ولهذا التكوين أهمية خاصة نظراً لقلّة عمقه خاصة في المنطقة الشرقية، ومن التكوينات الكبيرة أيضاً تكوين الساق الذي يمتد من شمال المملكة ليصل إلى منطقة وادي الدواسر بجنوب المملكة. وتتراوح نوعية المياه في هذه التكوينات بين ٤٠٠ - ٦٠٠٠ جزء بالمليون (وزارة الزراعة والمياه، ١٩٨٤م).



صورة (١) كيفية استخراج مياه الآبار قديماً (الجنادرية).



صورة (٢) ري المزارع بالجداول المائية القديمة.



٢-١- الإنتاجية والماء

إن تحسين أو زيادة إنتاجية المياه بالنسبة للمحاصيل تكون من خلال تحسين عمليات إدارة المياه والذي بدوره يمكن أن يوفر كثير من المياه للقطاع الزراعي واستخدامه في قطاعات أخرى أو زيادة الرقعة الزراعية. ومن العمليات الأخرى لزيادة إنتاجية المياه تبني عمليات إدارية لزيادة الإنتاج الزراعي نفسه عن طريق خفض فواقد الماء في الحقول وزيادة إنتاج التربة باستخدام الأسمدة المناسبة والتخلص من الآفات بأنواعها.

إنتاجية المحصول باستخدام كمية معينة من الماء أو كفاءة استخدام المياه للمحاصيل هي المحدد الأساسي في استراتيجية استخدام برنامج ترشيد المياه وعليه فإن إنتاجية المياه للمحاصيل يمكن أن تعرف بأنها النسبة بين كمية المحصول القابل للتسويق وحجم الماء المستخدم من قبل النبات لإنتاج ذلك المحصول. وعادة ما يعبر عن حجم الماء المستخدم بأنه الماء المضاف إلى الحقل والذي يستهلك جزء منه النبات وجزء يتبخر من التربة بالإضافة إلى الفواقد المختلفة.

٣-١- برنامج الري الناقص

ومن أحدث الوسائل والبرامج لزيادة إنتاجية الماء برنامج يطلق عليه ” برنامج الري الناقص (Deficit Irrigation DI) وهو استراتيجية زيادة إنتاجية وحدة الماء حيث يقلل الماء في مراحل النمو غير الحساسة للإجهاد أو طول موسم النمو بحيث لا يؤثر على إنتاجية المحصول. إن تخفيض إضافة مياه الري خلال بعض مراحل النمو غير الحساسة للإجهاد مثل مرحلة النمو الخضري ومرحلة الحصاد والنضج يوفر في كمية الماء المستخدمة في الري خصوصاً في المناطق الجافة وعليه فإن برنامج الري الناقص يقصد منه تعظيم إنتاجية الماء وهو العامل المحدد للإنتاج (English, 1990)، وبالتالي فإن القصد من استخدام برنامج الري الناقص هو المحافظة على الإنتاج القابل للتسويق والحصول على أعلى إنتاجية للماء أو بمعنى آخر زيادة كفاءة استخدام المياه بدلاً من تعظيم الإنتاج على حساب استخدام كميات كبيرة من المياه (Zhang and Oweis, 1999).

إن مصطلح الري الناقص يختلف عن مصطلح الزراعة الجافة أو الري المكمل حيث يعبر المصطلحان الآخران عن الإعتماد في الري على مياه الأمطار بحيث يضاف بعض الريات المكملة لاستمرار نمو النبات، بينما الري الناقص هو إضافة الماء للمحاصيل المروية بكميات قليلة حيث يمكن أن يتم تقليل الماء عن النبات كما ذكر في فترات محددة من مراحل النمو بحيث لا تؤثر على إنتاجية المحصول معنوياً. وتختلف النباتات وأطوارها على مدى تحمل نقص مياه الري وعليه



فإن استخدام برنامج الري الناقص يتطلب معرفة مدى تأثر النبات ومراحل النمو بنقص الماء ومدى استجابة المحصول لنقص الماء (Kirda, 2000). وبالإضافة إلى ما سبق فإن من متطلبات استخدام برنامج الري الناقص المعرفة الدقيقة لمتطلبات الري وكيفية حساب الاحتياجات المائية للمحصول خصوصاً بالمناطق الجافة وشبه الجافة حيث المحدد الرئيس لإنتاجية المحصول هو الماء. وفي الدول التي يطلب فيها من المزارع دفع تكلفة للمياه المستخدمة فإن هدف المزارعين هو تعظيم إنتاجية الماء وليس تعظيم إنتاجية المحصول، وفي المملكة العربية السعودية ونتيجة لزيادة تكاليف استخراج الماء فإن هذا المفهوم أصبح هدف لكثير من المزارعين لزيادة إنتاجية الماء والمحافظة على الماء لاستدامة التنمية الزراعية.

٢- الري الناقص: كضرورة استراتيجية

يعرّف الري الناقص بأنه تعريض النبات لمستوى معين من الإجهاد المائي المنظم خلال مرحلة من مراحل نموه أو طوال الموسم دون تأثير معنوي على إنتاجيته (Kirda, 2000). ويمكن استبدال الجملة الأخيرة من التعريف بجملة ” بحيث يقل فيه معدل النقص في الإنتاج عن معدل تخفيض الاستهلاك المائي في ظل محدودية مياه الري “، أو بجملة أخرى ” بحيث يتجاوز العائد الاقتصادي من زراعة مساحات إضافية بالماء الذي تم توفيره، قيمة الانخفاض في إنتاجية وحدة المساحة ”.

خلال استعراضه لاحتمالات تزايد المنافسة على الماء النادر في الشرق الأوسط أورد (Kemp, 1996) : أن البنك الدولي وجد أن ٩٠٪ من المياه المخصصة للري في الشرق الأوسط تستخدم بطريقة غير اقتصادية ” وبالتالي هناك ضرورة مستعجلة لزيادة الإنتاجية في ظل محدودية المياه المتاحة. وتلبية الاحتياجات الغذائية لنمو السكان السريع في منطقة الشرق الأوسط خاصة وفي العالم بصفة عامة. وأهم وسيلة متاحة لمواجهة ذلك هي زيادة إنتاجية الماء ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. وفي السنوات الأخيرة تبينت أهمية العوامل المحددة للزراعة: الأرض أو الماء (Geerts and Raes, 2009)، فانصب الاهتمام نحو الإنتاجية القصوى للعامل المحدد. وفي هذا السياق بات لبرنامج الري الناقص قيمة إستراتيجية في المناطق الجافة (Fererres and Soriano, 2002; Pereira et al., 2007)، ومن خلال هذا البرنامج اجريت الأبحاث لزيادة إنتاجية وحدة الماء كأساس لرسم إستراتيجية الري الناقص تحت نظام الري بالتنقيط، ويهدف الري الناقص إلى زيادة كفاءة استخدام المياه وزيادة الرقعة الزراعية أفقياً ورأسياً وترشيد استهلاك المياه (العمران، ٢٠٠٨م).

٣- تطبيقات الري الناقص: مزايا وعيوب

يهدف الري الناقص إلى استغلال كميات المياه اليسيرة المتوفرة في زراعة أكبر مساحة ممكنة والحصول على أعلى إنتاجية من وحدة الماء (لوكي، ١٤٣١هـ، العمران، ٢٠٠٨م). وهو وسيلة هامة لجدولة الري بطريقة علمية موثقة بهدف ترشيد الاستهلاك المائي وإتاحة فرصة التوسع الأفقي في الزراعة باستغلال كميات المياه المحدودة التي يتم توفيرها، وتحديد الأولويات في استخدام ماء ري محدود (Moutonnet. 2000).

لقد تم مراجعة الري الناقص وفوائده من قبل العديد من الباحثين (English and Raja. 1996). فقد أوضحت الدراسات التي قام بها كل من (Hanks (1974) Stewart et al. (1977)، (Taylor et al.. 1983)، (Doorenbos and Kassam (1979) العلاقة بين الاستهلاك المائي للمحصول وإنتاجيته وهي شكلت أساساً لتقييم تطبيق الري الناقص طوال الموسم أو خلال إحدى مراحل نموه.

فلقد وجدت دراسة قام بها (Kirda. 2000) أنه يمكن تطبيق برنامج الري الناقص طوال الموسم على محاصيل القطن والذرة والقمح ودوار الشمس وبنجر السكر والبطاطس بنسب استجابة متفاوتة، وبتوفير في مياه الري قد تصل إلى ٢٥٪ ويمكن تطبيقه في المراحل الأولى على محاصيل الفاصوليا وفول الصويا والبطاطس وبكفاءة استهلاك ماء أعلى (WUE) تصل إلى ١،٢ مرة، كما يفضل تطبيقه على محاصيل بنجر السكر وقصب السكر والفول السوداني في وسط الموسم، بينما يفضل تطبيقه على القمح والقطن في الأطوار الأخيرة.

وبينت دراسات قام بها (Zhang and Oweis. 1999) في شمال سوريا وأخرى قام بها (Zhang et al.. 1999) في ساحل الصين الشمالي وثالثة قام بها (English and Nakamura. 1989) في ولاية أوريغون، الولايات المتحدة على القمح إن تطبيق إستراتيجية الري الناقص يمكن أن توفر ٤٠-٧٠٪ من مياه الري مع خسارة ١٣٪ فقط من إنتاجية المحصول، مع الحاجة إلى توجيه المزارعين إلى أن تباين القيم بين الري الناقص والري الكامل لا يتوقف على مجموع استهلاك المياه خلال موسم النمو ولكن أيضاً على استخدام المياه خلال مراحل النمو المختلفة. وأوضحت الدراسة إن تخفيض ٤٠٪ من البخر- نتح قد ينتج عنه فقط نقص ٣٪ من إنتاجية المحصول وقد ينتج عنه نقص يصل إلى ٢٠٪ من نفس المحصول حسب توزيعها على مراحل موسم النمو، وعليه فإن الأهم هو معرفة (متى وكم للري) لتجنب الإجهاد المائي خلال المراحل الحساسة له. وخلصت الدراسة إلى أن تطبيق الري الناقص هو الاستراتيجية الرئيسة لزيادة الإنتاجية في الزراعة في المناطق

الجافة وشبه الجافة الشحيحة بالمياه من خلال جدولة مناسبة للري. وأما تأثير الري الناقص على إنتاجية الخيار في البيوت المحمية وكفاءة استخدام الماء فيها فقد وجدت خلال تجربة أجريت في ساحل الصين الشمالي (Mao et al., 2003) أن الري الكامل طوال الموسم أعطى أعلى إنتاجية، وأن تخفيض الري أدى إلى تخفيض الإنتاج، وأن المعادلات الرياضية بين الري والإنتاج كانت خطية غير أن المعادلات بين البخر-نتح (ET) Evapotranspiration والإنتاج كانت من الدرجة الثانية كثيرة الحدود. وأن كفاءة استخدام الماء (WUE)، وكفاءة استخدام مياه الري (IWUE) Irrigation Water Use Efficiency تتناقص معنوياً مع زيادة الري من مرحلة إثمار الساق حتى النهاية، ولكن تزداد الكفاءات المذكورة مع زيادة الري من مرحلة الزراعة حتى أول نضج الثمار. والدراسة توصي بالري الكامل طوال الموسم ولكنها ترى إمكانية تقليل الري من أول الحصاد إلى ذروة الإنتاج صورة رقم (٢).



صورة (٢) توضح محابس وعدادات مع مقاييس للضغط والحرارة لحساب كمية مياه الري.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

إن من أهم مزايا برنامج الري الناقص هي: (١) زيادة قيمة إنتاجية الماء (WP)، وتظهر أهميتها في زيادة ربحية المزارع في المناطق التي يكون فيها الماء هو العامل المحدد للزراعة، ولمعرفة

ذلك يستلزم مقارنة توفير الماء الحاصل بالتأثير الاقتصادي للنقص الحاصل في الإنتاج نتيجة إجهاد الجفاف (Sepaskhah and Akbari, 2005)، حيث أن زيادة قيمة WP أكثر ربحية للمزارع من الإنتاج الكلي لوحدة المساحة ويمكنه استغلال الفارق في زراعة أراضي جديدة تدر عليه ربحية أكبر من وحدة الماء المتوفرة لديه (Geerts and Raes, 2009). (٢) يمكن الحصول على الإنتاجية القصوى مع كمية سماد أقل (Cabello et al., 2009)، حيث يقلل الري الناقص حاجة الحقل إلى التسميد (Geerts and Raes, 2009). وتعتبر هذه الميزة من أهم مميزات الري الناقص وهو الجمع بين توفير الماء والاستفادة القصوى من التسميد اللذان يقودان إلى زيادة إنتاجية الماء. (٣) الحد من خطورة الأمراض الفطرية (Cicogna et al., 2005) حيث يتم فيه تجنب الحالات السلبية خلال نمو المحصول مثل الآفات والأمراض والاختناق في منطقة الجذور نتيجة زيادة الماء (Geerts et al., 2008). وقد استخلص Kirda (2000) من أبحاثه إلى أن الخسارة في الإنتاج نتيجة الأمراض والآفات خلال فترات الحصاد والتخزين دائما أقل مع الري الناقص والصور (٤ و ٥) توضح اثر تطبيق برنامج الري الناقص بالبيوت المحمية (لوكي، ١٤٢١هـ). (٤) المحافظة على الماء الأرضي من التلوث (Ünlü et al., 2006) حيث أن التسرب العميق في ظل هذا البرنامج يكون شبه معدومة. (٥) وقد أظهرت دراسة (Kirda, 2000) أن الري الناقص يزيد من جودة الثمار، فهو يزيد نسبة البروتين وصفات الخبز في القمح، وطول وقوة تيلة القطن، ومحتوى السكر في بنجر السكر والعنب.



صورة (٤) نباتات الخيار قبل تطبيق الري الناقص



صورة (٥) نباتات الخيار بعد تطبيق الري الناقص

٤- دالة إنتاجية الماء

Crop Water Production Function (CWPF)

تعتبر دالة إنتاجية الماء عن العلاقة بين المحصول القابل للتسويق (Y_a) وكمية المياه المستخدمة من قبل المحصول (Taylor et al., 1983; Doorenbos and Kasam, 1979) (ET_a).
 إن أعلى كفاءة لاستخدام المياه (WUE) Water Use Efficiency في دالة إنتاجية الماء تتم باستخدام إنتاجية المياه (WP) Water Productivity كمرجع في ذلك والذي يوضحه شكل رقم (١) والذي يمثل فيه المحور الصادي الإنتاج النسبي (Y_a / Y_{max}) بينما المحور السيني يوضح الاستخدام النسبي للماء معبراً عنه بالبخر. نتج النسبي (ET_a / ET_{max})، حيث:

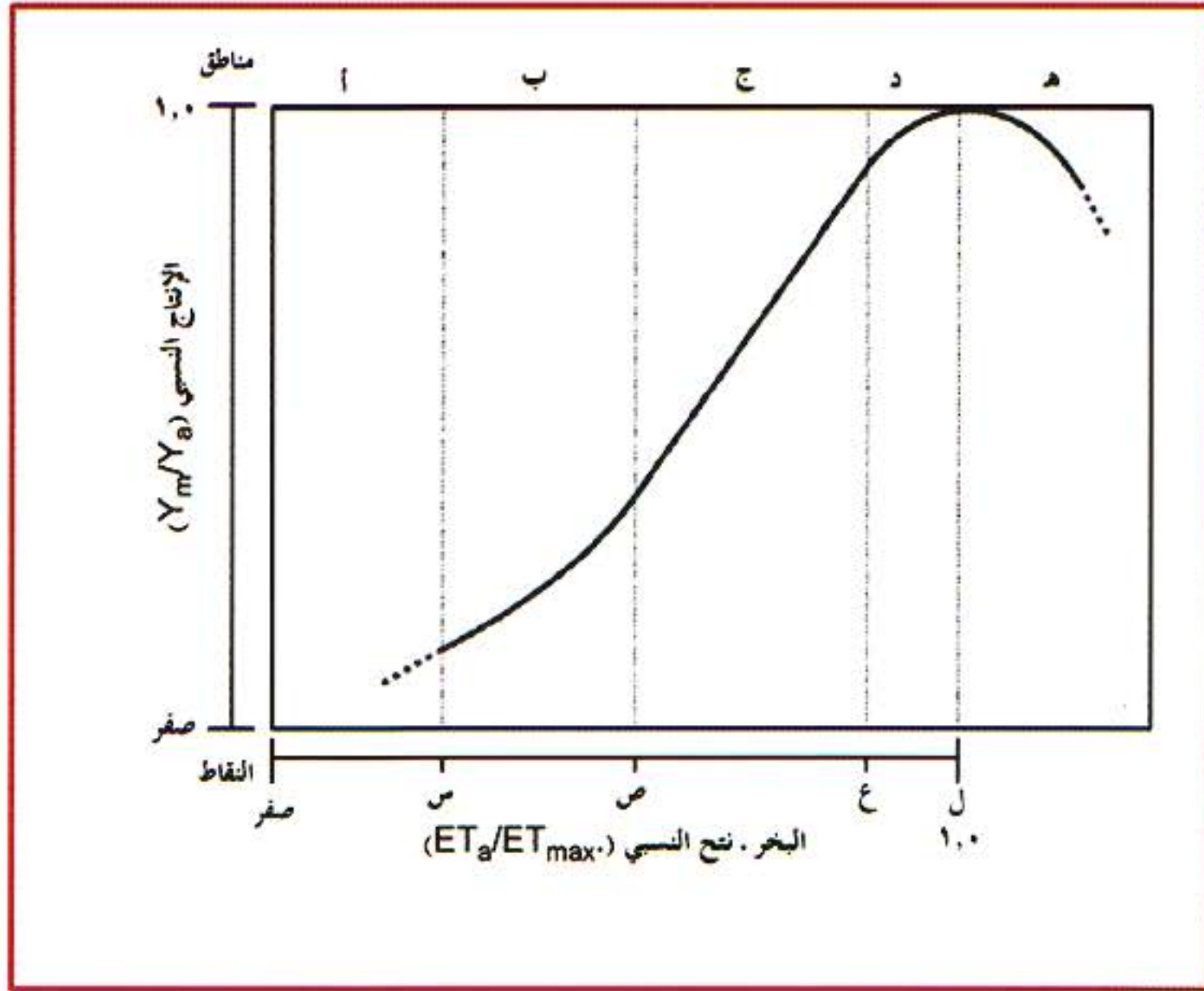
$$Y_a = \text{الإنتاج الفعلي عند قيم محددة للماء المستخدم}$$

$$Y_{max} = \text{الإنتاج الأعلى المتوقع}$$

$$ET_a = \text{الماء المستخدم بالنبات}$$

$$ET_{max} = \text{الماء الأعلى الذي يستخدمه النبات}$$





شكل (١) الشكل العام لدالة إنتاجية الماء للمحصول

ومن الملاحظ أن دالة إنتاجية الماء للمحصول تتكون من مراحل متعددة كما وصفت (Geerts and Raes, 2009)

حيث:

المنطقة (أ) من الشكل:

إذا كانت كمية المياه المضافة غير كافية خلال فترة نمو النبات فقد لا يعطي المحصول أي إنتاجية، أو الفقد في المحصول كبير نتيجة قلة الماء المعطى. إن هذا الجزء من المنحنى تكون فيه كفاءة استخدام المياه « إنتاجية الماء » منخفضة جداً وتزداد الإنتاجية بإضافة كميات من الماء حتى تصل للمنطقة (ب) على المنحنى البياني (Geerts et al., 2008).

المنطقة (ب) من الشكل:

عند إضافة كميات ولو صغيرة من الماء فإن المنحنى يبدأ في التصاعد ويأخذ هذا الجزء من المنحنى شكلاً محدباً وإن زيادة إضافة الماء تؤدي إلى زيادة إنتاجية الماء من نقطة (س) إلى نقطة (ص).

المنطقة (ج) من الشكل:

بإضافة مزيد من الماء فإن معادلة الإنتاجية تكون أقرب إلى معادلة خط مستقيم بميل واضح ولقد أوضح (Doorenbos and Kasam, 1979) بأن العلاقة بين الإنتاج النسبي والبخر نتح النسبي تبقى علاقة خط مستقيم حتى تصل قيمة البخر نتح النسبي إلى 0,5 (نقطة ص في الشكل).

المنطقة (د) من الشكل:

لقد اتضح من العديد من الدراسات في محاصيل كثيرة بأن معادلة إنتاج الماء تبدأ بالإنخفاض بقيم تتعدى قيمة البخر نتح النسبي إلى واحد صحيح وأن الزيادة في الإنتاج نتيجة إضافة كميات أخرى من الماء ليس من الضروري أن يؤدي إلى زيادة في إنتاجية الماء بل قد يؤدي إلى انخفاضها. ومن الدراسات على المحاصيل المختلفة اتضح أن عرض أو مسافة منطقة (د) من المنحنى قد تطول في محاصيل مثل البرسيم وبنجر السكر (Doorenbos and Kassam, 1979) والقمح (Zhang et al., 2008)، وقد تكون قصيرة جداً لبعض المحاصيل مثل الذرة (Farre and Faci, 2006؛ Payor et al., 2006).

المنطقة (هـ) من الشكل:

أن الزيادة في إضافة الماء لأكثر من متطلبات المحصول لن تؤدي إلى زيادة الإنتاج وقد تكون هذه الإضافة غير المطلوبة مردها إلى التبخر أو زيادة في التسرب داخل التربة أو فواقد أخرى، وعند إضافة كميات كبيرة جداً فقد تؤدي إلى تدهور النبات والمحصول الناتج عنه لفقد العناصر الغذائية أو الضرر الحاصل لجذور النباتات نتيجة زيادة الرطوبة (Sun et al., 2006؛ Cabello et al., 2009) وعليه فإنه لا ينصح بإضافة الماء خصوصاً في المراحل الأخيرة من عمر النبات إلا إذا كان المقصود منه هو غسل الأملاح التي قد تتراكم بالتربة.

وتوصف العلاقة عادة بين الماء والإنتاجية بعلاقة خطية عند إضافة الاحتياجات المائية للمحصول (ETc) تحت برنامج الري الناقص، أما عند استخدام الماء المضاف الكلي فإن العلاقة تصبح غير خطية أو خطية منحنية "curvilinear" والتي يدخل فيها الماء المفقود ومياه الصرف وغيره، وبالعوم فإن المعادلة التي تصف هذه العلاقة بأنها متعددة الحدود فقد تكون ثنائية أو ثلاثية الحدود (Hexen and Heady, 1978).

$$Y = f(x) = a + a_1X + a_2 X^2 + a_3 X^3$$

حيث:

$$Y = \text{الإنتاجية (كجم هكتار-1)}$$

$$X = \text{الماء المضاف (ملم)}$$

$$a, a_1, a_2, a = \text{ثوابت}$$

وتختلف معادلة دالة إنتاجية الماء (CWPF) حسب إدارة المزرعة وقدرة المزارع لتطبيق إضافة المياه المطلوبة ونوع نظام الري المستخدم ومن ضمن الصعوبة تحديد معادلة ثابتة لمحصول معين وعليه فكثير من الباحثين استنتجوا معادلات مختلفة للمحاصيل المختلفة (Cuenca. 1989). ان استراتيجية استخدام معادلة دالة إنتاجية الماء للمحاصيل مهمة جداً في المناطق الجافة وشبه الجافة نتيجة لقلة مورد الماء المستخدم للري في تلك المناطق. ومن الطرق المهمة للتعبير عن معادلة دالة المياه هي استخدام نسب الاستهلاك المائي أو ما اصطلح عليه استخدام برنامج الري الناقص. إن العلاقة بين هذه النسب عبر عنها (Doorenbos and Kasam. 1979) بعلاقة خطية ضمن المعادلة التالية:

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{ET_a}{ET_c}\right)$$

حيث:

$$Y_a = \text{الإنتاج الفعلي (كجم هكتار-1)}$$

$$Y_c = \text{الإنتاج الأعلى عند ظروف معينة ومنطقة معينة (كجم هكتار-1)}$$

$$ET_a = \text{البخر نتح الفعلي (ملم)}$$

$$ET_m = \text{أعلى بخر نتح في ظروف نفس المنطقة (ملم)}$$

$$Ky = \text{الميل (معامل استجابة المحصول)}$$

ولقد حدد كل من (Doorenbos and Kasam. 1979) و (Kirda. 2000) قيم معامل استجابة المحصول للعديد من المحاصيل وفي أطوار نمو مختلفة. وأن قيم معامل استجابة المحصول Ky الموسمي تعتمد تأثير كمية المياه المضافة أو الري الناقص خلال الموسم بأكمله، بينما تحسب القيم لأي مرحلة من مراحل النمو خلال تأثير الري الناقص في تلك المرحلة.

فيها تكون أكثر حساسية واستجابة للنقص في الري. وقد ذكر (Moutonnet 2000) بأن قيمته تتراوح ما بين ٠,٢ و ١,١٥ لمحاصيل متعددة، كما ذكر (Kirda 2002) بأن قيمة (Ky) تتراوح بين ٠,٢٣ - ٠,٩٨ لمحاصيل مختلفة منها الطماطم والفاصوليا، وفي دراسة قام بها (Calvache et al., 1997) للحصول الفاصوليا قيمة استجابة المحصول (Ky) تراوحت بين ٠,٢٤ - ١,١٦ ولقد ذكر (Cuenca. 1989) عن قيم (Ky) بأنها تتراوح بين ٠,٨٧ لمحصول الفاصوليا وأكثر من ١,٣ لمحصول الشعير حيث تدل القيم المرتفعة عن مدى حساسية المحصول لقلة المياه. وخلال دراسة قام بها (Lovelli et al. 2007) لحساب ثابت استجابة المحصول للإجهاد المائي (Ky) وكفاءة استخدام المياه (WUE) من خلال دراسة باستخدام خمس مستويات للري ١٠٠ و ٧٥ و ٥٠ و ٢٥ و صفر.٪ من ETm للاحتياجات المائية، وبحساب قيمة (Ky) وجد أنها لنبات دوار الشمس كانت ٠,٩٣ بينما لمحصول الباذنجان كانت القيمة ١,٣٧.

٧- الأهمية الاقتصادية لتطبيق برنامج الري الناقص في الخيار.

وجد من خلال هذه الدراسة أن الفوائد الاقتصادية لتطبيق برنامج الري الناقص لا تقتصر على ترشيد مياه الري ولكن من عدة أوجه منها:

١- المحافظة على خصوبة التربة وحماية المحاصيل؛ فمن أهم الفوائد التي استفاد منها المشروع الذي أقيم فيه تجارب هذه الدراسة توفير حوالي ٤٠٪ من الأسمدة والمبيدات. وانخفض نصيب وحدة المساحة من مصروفات الأسمدة والمبيدات من حوالي ١٥٠٠٠ ريال/هكتار/موسم إلى ٩٠٠٠ ريال/هكتار/موسم، وتبعاً لذلك تم توفير ما يقارب ١٣٥٠٠٠ ريال سنوياً من ميزانية مصروفات المشروع السنوية. ذلك أنه لوحظ بعد التجربة الأولى إن الإنتاجية قد زادت في التجارب عنها في تلك التي تروى بالري التقليدي، وبالتالي تم تقليل كميات مياه الري في جميع البيوت تبعاً لذلك باستثناء الري التقليدي عند التجارب للمقارنة، وتبعاً لذلك قلت أعراض نقص العناصر التي كانت تظهر في النباتات حيث أن التسميد يتم عادة حسب الملاحظات الميدانية، كما قلت الرطوبة الأرضية داخل وبين الخطوط في البيوت ومعها قلت أعراض أمراض الذبول وتعفن الجذور التي كانت من أهم الأمراض التي تسبب خسائر في المشروع، كما اختفى البياض الزغبي من البيوت كأهم مرض للخيار المحمي.

٢- زيادة إنتاجية وحدة المساحة في البيوت المحمية. فقد لوحظ من خلال مقارنة إنتاجية الري التقليدي والري الناقص: أن إنتاجية الري الناقص يفوق إنتاجية الري التقليدي بحوالي ٤٥، ٣٪، كما أن نسبة الثمار القابلة للتسويق في المتوسط في معاملات الري الناقص حتى معاملة مستوى الري ٤٠٪ تفوق الري التقليدي بحوالي ٦٪، فتجد زيادة في إجمالي الإيرادات بنسبة ٩، ٤٥٪ تقريباً، وقيمة هذه النسبة لوحدة المساحة تقدر بحوالي ٤١١٠٨

ريال/هكتار/موسم.

٣- أوضحت نتائج هذه الدراسة، وطبقا لما أوصت به الكثير من الأبحاث السابقة في مجال الري، أن برنامج الري الناقص هو أحدث وسيلة لترشيد المياه وحسن استغلالها اقتصاديا على أسس علمية مدروسة ولاسيما في المناطق التي تكون المياه فيها هي العامل المحدد للتوسع الزراعي سواء أكان على مستوى المزرعة أو على المستوى الإقليمي. فإذا أخذنا مثالا على ذلك:

إن مزارعا لديه هكتار من البيوت المحمية لزراعتها بالخيار خلال الفصل الصيفي، ولكن صافي معدل إنتاجه اليومي من المياه المخصصة للري لا يتجاوز ٢٦ م^٣/يوم، وحسب هذه الدراسة وحسب العديد من الدراسات السابقة أن متوسط حجم مياه الري اليومي للهكتار هي (٤٣ م^٣/هكتار/يوم) في الفصل الصيفي بالنسبة لمستوى الري الكامل، وبالتالي فهي تكفي فقط لري ٠,٦ هكتار رية كاملة، وكامل المساحة - ١ هكتار - بالري الناقص بمستوى الري ٦٠٪. والمزارع هنا أمام خيارين، فهو إما أن يزرع ٠,٦ هكتار بالري بمستوى ١٠٠٪ أو كامل مساحة الهكتار بالري الناقص. ولا بد من أن يكون القرار من نظرة اقتصادية، فمن هذه الدراسة وجد أن متوسط إنتاج الهكتار من الخيار المحمي في الموسم الصيفي هو ١٧٤ طن/هكتار بالري الكامل و١٢٧ طن/هكتار بالري بمستوى ٦٠٪ طوال الموسم، والسعر التقديري للطن من الخيار المحمي = ٢٥٠٠ ريال، وحيث أن المصروفات التشغيلية لوحدة المساحة تقدّر بـ ٦٠٠٠٠ ريال/هكتار/موسم. وعليه يمكن إجراء الحسابات التالية.

١- في الحالة الأولى:

$$\text{الإيراد الكلي} = ٢٥٠٠ \times ١٧٤ \times ٠,٦ = ٢٦١٠٠٠ \text{ ريال.}$$

$$\text{صافي الأرباح} = ٢٦١٠٠٠ - (٦٠٠٠٠ \times ٠,٦) = ٢٢٥٠٠٠ \text{ ريال.}$$

٢- وفي الحالة الثانية:

$$\text{الإيراد الكلي} = ٢٥٠٠ \times ١٢٧ \times ١ = ٣١٧٥٠٠ \text{ ريال.}$$

$$\text{صافي الأرباح} = ٣١٧٥٠٠ - (٦٠٠٠٠ \times ١) = ٢٥٧٥٠٠ \text{ ريال.}$$

$$\text{٣- الفارق في الأرباح} = ٢٥٧٥٠٠ - ٢٢٥٠٠٠ = ٣٢٥٠٠ \text{ ريال/هكتار/موسم.}$$

وإذا تمكن المزارع من الحصول على كمية إضافية من المياه (١٧ م^٣/يوم) فقط لمدة عشرين يوما لإعطاء النبات رية كاملة خلال مرحلة التطور ثم استمر بقية الموسم بمستوى الري ٦٠٪ فإنه سوف يزيد إنتاجه بنسبة ١٢,١٪ ويخفض النقص في الإنتاج من ٢٧٪ إلى ١٤,٩٪ طبقا لهذه الدراسة.

قيمة الوفر (ريال) في استهلاك الأسمدة والمبيدات

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

٨- تجربة الري الناقص في المملكة العربية السعودية (محصول الخيار):

لقد تم القيام بعدة تجارب عن استخدام برنامج الري الناقص بالمملكة و المعلومات التالية هي جزء من رسالة الماجستير التي نفذت بقسم علوم التربة بجامعة الملك سعود (لوكي، ١٤٣١هـ) حيث استمرت التجارب لمدة أربع سنوات ولقد تم اعتماد خمس مستويات للري الناقص، وهي ١٠٠٪ و ٨٠٪ و ٦٠٪ و ٤٠٪ و ٣٠٪ من البخر - نتح المحصولي الأقصى (ETm) موضحة بالجدول (١) تم استخدامها لري محصول الخيار بالتجربة. وقد تم تطبيق المعاملات بحيث تكون إحدى المعاملات ثابتة في مستوى الري مع مراحل النمو وباقي المعاملات لنفس المستوى تأخذ مستوى الري ١٠٠٪ في إحدى مراحل النمو الأربعة بالنسبة لمستويات الري ٨٠٪ و ٦٠٪. وبذلك تكون عدد المعاملات الأساسية ١٢ معاملة في أربع مكررات، بالإضافة إلى المقارنة (الشاهد). ولقد تمت زراعة التجارب المحمية ثلاث مرات في السنة بينما مرتان فقط في السنة كانت للتجارب المكشوفة. تمت زراعة التجارب في البيوت المحمية بالتزامن مع التجارب في الحقول المكشوفة خلال المواسم الصيفية والخريفية، حيث كانت تتم الزراعة عادة في فصل الربيع (ابريل / مايو) للإنتاج الصيفي، وفي منتصف الصيف (يوليو/ أغسطس) للإنتاج الخريفي. وأما في الموسم الشتوي فكانت تتم زراعة التجارب المحمية دون المكشوفة صورة (٦).



صورة (٦) نمو الخيار في البيت المحمي تحت برنامج الري الناقص.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

الجدول رقم ١. توزيع معاملات الري الناقص على مراحل نمو محصول الخيار

المعاملة	المرحلة الاولى	مرحلة التطور	مرحلة الوسط	مرحلة نهاية الموسم	البيان
T1-100	٠x	٠	٠	٠	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى طوال الموسم.
T2-80-0	١xx	١	١	١	٨٠٪ من البخر-نتح الأقصى طوال الموسم.
T3-80-1	٠	١	١	١	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في المرحلة الاولى ثم ٨٠٪ من البخر-نتح الأقصى خلال بقية المراحل.
T4-80-2	١	٠	١	١	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في مرحلة التطور و ٨٠٪ منه خلال بقية مراحل النمو.
T5-80-3	١	١	٠	١	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في مرحلة المنتصف ثم ٨٠٪ منه خلال بقية المراحل.
T6-80-4	١	١	١	٠	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في مرحلة نهاية الموسم و ٨٠٪ منه خلال بقية المراحل.
T7-60-0	١	١	١	١	٦٠٪ من البخر-نتح الأقصى طوال الموسم.
T8-60-1	٠	١	١	١	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في المرحلة الاولى ثم ٦٠٪ منه خلال بقية المراحل.
T9-60-2	١	٠	١	١	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في مرحلة التطور و ٦٠٪ منه خلال بقية مراحل النمو.
T10-60-3	١	١	٠	١	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في مرحلة المنتصف ثم ٦٠٪ منه خلال بقية المراحل.
T11-60-4	١	١	١	٠	١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى في مرحلة نهاية الموسم و ٦٠٪ منه خلال بقية المراحل.
T12-40	١	١	١	١	٤٠٪ من البخر-نتح الأقصى طوال الموسم.
T12-30	١	١	١	١	٣٠٪ من البخر-نتح الأقصى طوال الموسم.
T14-Trad		الري التقليدي			تم استخدام جزء من شبكة الري المستخدم لري الخيار خارج التجارب لري هذه المعاملة وحساب كميتها.

x (الصفير) : يعني أن المرحلة أخذت مستوى الري ١٠٠٪ من البخر-نتح الأقصى .

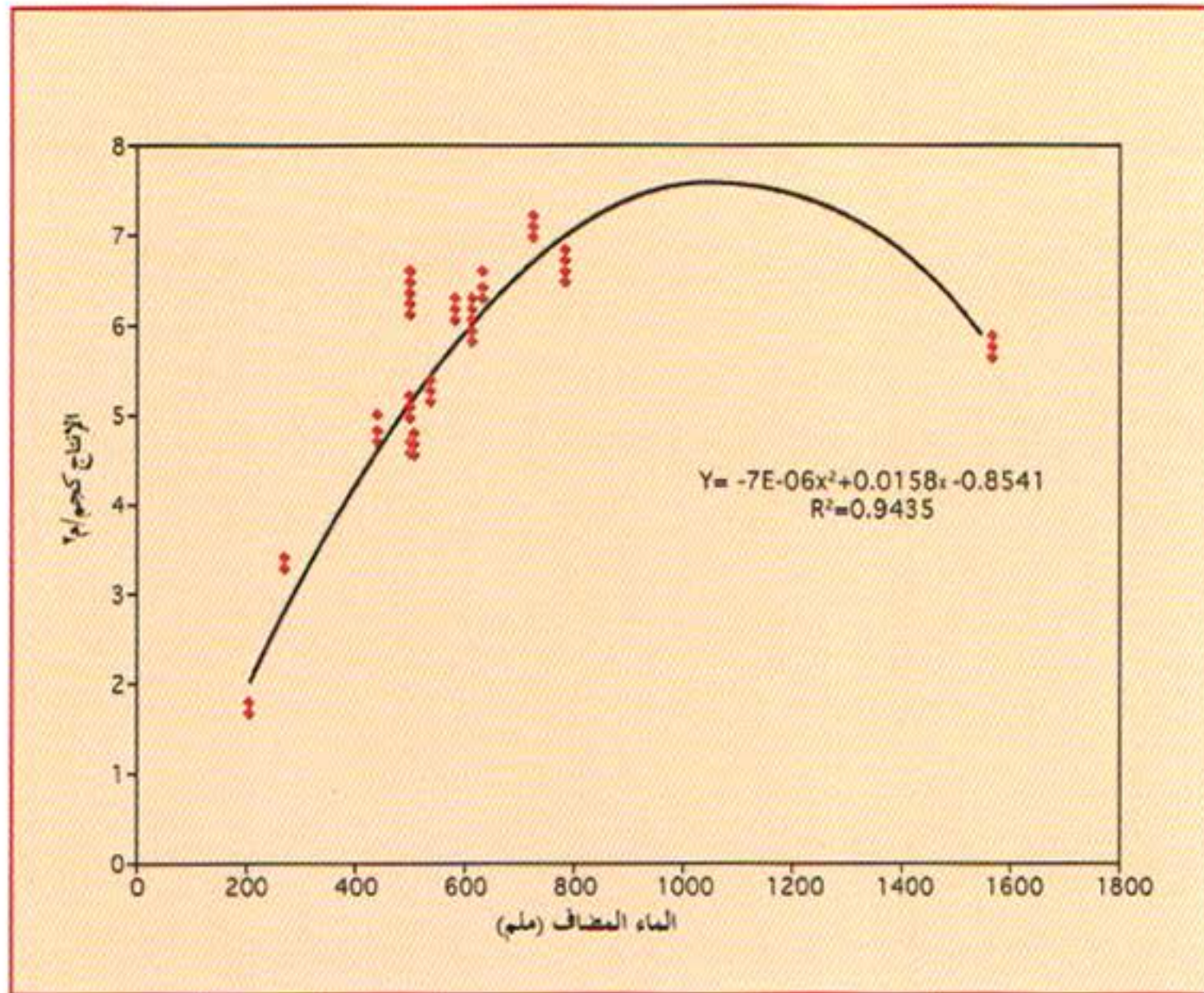
xx (الواحد) : يعني أن المرحلة أخذت مستوى الري المشار إليه في خانة المعاملة.

٨-١- نتائج التجارب

٨-٢- دالة إنتاجية الماء

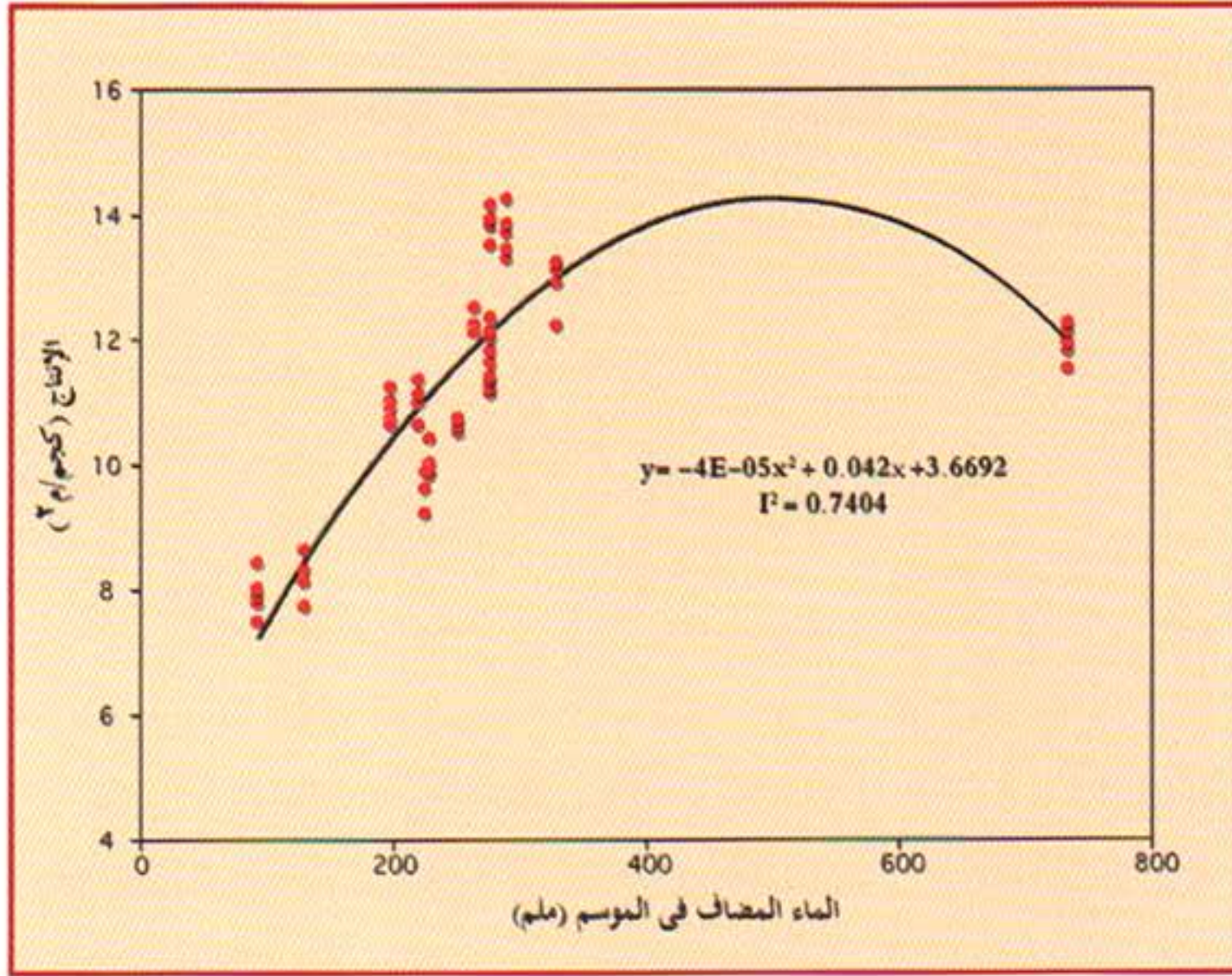
يبين الشكل (٢) نتائج دالة الإنتاجية والماء بالحقل المكشوف وأن الري بمستوى الري ١٠٠٪ قد أدى إلى زيادة مضطردة في الإنتاج في المستويات الدنيا من الري، ثم بدأت القيمة الحدية لإنتاجية مياه الري في التناقص. وقد أوضحت الكثير من الدراسات تناقص القيمة الحدية للإنتاج مع استمرار إضافة مياه الري (Cook et al.. 2006; Zhang et al.. 1999; Schneider and Howell. 1997; Howell et al.. 1997)

ويبين الشكل (٣) العلاقة بين مياه الري وإنتاجية وحدة المساحة في البيوت المحمية حيث كانت طردية ولكن بقيمة حدية متناقصة إلى مستوى معين ثم تكون علاقة المياه محايدة إلى مستوى آخر لتعطي أثرا سلبيا على إنتاج الخيار المحمي في آخر المرحلة. والخيار في هذا يشترك مع معظم المحاصيل الزراعية. وقد حصل كل من (Zhang and Oweis) و (Geerts and Raes (2009) على نتائج مماثلة في أبحاثهم. (1999)



شكل (٢) دالة إنتاجية الماء للتجارب المكشوفة.

(المصدر: لوكي، ١٤٢١هـ)



شكل (٢) دالة إنتاجية الماء للخيار المحمي.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

٨-٣- تأثير تطبيق الري الناقص على إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه

في الخيار للتجارب المحمية

توضح الأشكال (٤ و ٥) أن إنتاجية الماء تزداد مع تناقص مستويات الري وكذلك كفاءة استخدام المياه، وأنها قد وصلت إلى أعلى قيمها عند أقل مستوى ري حيث وصلت كفاءة استخدام الماء إلى حوالي ٨٠ كجم/ متر^٣ في البيوت المحمية، كما وصلت إنتاجية الماء إلى ٧٣ كجم/م^٢. ويبدو واضحاً شبه استقرار منحنى الإنتاج مع الزيادة المضطربة في مياه الري. وهذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه الكثير من الباحثين من أن تطبيق برنامج الري الناقص يزيد من قيمة WP و WUE طردياً مع تقليل مستويات الري في الخيار المحمي؛ (Chartzoulakis, and Drosos, 1999)، وفي كثير من المحاصيل الأخرى (Al-Omran et al., 2009; Howell et al., 1997; Kirda, 2000)، بينما أورد (Ayas and Demirta, 2009) رأياً مغالفاً حيث ذكر أن قيمة إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه تتناقص مع تناقص مستويات الري في الخيار المحمي، ويرتبط ذلك بقيمة Ky الخاصة بمحصول الخيار التي استنتجها مع تناقص مستويات الري وهي ٢١٣، ١. صور (٧ و ٨) توضح

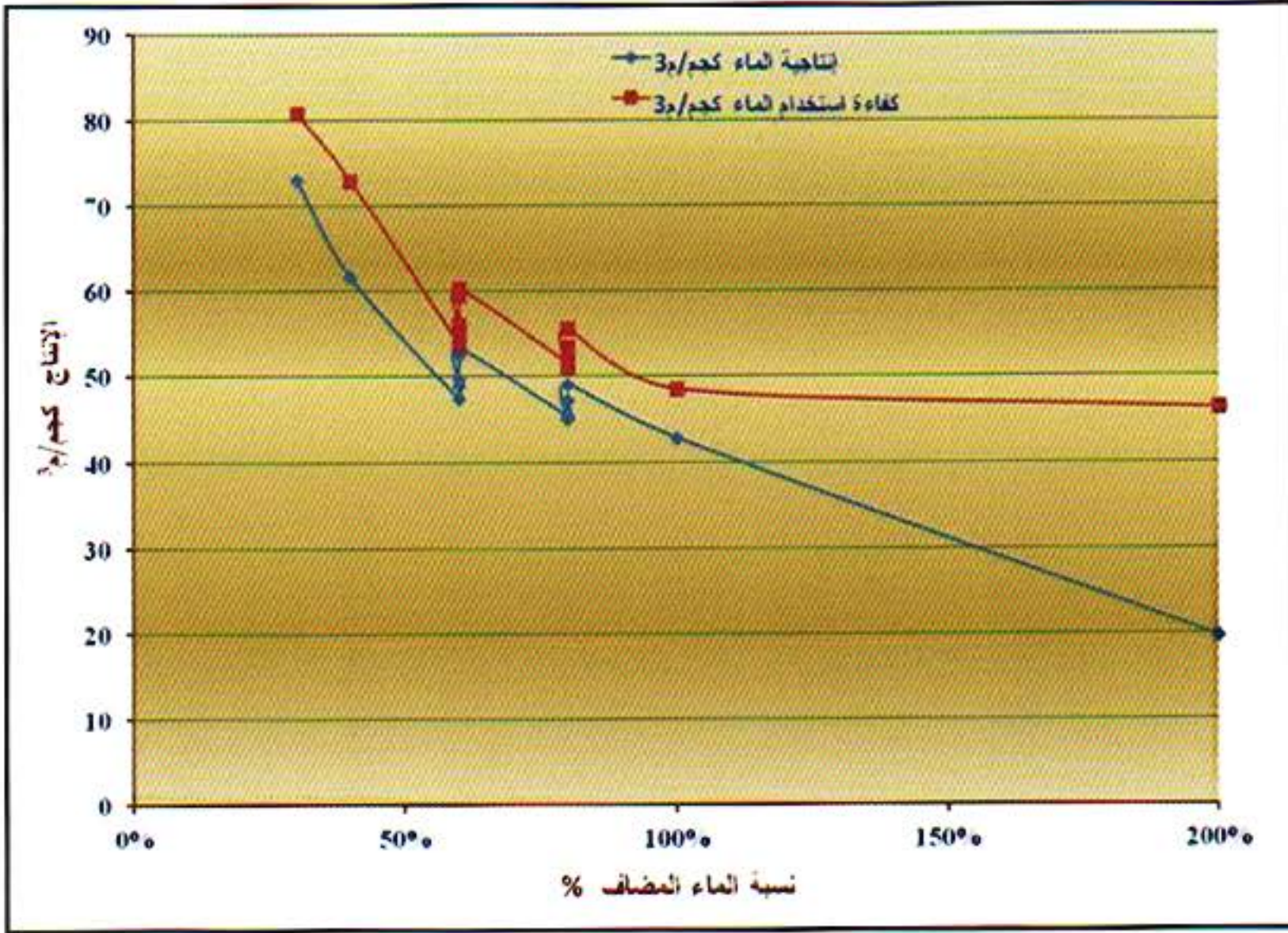
انتاجية الخيار و النمو الجذري.



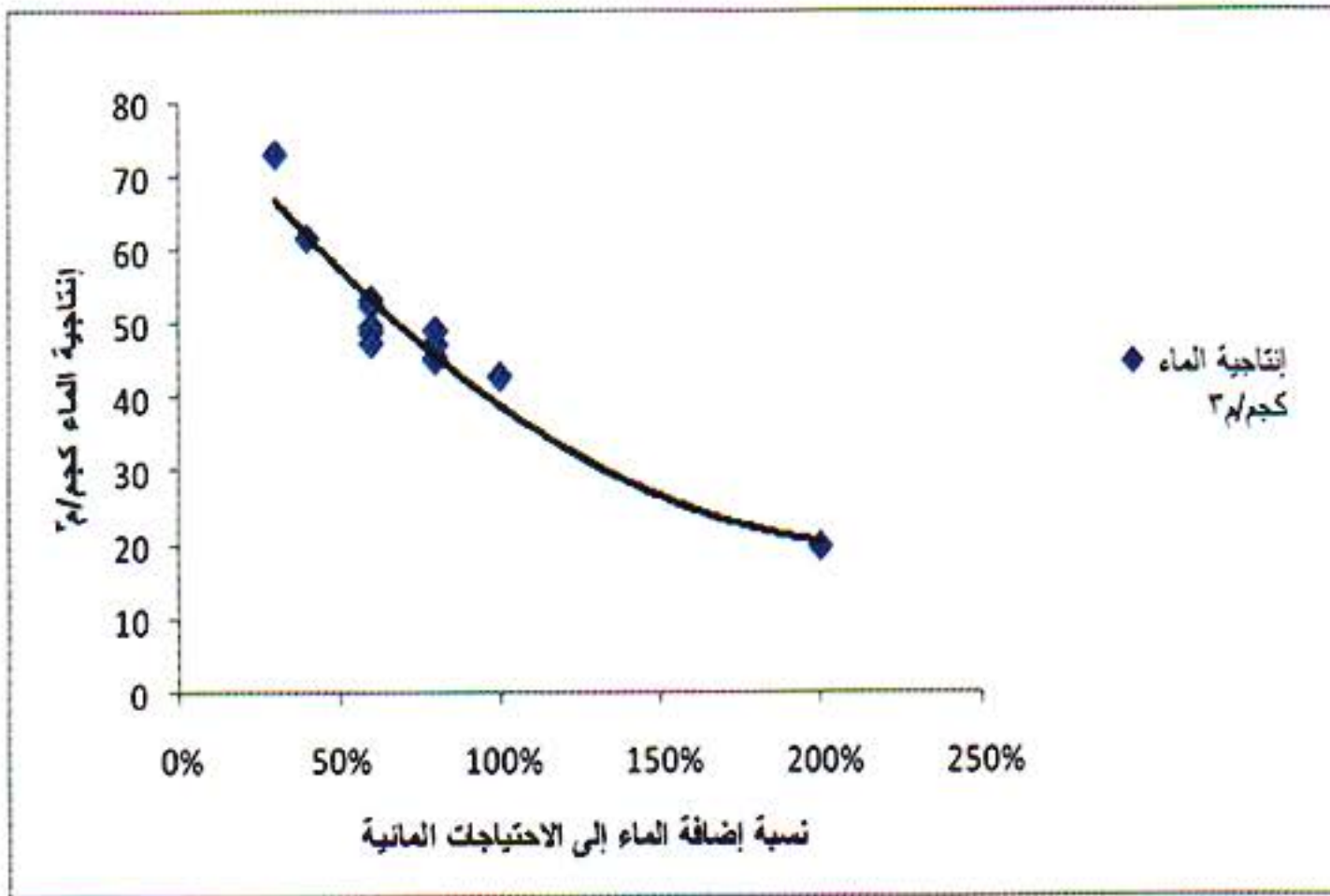
صورة (٧) نمو الخيار في الحقل المكشوف تحت نظام برنامج الري الناقص.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



صورة (٨) تعمق الجذور في التربة.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



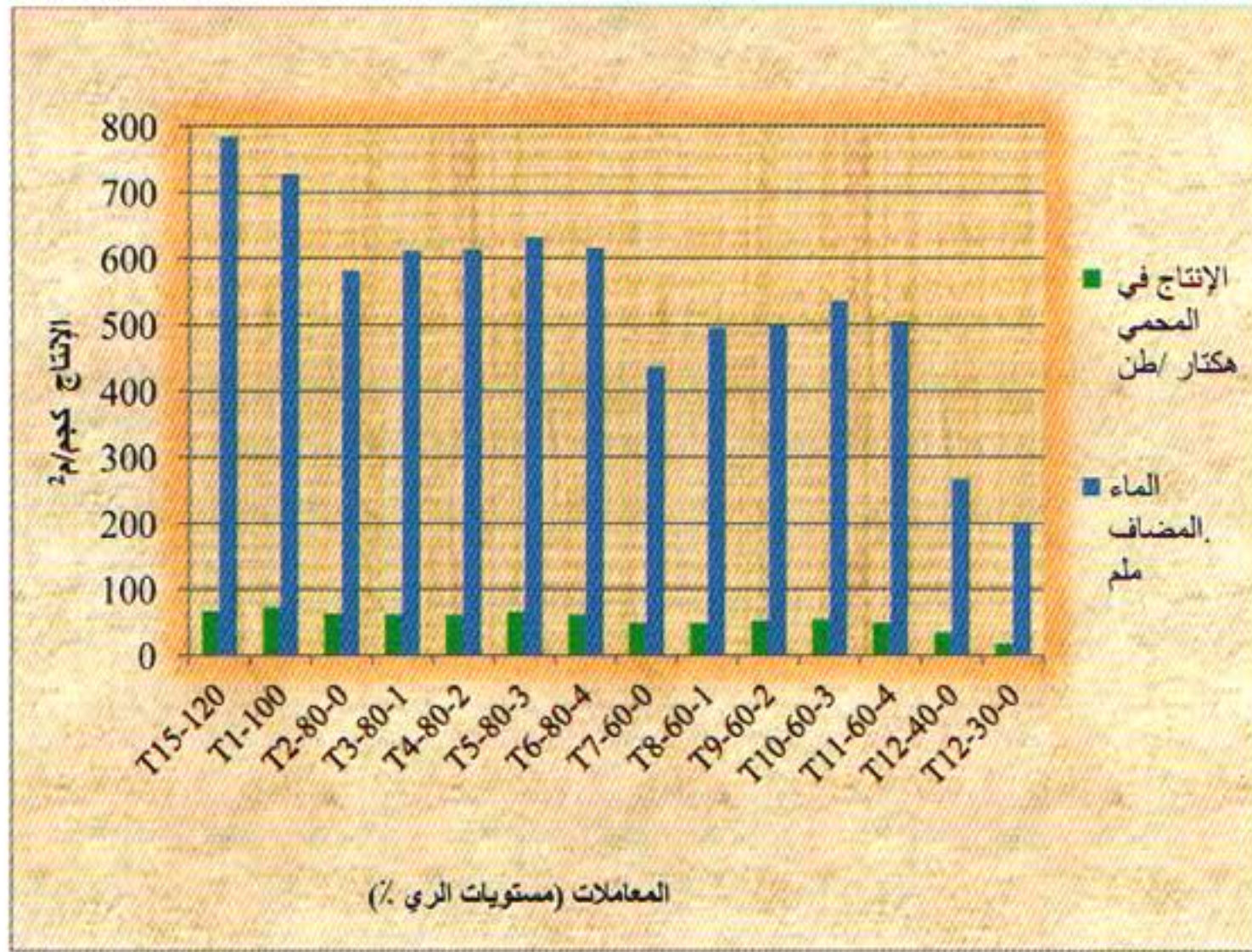
شكل (٤) إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه مع نسب إضافة مياه الري.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



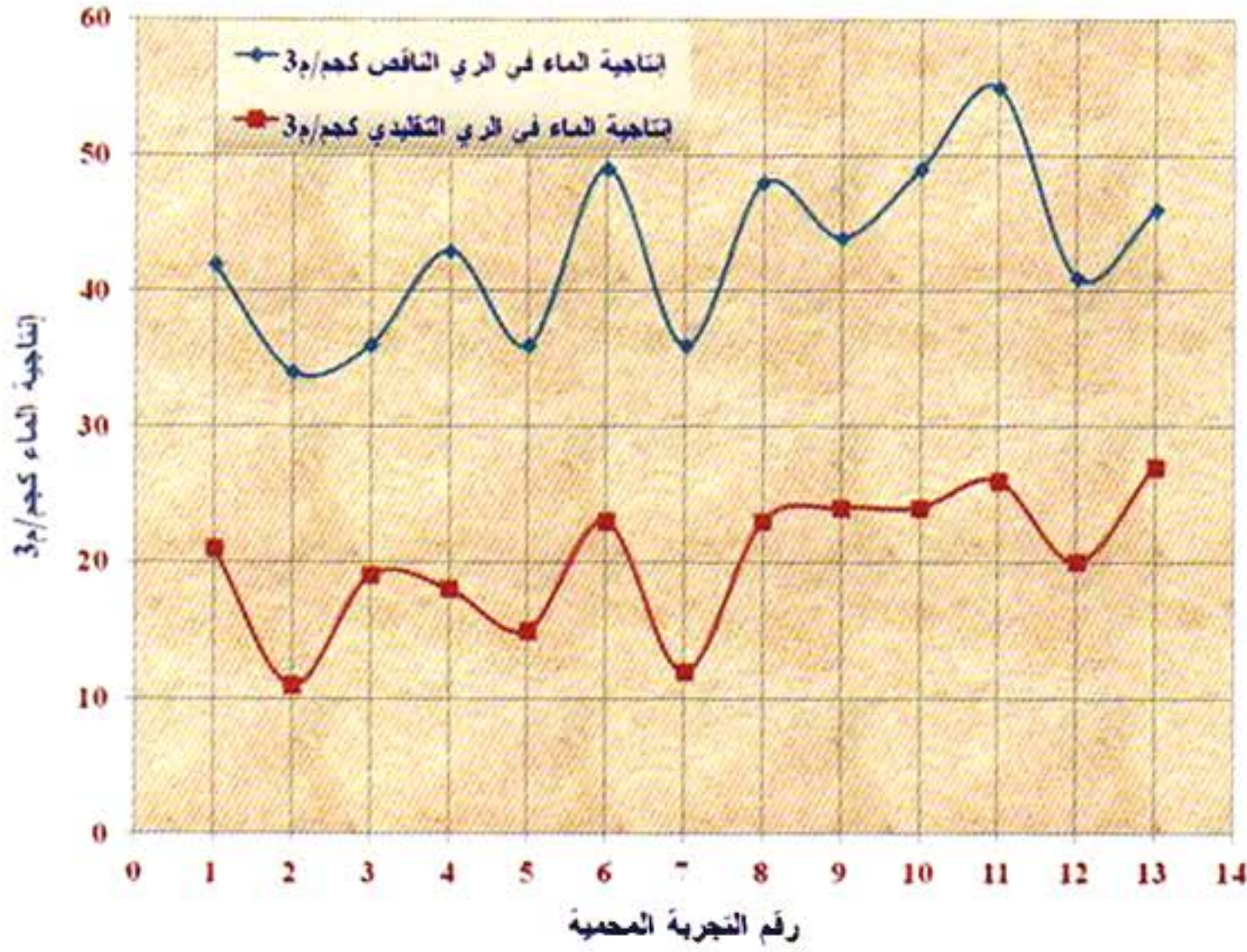
شكل (٥) تناقص قيمة إنتاجية الماء مع الماء المضاف.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

٨-٤- تأثير تطبيق الري الناقص على إنتاجية الخيار وكفاءة استخدام الماء في التجارب المكشوفة

يبين الشكل (٦) أن الري بنسبة ١٠٠٪ قد أعطى أعلى إنتاجية في الموسم بالنسبة لوحد المساحة، وقد لوحظ من خلال هذه التجارب أن الكثير من تأثيرات الري الناقص على الخيار في الحقل المكشوف تتشابه بتأثيراتها على الخيار المحمي. ولكن كفاءة استخدام الماء وإنتاجيته قد اتخذتا شكلاً مختلفاً عن الخيار المحمي كما يظهر ذلك من الشكل (٦) حيث أن الكفاءة والإنتاجية قد زادت مع زيادة مستويات الري إلى حدود معينة، ثم عادت وانخفضت الكفاءة والإنتاجية مع زيادة مستويات مياه الري بعكس الحال في الخيار المحمي الذي يوضحه شكل (٧).



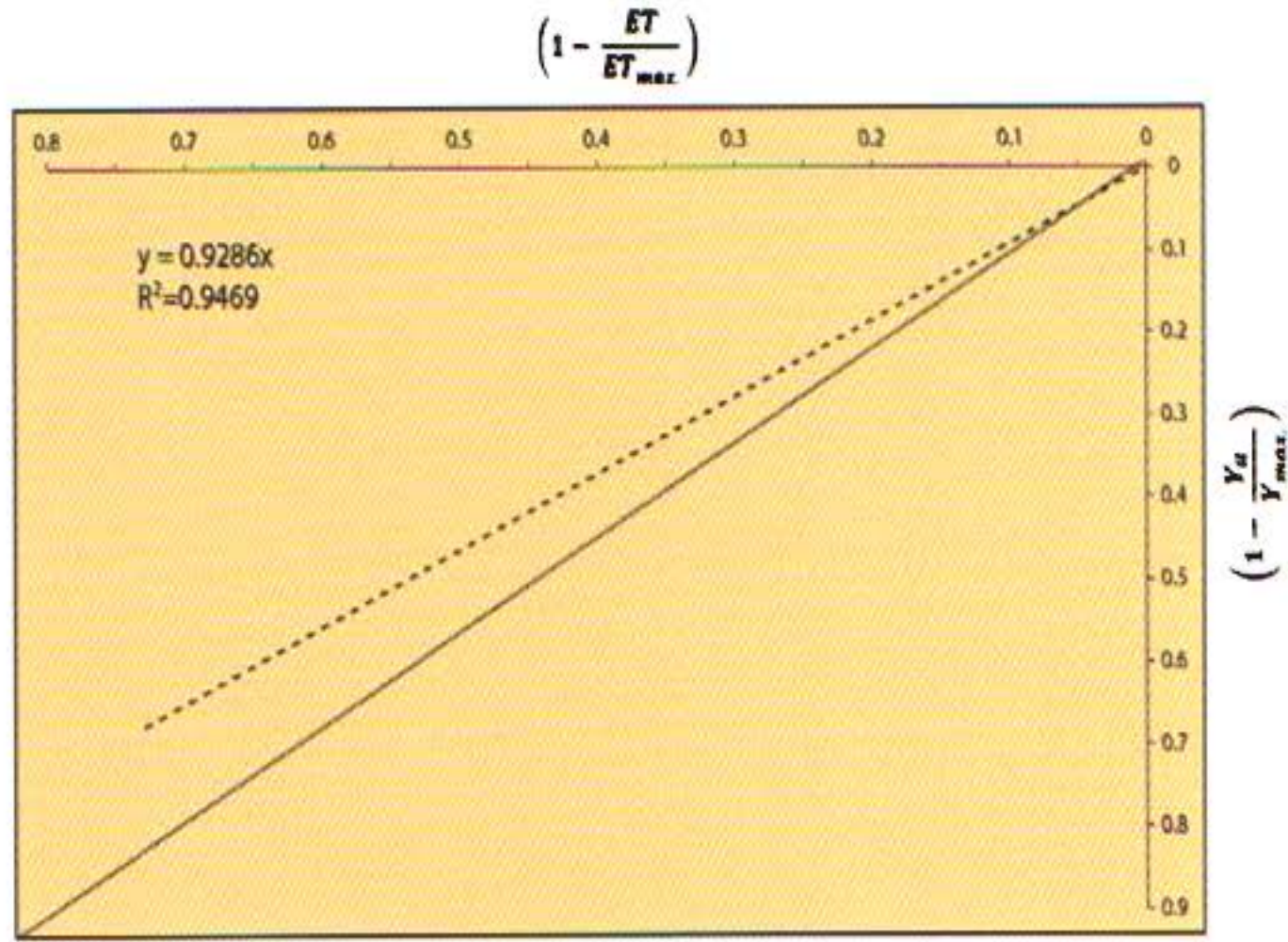
شكل (٦). تأثير مختلف معاملات الري الناقص على الإنتاج في التجارب الحقلية المكشوفة. (المصدر: لوكي، ١٤٢١هـ)



شكل (٧) مقارنة إنتاجية الماء بين الري الناقص والري التقليدي.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

٨-٥- عامل استجابة محصول الخيار للري الناقص K_y للتجارب الحقلية المكشوفة

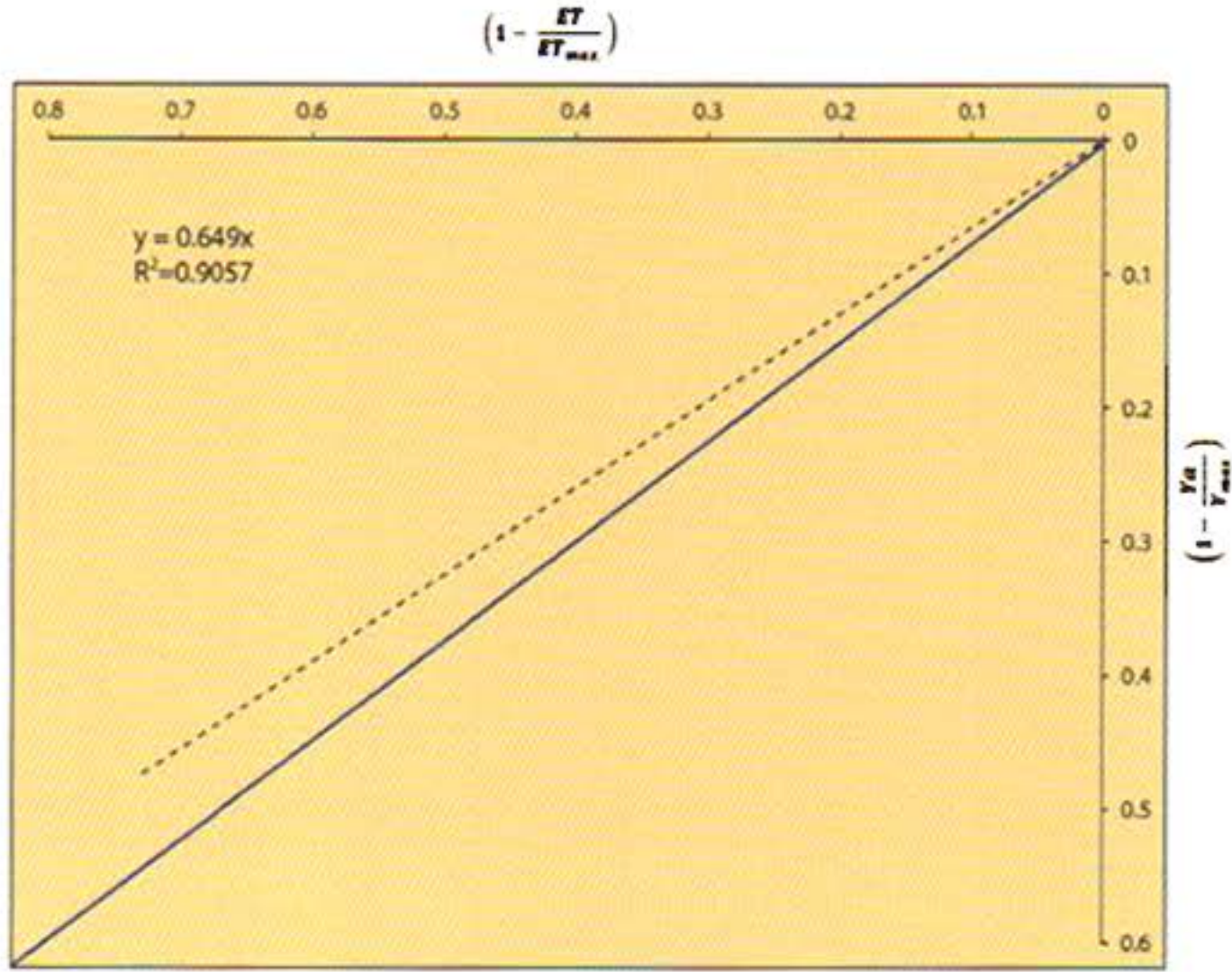
الشكل (٨) يبين قيمة عامل استجابة المحصول بالنسبة لمحصول الخيار لتجارب الحقول المكشوفة وهي ٠,٩٣، تقريباً، وقد بينت هذه النتائج أن الخيار في الحقل المكشوف أكثر حساسية لنقص المياه مقارنة بالخيار المزروع في البيوت المحمية بالنظر إلى متوسط قيمة K_y في كل منهما. وتباينت الدراسات في تحديد قيمة عامل استجابة المحصول للري الناقص لمحصول الخيار نظراً لاختلافها طبقاً لظروف نموه، فقد حدد Kamal et al. (٢٠٠٩) قيمته بـ ٠,٧٧ في الخيار المكشوف في الموسم الصيفي. كما تم الحصول على القيمة نفسها تقريباً (٠,٢٤ - ١,٧٦) (٠,٩١ $K_y =$ الفلفل الأخضر (Ertek et al., 2007).



شكل (٨) المتوسط العام لقيمة K_y للخيار المكشوف.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

٦-٨- عامل استجابة محصول الخيار للري الناقص K_y للتجارب المحمية

يتضح من الشكل (٩) أن متوسط قيمة عامل استجابة المحصول للري الناقص K_y بالنسبة لمحصول الخيار داخل البيوت المحمية هو ٠,٦٥، ويبدو واضحاً أن خط العلاقة يقع ضمن المحاصيل غير الحساسة والتي يمكن تطبيق برنامج الري الناقص عليها (Kirda et al., 1999). وقد أوضحت التجارب أنه يمكن التأثير على قيمته بإعطاء النبات رية كاملة في إحدى مراحل نموه، وتتناقص هذه القيمة أيضاً مع تزايد مستويات مياه الري والتي يترتب عليها مستويات عالية من البخر-نتح الفعلي، فقد لاحظ ذلك (Ayas and Demirta 2009) في دراسة قاما بها حيث وجدوا أن قيمته في الخيار المحمي تزايد مع تقليل مستويات الري من ١٦٩,٠ إلى ١٢٩,١، واستنتج بأن متوسط قيمته في الخيار المحمي هو ١,٢١٣ وهي قيمة تزيد كثيراً عما حصلنا عليها.



شكل (٩) منحنى عامل استجابة محصول الخيار للري الناقص للتجارب المحمية.
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

٧-٨- نتائج دراسة تطبيقات برنامج الري الناقص

١. تعد المرحلة الثالثة من مراحل نمو الخيار (مرحلة الإثمار) هي أكثر مراحل نمو الخيار تأثراً بالإجهاد المائي تليها مرحلة التطور بينما تعد المرحلة الأولية ونهاية الموسم أقلها تأثراً بنقص الماء.
٢. وجد أن كمية المياه المستخدمة في الري التقليدي تفوق الاحتياجات المائية للنباتات بنسبة ١٠٤٪ في المتوسط. ومنها نستنتج عندما يكون الماء هو العامل المحدد للزراعة في مزرعة أو إقليم ما فإن برنامج الري الناقص هو أفضل وسيلة لاستغلال وإدارة الموارد المائية القليلة المتوفرة.
٣. إن الري الكامل في المرحلة الأولية في زراعات الخيار المحمية والمكشوفة على حد سواء يؤدي إلى نقص معنوي في الإنتاج، وعليه ينبغي تخفيض مستوى الري إلى ٨٠٪ على الأقل في هذه المرحلة.
٤. لوحظ أنه عند إعطاء محصول الخيار رية كاملة في مرحلة الإثمار (المرحلة الثالثة) فإن

نسبة النقص في الإنتاج نتيجة الري الناقص بمستوى الري ٨٠٪ و ٦٠٪ انخفضت من نسبة ٨٪ و ٢٤٪ إلى ٢,٧٪ و ١٥,٣٪، على التوالي، وعليه عند تطبيق برنامج الري الناقص لابد من معرفة المراحل الأكثر حساسية للإجهاد المائي ومن ثم معرفة متى وكم من كميات مياه الري ينبغي تطبيقها.

٥. وجد من خلال هذه الدراسة أن قيمة عامل استجابة المحصول للري الناقص Ky داخل البيوت المحمية هي ٠,٦٤، والفروق في قيم العامل باختلاف فصول السنة كانت معنوية، وقد تراوحت ما بين ٠,٥٦ - ٠,٧٦ من الخريف إلى الشتاء، ووجد أن قيمة Ky في الحقل المكشوف كانت ٠,٩٣، بينما كانت للمواسم ٠,٩٣ - ٠,٩٨ للصيفي والخريفي، على التوالي.

٦. أتضح أن قيم عامل استجابة المحصول للري الناقص Ky للمراحل عند إعطاء النبات رية كاملة في إحدى مراحل نموه عند مستويات الري ٨٠٪، ٦٠٪ تتناقص طبقاً لاستجابة هذه المرحلة لزيادة مستوى مياه الري وتتراوح ما بين ٠,٣٦ - ٠,٧٧ للخيار المحمي، و ٠,١٢٩ - ١,١٢٩ للخيار المكشوف وذلك للمرحلة الثالثة ومعاملة طوال الموسم في البيوت المحمية أو المرحلة الثالثة والمرحلة الأولية في الحقل المكشوف، على التوالي.

٧. أن قيمة عامل استجابة المحصول للإجهاد المائي Ky تتأثر بالعديد من العوامل الجانبية التي تؤثر في إنتاجية النبات في كل موسم مما يزيد من صعوبة تحديد القيمة بالدقة لكل محصول ولاسيما لمحصول الخيار ولكنها كانت مفيدة في إعطاء مؤشر واضح تحت الظروف المكانية والزمنية لكل تجربة ولجميع التجارب.

٨. تزداد قيم إنتاجية الماء وكذلك كفاءة استخدام المياه بتناقص مستويات الري في البيوت المحمية حتى إلى ٣٠٪ حيث تكون عند أعلى قيمها، وإلى مستوى الري ٤٠٪ في الحقل المكشوف وتكون عند أعلى قيمها ثم تنحدر لتكون عند أقل قيمة لها في مستوى الري ٣٠٪.

٩. وجد أن إعطاء رية كاملة في إحدى مراحل نمو النبات يؤدي إلى نقص في قيمة إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه في هذا المستوى من الري الناقص سواء أكان في الخيار المحمي أو المكشوف على حد سواء.

١٠. التوفير في المياه أدى إلى التوفير في الاسمدة والمبيدات و العمالة وتكاليف الإدارة الكلية.

٩- التوصيات

يوصى باستخدام طريقة وعاء البخر لتقدير الاحتياجات المائية في البيوت المحمية لأنها من أسهل الطرق الموثوقة والتي يمكن بسهولة استخدامها من قبل المزارعين. كما يوصى بتعميم برنامج الري الناقص خصوصاً في البيوت المحمية حيث ثبتت أهميته في تقليل كمية المياه المستخدمة كذا الأسمدة والمبيدات والطاقة، مع زيادة الأبحاث حول المراحل الأكثر تأثيراً بالإجهاد المائي لمحصول الخيار. كما توصي بإجراء مزيد من التجارب والأبحاث في مجال إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه عند تطبيق برنامج الري الناقص سواء عند الزراعة في البيوت المحمية أو الزراعة المكشوفة. وتوصي هذه الدراسة التخلي عن الري التقليدي لما يسببه من إهدار كميات كبيرة من الماء وزيادة استخدام الأسمدة والمبيدات والطاقة داخل البيوت المحمية، وتشجيع الزراعة داخل البيوت المحمية.

١٠- المراجع

- ١- العمران، عبد رب الرسول موسى. ٢٠٠٨م. الاحتياجات المائية للري والترشيد. النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود. الرياض.
- ٢- عثمان، مصطفى نوري. ١٤٠١ هـ. الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية. مطبوعات تهامة. الرياض.
- ٣- لوكي، إبراهيم إدريس. ١٤٢١ هـ. تأثير الري الناقص على إنتاجية الخيار بالبيوت المحمية والحقل المكشوف في محافظة نادر بمنطقة الرياض. قدم هذا البحث استكمالاً لمتطلبات درجة الماجستير في العلوم الزراعية، قسم علوم التربة - كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود.
- ٤- وزارة الزراعة والمياه. ١٩٨٤م. أطلس المياه في المملكة العربية السعودية. الرياض، المملكة العربية السعودية.

Al-Omran A., S. Al-Damry, M. Nadeem and A. El-Eter. 2009. Effect of Irrigation Regime and Emitter Depth on Yield and Water Use for Tomato. J.King Saud Univ.. Vol. 21. Agric. Sci. (2). pp. 43-54. Riyadh (2009/1430H).

Ayas'Serhat and Demirta'Ciğdem. 2009. Deficit irrigation effects on cucumber (Cucumissativus L. Maraton) yield in unheated greenhouse condition. International journal of food, agriculture and environment. ISSN"1459-0255"2009. vol. 7"(3&4): 645-649

Cabello. M.J., Castellanos. M.T., Romojaro. F., Martinez-Madrid. C., Ribas. F., 2009. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. Agr. Water Manage. 96. 866-874.

Calvache. M., Reichardt. K., Bachi. O.O.S. Efeito de épocas de deficiênciahídri- canaevapotranspiraçãoatual da cultura do feijão cv. Imbabello. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 10. 1997. Piracicaba. Anais.... Piracicaba. SP: Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1997.

Chartzoulakis. K.; Drosos. N. Water use and yield of greenhouse grown egg-plant under drip irrigation. Agricultural Water Management. Amsterdam. v.28. n.2. p.113-120. 1995.

Cicogna. A., Dietrich. S., Gani. M., Giovanardi. R., Sandra. M., 2005. Use of

meteorological radar to estimate leaf wetness as data input for application of territorial epidemiological model (downy mildew – *Plasmopara viticola*): agrometeorology 2003. Phys. Chem. Earth 30. 201–207.

- Cook SE. Gichuki F. Turrall H. Myles F. AGRICULTURAL WATER PRODUCTIVITY: Issues, Concepts and Approaches: Basin Focal Project: Working with partners to enhance Agricultural water productivity sustainably In benchmark river basins □2006□. 1. 1-17. 2006.
- Cuenca. R. H. 1989. Irrigation system design: An engineering approach. Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Doorenbos. J., Kassam. A.H., 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Papers 33.FAO. Rome. Italy.
- English. M. And S.N. Raja. 1996. Perspectives on deficit irrigation. Agric. Water Manage. 32(1):1-14.
- English. M. J., and Nakamura. B. C. 1989.Effects of deficit irrigation and irrigation frequency on wheat yields. Journal of American Society of Civil Engineering 115(IR2): 172–184.
- English. M., 1990.Deficit irrigation. I. Analytical framework. J. Irrig. Drain E. ASCE 116. 399–412.
- Ertek A., S. Sensoy, I. Gedk and C. .Kücükyumuk. 2007.Irrigation Scheduling for Green pepper (*Capsicum annum L.*) Grown in field Conditions by Using Class-A Pan Evaporation Values. J. Agric. & Environ. Sci., 2(4): 349-358.
- Farre. I., Faci. j.M .. 2006. Comparative response of maize (*Zea mays L.*) and sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) to deficit irrigation in a Mediterranean environ- ment. Agr. Water Manage. 83. 135-143.
- Fereres. E., Soriano. M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on 'Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress' J. Exp. Bot. 58. 147–159.
- Geerts Sam and Raes.D., 2009. Deficit irrigation as on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96 (2009) 1275–1284.
- Geerts. S., Raes. D., Garcia. M., Condori. O., Mamani. J., Miranda. R., Cusicanqui. J., Taboada. C., Vacher. J., 2008. Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) in the Southern Bolivian Altiplano? Agr. Water Manage. 95. 909–917.

- Hexern. R.W., Heady. E.O. 1978. Water Production Functions for Irrigated Agriculture. Iowa State University Press. Ames. Iowa. USA.
- Howell. T. A., Schneider. A.D., and Evett. S.R. 1997. Subsurface and surface microirrigation corn–Southern High Plains. Transaction of ASAE 40: 635–641.
- Kamal H. Amer, Sally A. Midan, and Jerry L. Hatfield. 2009 Effect of Deficit Irrigation and Fertilization on Cucumber. Published in Agron. J. 101:1556–1564. (2009)
- Kemp. P. 1996. New war of words over scarce water. Middle East Economic Digest 49: 27.
- Kipkorir. E.C., Raes. D., Massawe. B., 2002. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in Perkerra, Kenya. Agr. Water Manage. 56: 229-240.
- Kirda. C., Kanber. R., Tu" lu" cu", K., Gu" ngo" r. H., 1999. Yield response of cotton, maize, soybean, sugar beet, sunflower and wheat to deficit irrigation. In: Kirda. C., Moutonnet. P., Hera. C., Nielsen. D.R. (Eds.), Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London, pp. 21–38.
- Kirda. C. 2000. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In Deficit irrigation practices. C. Kirda, P. Moutonnet, C. Hera and D.R. Nielsen (eds). Water Report #22 FAO. Rome.
- Kirda. C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices. FAO. Rome (Italy). Land and Water Development Div. Rome (Italy): FAO. 2002.– ISBN 92-5-104768-5.
- Lovelli. S.; M. Perniola. A. Ferrara. T. D. Tammaso. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena*. Agric. water Manage. 92: 73-80.
- Mao. X., M. X. Wang; C. Liu. Z. Hou and J. Shi. 2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. Agricultural water management. 61 (3): 219-228.
- Moutonnet. P. 2000. Yield Response to Field Crops to Deficit Irrigation In Deficit irrigation practices. C. Kirda, P. Moutonnet, C. Hera and D.R. Nielsen (eds). Water Report #22 FAO. Rome.
- Payero. J.O. Melvin. S.R., Irmak. S., Tarkalson. D. 2006. Yield response of corn to

- deficit irrigation in a semiarid climate. *Agr. Water Manage.* 84. 101-112.
- Pereira. L.S., T. Oweis and A.Zairi. 2002. Irrigation water management under water scarcity. *Agric. Water Manage.* 57:175-206.
- Schneider. A.D., and Howell. T.A. 1997. Methods, amounts, and timing of sprinkler irrigation for winter wheat. *Transaction of ASAE* 40: 137-142.
- Sepaskhah. A.R., Akbari. D., 2005. Deficit irrigation planning under variable seasonal rainfall. *Biosyst. Eng.* 92. 97-106.
- Stewart. B.A. & Musick. J.T. 1982. Conjunctive use of irrigation and rainfall in semi-arid regions. *Advances in Agronomy* 1: 1-23.
- Sun. H.Y., Liu. C.-M., Zhang. X.-Y., Shen. Y.-J., Zhang. Y.-Q., 2006. Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. *Agr. Water Manage.* 85. 211-218.
- Taylor. H.M., Jordan. W.R., Sinclair. T.R., 1983. *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production*. American Society of Agronomy, Crop Society of America, Soil Science Society of America, USA.
- ture. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Ünlü . M., Kanber. R., Senyigit. U., Onaran. H., Diker. K., 2006. Trickle and sprinkler irrigation of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the middle Anatolian region in Turkey. *Agr. Water Manage.* 79. 43-71.
- Zhang. H., and Oweis. T. 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management* 38: 195-211.
- Zhang. X., Chen. S. Sun. H., Pei. D., Wang. Y., 2008. Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat. *Irrig. Sci.* 27. 1-10.





الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
SAUDI SOCIETY FOR AGRICULTURAL SCIENCES

شكر وتقدير

يتقدم المؤلفان بجزيل الشكر والتقدير للجمعية
السعودية للعلوم الزراعية ممثلة بهيئة تحرير سلسلة
الإصدارات العلمية على موافقتها نشر هذا الإصدار
ضمن سلسلة إصداراتها العلمية.

جميع ما يحتويه هذا الإصدار يعد مسؤولية المؤلفين

