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

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

برنامج الري الناقص لترشيد المياه

"محصول الخيار"

الانتاجية 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 الترب 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.

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 لايؤثر 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 لاتؤثر 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 الرئيسي لإنتاجية المحصول هو الماء. وفي الدول التي يطلب فيها من المزارع دفع تكلفة للمياه المستخدمة فإن هدف المزارعين هو تعظيم إنتاجية الماء وليس تعظيم انتاجية 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.

دالة إنتاجية الماء

Crop Water Production Function (CWPF)

تعبر دالة إنتاجية الماء عن العلاقة بين المحصول القابل للتسويق (Y_a) وكمية المياه المستخدمة من قبل المحصول (ET_a) (Taylor et al., 1983; Doorenbos and Kasam, 1979).

إن أعلى كفاءة لاستخدام المياه(Water Use Efficiency (WUE في دالة إنتاجية الماء تتم باستخدام إنتاجية المياه(Water Productivity (WP 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 . نتح النسبي (ET_a / ET_{max}).

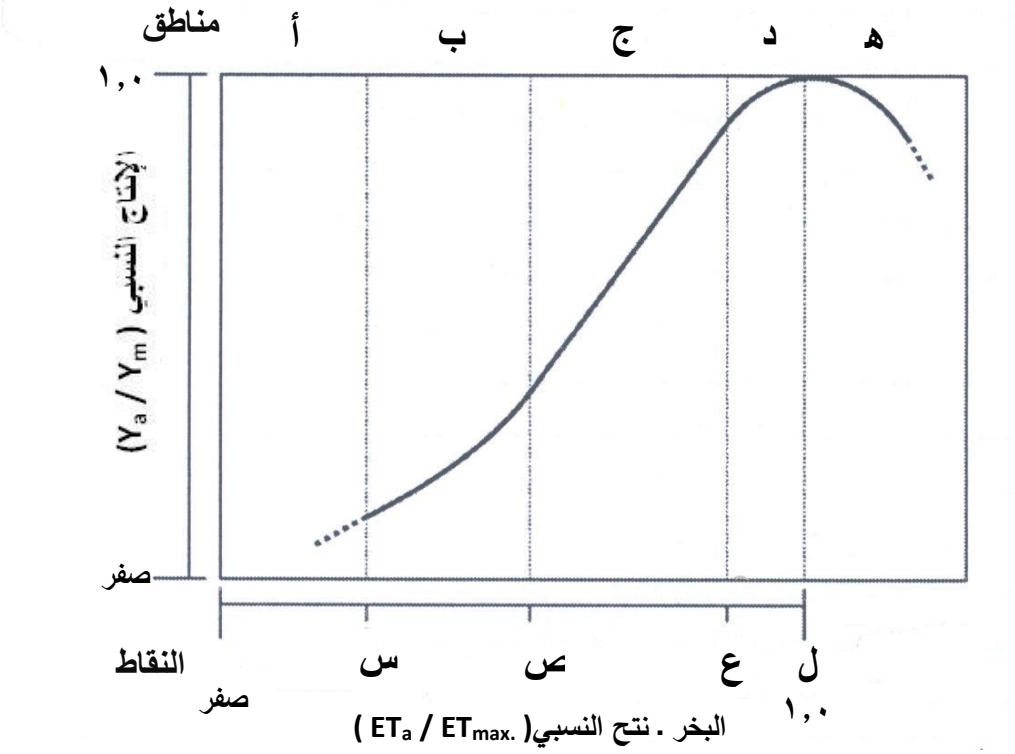
حيث:

Ya = الإنتاج الفعلي عند قيم محددة للماء المستخدم

Y_{max} = الإنتاج الأعلى المتوقع

ET_a = الماء المستخدم بالنبات

ET_{max} = 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 لايعطي المحصول اي انتاجية، 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 ٠,٥ (نقطة ص في الشكل).

المنطقة(د) من الشكل:

لقد اتضح من العديد من الدراسات في محاصيل كثيرة بان 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 فأنه لاينصح بإضافة الماء خصوصاً في المراحل الاخيرة 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 الأحتياجات المائية للمحصول (ET_c) تحت برنامج الري الناقص، أما عند استخدام الماء المضاف الكلي فأن العلاقة تصبح غير خطية

أو خطية منحنية " curvilinear " والتي يدخل فيها الماء المفقود ومياه الصرف وغيره، وبالعموم فأن 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 = الإنتاجية (كجمهكتار$^{-1}$)

X = الماء المضاف (ملم)

a, a_1, a_2, a = 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 الأستهلاك 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:

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

حيث:

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

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

ET_a = البخر نتح الفعلي (ملم)

ET_m = أعلى بخر نتح في ظروف نفس المنطقة (ملم)

Ky = 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.

الري الناقص: كضرورة إستراتيجية

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 الماء المتاح. ولتلبية 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 (Fereres and Soriano, 2007; Pereira et al., 2002), ومن خلال هذا البرنامج قامت الأبحاث لزيادة إنتاجية وحدة الماء كأساس لرسم إستراتجية الري الناقص تحت نظام الري

بالتنقيط، ويهدف الري الناقص إلى زيادة كفاءة استخدام المياه وزيادة الرقعة الزراعية أفقيا ورأسيا وترشيد استهلاك المياه (العمران، ٢٠٠٨م).

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 اوضحت الدراسات التي قام بها كل من ,(1977) Stewart et al. (1974) Hanks Doorenbosand Kassam, (1979), (Taylor et al., 1983) العلاقة بين الاستهلاك المائي للمحصول وإنتاجيته وهي شكلت أساسا 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 ودوارالشمس 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 أيضا 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 الإستراتيجية الرئيسية 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 Evapotranspiration(ET) والإنتاج كانت من الدرجة الثانية كثيرة الحدود. وأن كفاءة استخدام الماء (WUE)، وكفاءة الري (IWUE) Irrigation Water Use Efficiency تتناقص معنويا 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.

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 و يمكنه 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. (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 الخبيز في القمح, وطول وقوة تيلة القطن، ومحتوى السكروز في بنجر السكر والعنب.

الصورة ١.حساب كميات مياه الري عن طريق المحابس والعدادات مع مقاييس للضغط والحرارة.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

قيود تطبيق برنامج الري الناقص

من الأهمية بمكان معرفة قيود تطبيق برنامج الري الناقص قبل المباشرة بتطبيقه وأهمها:

١) الإلمام الكامل بالاحتياجات المائية للمحصول (ET_c), ومن ثم معرفة الحدود الدنيا الضرورية للنبات والتي يجب أن تكون متوفرة (Fereres and Soriano, 2007; Zhang and Oweis, 1999; Geerts et al., 2008).

٢) معرفة مدى استجابة النبات لنقص الماء – تكون قيمة K_y أقل من واحد–.

٣) في أي مرحلة يتأثر بها.

٤) العائد الاقتصادي من تطبيق النظام.

٥) مناسبته لقوام التربة والقدرة التخزينية للترب دورها في نجاح تطبيق النظام, فالنباتات في الترب الرملية تصل بسرعة إلى حالة الإجهاد المائي (Kirda, 2000), إذا فهو يناسب أكثر الترب ناعمة القوام.

٦) برنامج الري الناقص يناسب أكثر المحاصيل ذات الموسم القصير (Stewart and Musick, 1982).

٧) ينبغي أن يكون عدد النباتات في وحدة المساحة هي الحد الأقل.

٨) ينبغي أن تستخدم كمية أقل من الأسمدة (Kirda, 2000).

٩) لا يتم غسل الأملاح من منطقة الجذور من خلال هذا البرنامج، وبالتالي الأخذ بعين الاعتبار تركيز الأملاح في التربة ومياه الري عند تطبيق هذا البرنامج.

الصورة رقم ٢. نمو الخيار في البيت المحمي.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

عامل استجابة المحصول)(Ky للري الناقص.

تعتبر قيمة عامل استجابة المحصول لنقص الري (K_y) لكل محصول هي المؤشر على مدى إمكانية تطبيق برنامج الري الناقص على المحصول من دون خسارة تذكر، وتعني (K_y) علاقة انخفاض الإنتاج بانخفاض البخر- نتح المحصولي, وهي علاقة خطية استخدمها Stewart et al. (1977), وتتراوح قيمته ما بين ٠,٢-١,١٥وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة(FAO), وما بين ٠,٠٨ – ١,٧٥ وفقاً للوكالة الدولية للطاقة الذرية(Moutonnet, 2000). وعندما تكون قيمة K_y أكبر من واحد فتكون نسبة الانخفاض النسبي في الإنتاج أكبر من نسبة الانخفاض في الاستهلاك المائي (Kirda et al., 1999). مما يعني عدم إمكانية تطبيق برنامج الري الناقص، تفادياً لخسارة أكبر والعكس صحيح.

وتختلف النباتات في مدى استجابتها للعجز في كمية مياه الري كما تختلف في مرحلة النمو التي 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 (K_y) تتراوح بين ٠,٣٣ – ٠,٩٨ لمحاصيل مختلفة منها الطماطم والفاصوليا، وفي دراسة قام بها (Calvache et al., 1997) لمحصول الفاصوليا قيمة استجابة المحصول (K_y) تراوحت بين ٠,٣٤ – ١,١٦ ولقد ذكر (Cuenca, 1989) عن قيم (K_y) 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 (K_y) وكفاءة استخدام المياه (WUE) من خلال دراسة باستخدام خمس مستويات للري ١٠٠ و٧٥ و٥٠ و٢٥ وصفر٪ من ET_m للاحتياجات المائية, وبحساب قيمة (K_y) وجد أنها لنبات دوار الشمس كانت ٠,٩٣ بينما لمحصول الباذنجان كانت القيمة ١,٣٧.

تجربة الري الناقص في المملكة (محصول الخيار):

لقد تم القيام بعدة تجارب عن استخدام برنامج الري الناقص بالمملكة و المعلومات القادمة 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٪ و٨٠٪

و٦٠٪ و٤٠٪ و٣٠٪ من البخر – نتح المحصولي الأقصى (ET_m) 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٪ و٦٠٪. وبذلك تكون عدد المعاملات الأساسية ١٣ 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.

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

المعاملة	**المرحلةالأولية**	**مرحلة التطور**	**مرحلة الوسط**	**مرحلة نهايةالموسم**	**البيـــان**
T_1-100	٠*	٠	٠	٠	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى طوال الموسم.
T_2-80-0	١**	١	١	١	٨٠٪ من البخر–نتح الأقصى طوال الموسم.
T_3-80-1	٠	١	١	١	١٠٠٪من البخر–نتح الأقصى في المرحلة الأولية ثم ٨٠٪ من البخر–نتحالأقصى خلال بقية المراحل.
T_4-80-2	١	٠	١	١	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى في مرحلة التطور و ٨٠٪ منه خلال بقية مراحلالنمو.
T_5-80-3	١	١	٠	١	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى في مرحلة المنتصف ثم ٨٠٪ منه خلال بقيةالمراحل.
T_6-80-4	١	١	١	٠	١٠٠٪من البخر–نتح الأقصى في مرحلة نهاية الموسم و ٨٠٪ منه خلال بقيةالمراحل.

T_7-60-0	١	١	١	١	٦٠٪ من البخر–نتح الأقصى طوال الموسم.
T_8-60-1	٠	١	١	١	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى في المرحلة الأولية ثم ٦٠٪ منه خلال بقية المراحل.
T_9-60-2	١	٠	١	١	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى في مرحلة التطور و ٦٠٪ منه خلال بقية مراحلالنمو.
T_{10}-60-3	١	١	٠	١	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى في مرحلة المنتصف ثم ٦٠٪ منه خلال بقيةالمراحل.
T_{11}-60-4	١	١	١	٠	١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى في مرحلة نهاية الموسم و ٦٠٪ منه خلال بقيةالمراحل.
T_{12}-40	١	١	١	١	٤٠٪ من البخر–نتح الأقصى طوال الموسم.
T_{12}-30	١	١	١	١	٣٠٪ من البخر–نتح الأقصى طوال الموسم.
T_{14}-Trad	الريالتقليدي				تم استخدام جزء منشبكة الري المستخدم لري الخيار خارج التجارب لري هذه المعاملة وحساب كميتها.

* **(الصفر) : يعني أنّ المرحلة أخذت مستوى الري ١٠٠٪ من البخر–نتح الأقصى .**

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

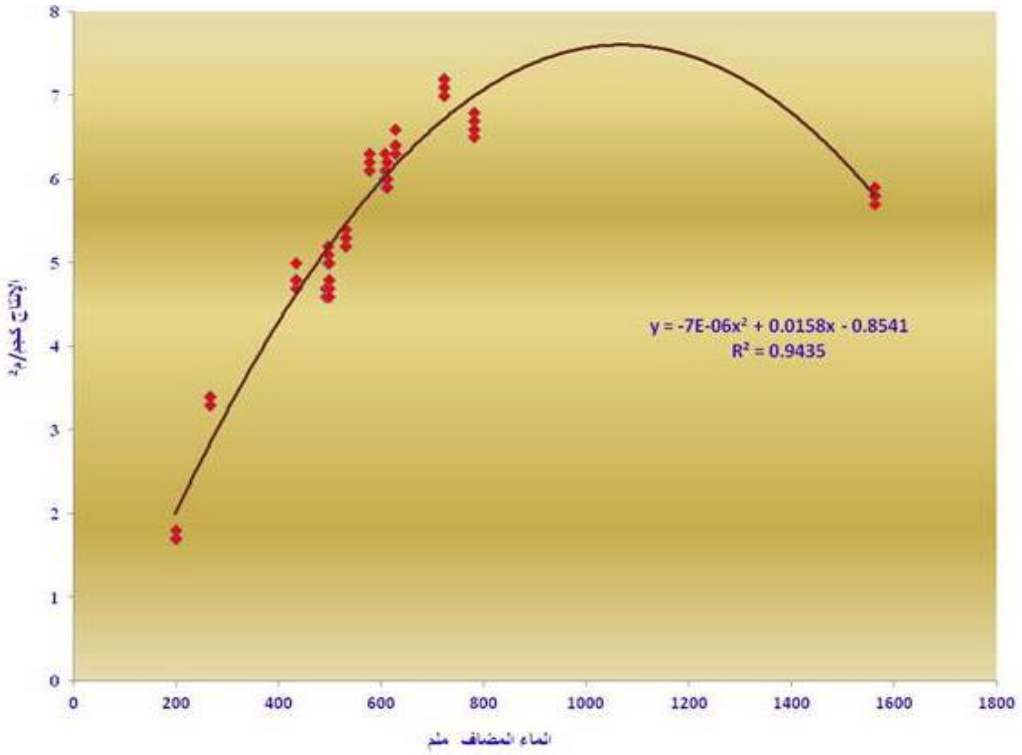
نتائج التجارب

دالة إنتاجية الماء

يبين الشكل (٢)نتائج دالة النتاجية 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 فيالتناقص. وقد أوضحت الكثير من الدراسات تناقص القيمة الحدية للإنتاج مع استمرار إضافة

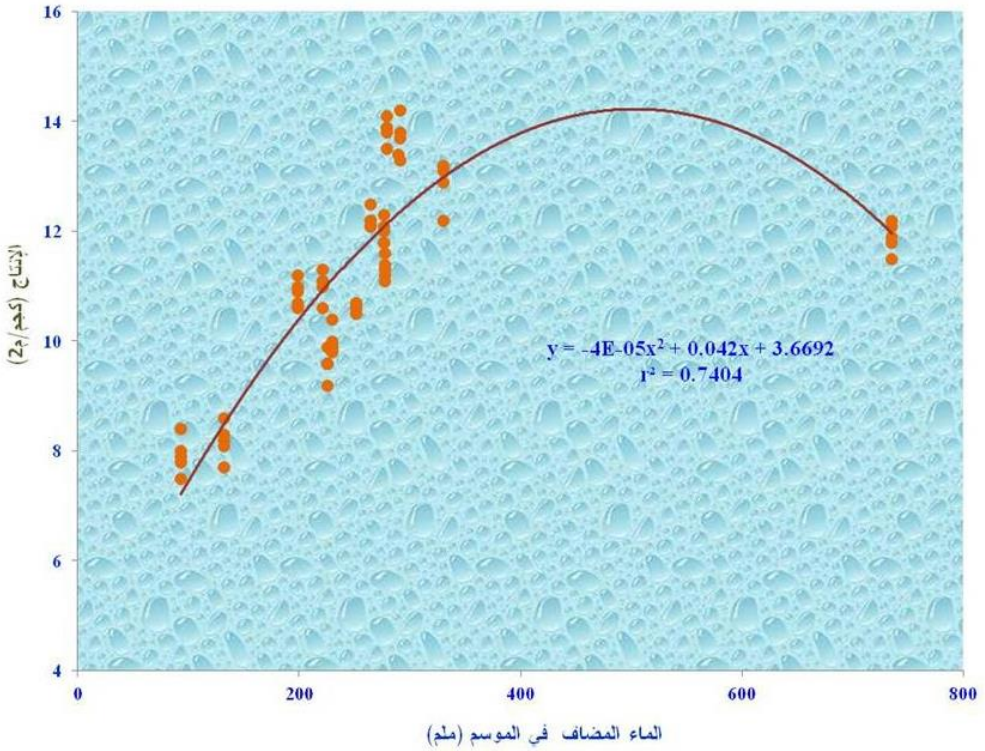
مياه الري (Cook et al., 2006; Zhang et al., 1999; Schneider and Howell, 1997;Howell et al., 1997

ويبين الشكل (٣) بالبيوت المحمية وأنالعلاقة بين مياه الري وإنتاجية وحدة المساحة 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 GeertsandRaes (2009) و Zhang and Oweis (1999) على نتائج مماثلة في أبحاثهم.



الشكل رقم ٢. دالة إنتاجية الماء للتجارب المكشوفة.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



الشكل ٣. دالة إنتاجية الماء للخيار المحمي.

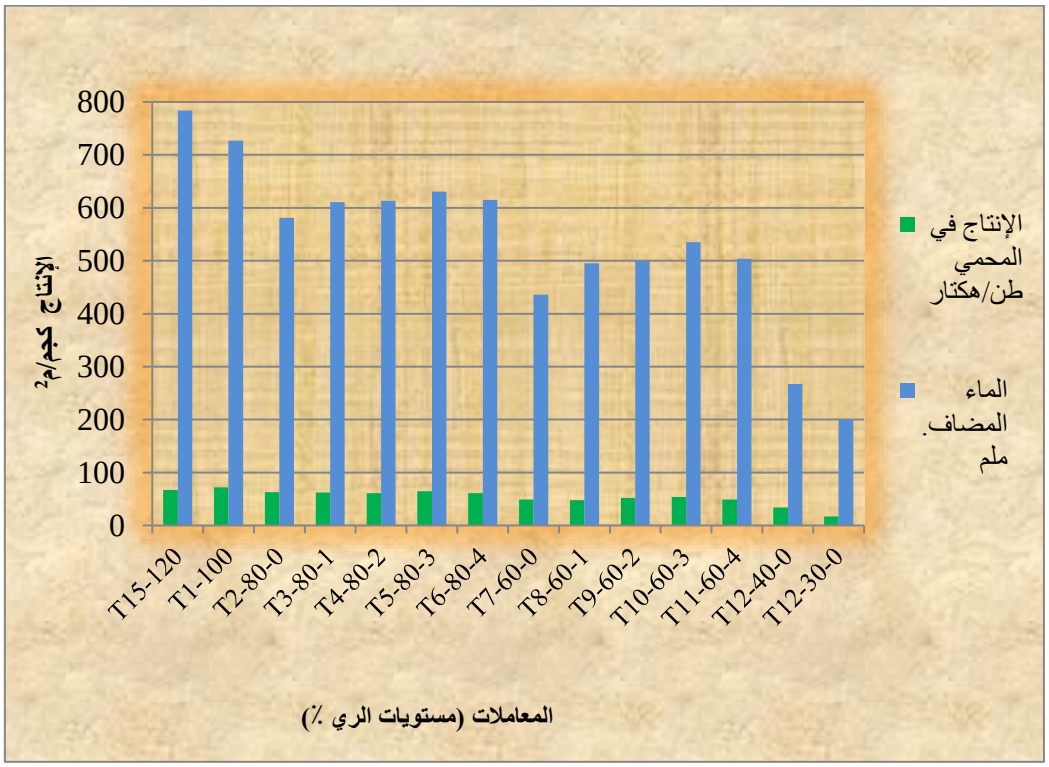
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

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

يبين الشكل(٤) أن الري بنسبة ١٠٠٪ قد أعطى أعلى إنتاجية في الموسم بالنسبة لوحدة 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 شكلا مختلفا عن الخيار المحمي كما يظهر ذلك من الشكل (٤)حيث أن الكفاءة والإنتاجية قد زادتا 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 (٥).

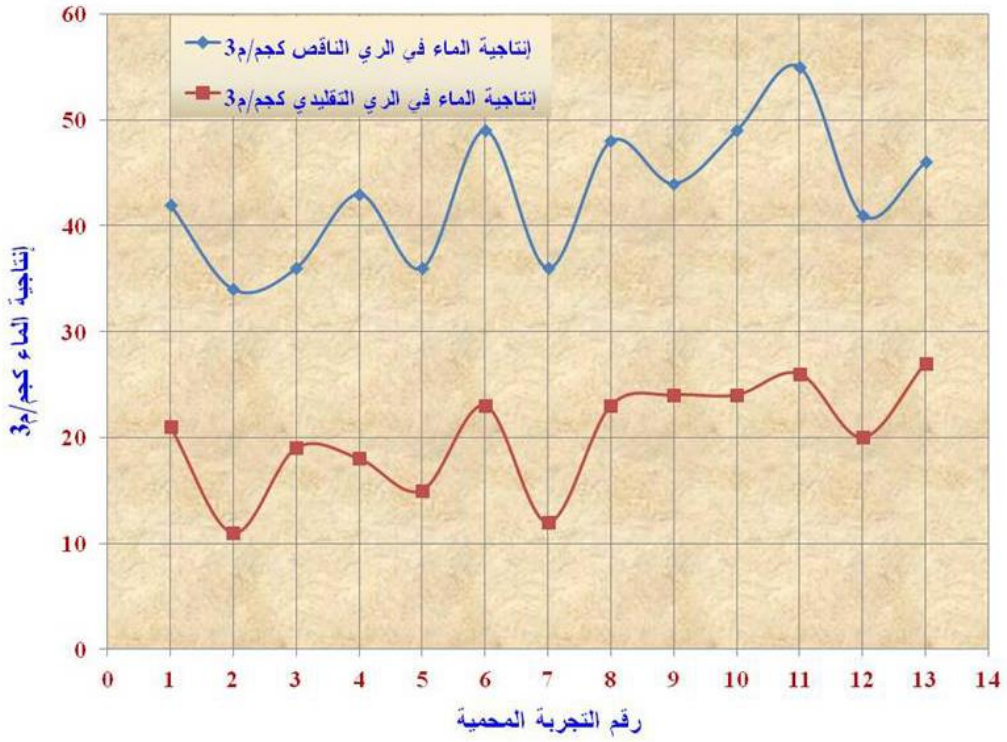
صورة رقم ٣. قياس تعمق الجذور في التربة.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



الشكل رقم٤. تأثير مختلف معاملات الري الناقص على الإنتاج في التجارب الحقلية المكشوفة.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



الشكل رقم ٥. مقارنة إنتاجية الماء بين الري الناقص والري التقليدي.

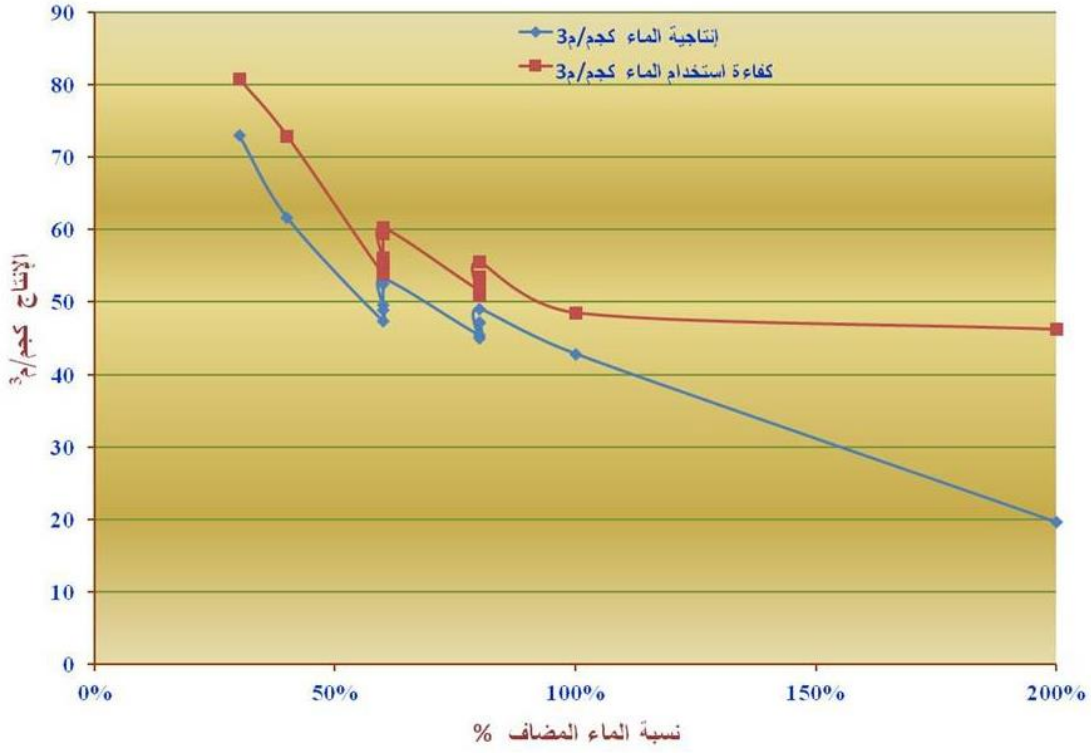
(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

تأثير تطبيق الري الناقص على إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه في الخيار للتجارب المحمية

توضح الأشكال (٦ و٧) 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^{٣}. ويبدو واضحا شبه استقرار منحنى الإنتاج مع الزيادة المضطردة 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 طرديا 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) رأيا مخالفا حيث ذكرا أن قيمة إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه تتناقص مع تناقص مستويات الري في الخيار المحمي, ويرتبط ذلك بقيمة K_y الخاصة بمحصول الخيار التي استنتجاها مع تناقص مستويات الري وهي١,٢١٣.

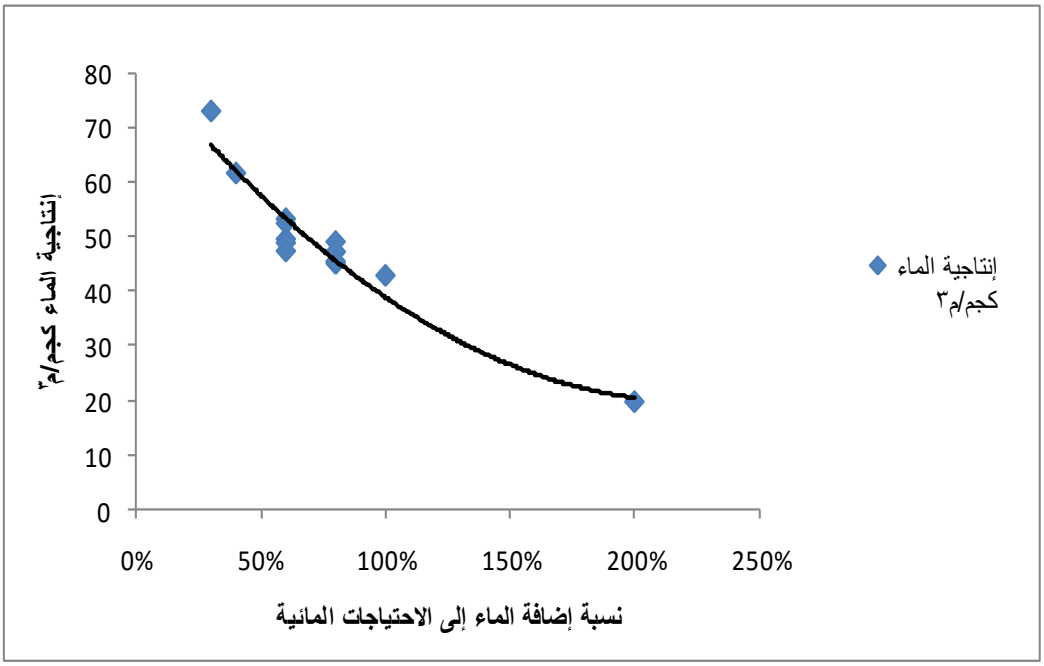
الصورة رقم ٤. نمو الخيار في الحقل المكشوف.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)



الشكل رقم ٦. إنتاجية الماء وكفاءة استخدامه مع نسب إضافة مياه الري.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

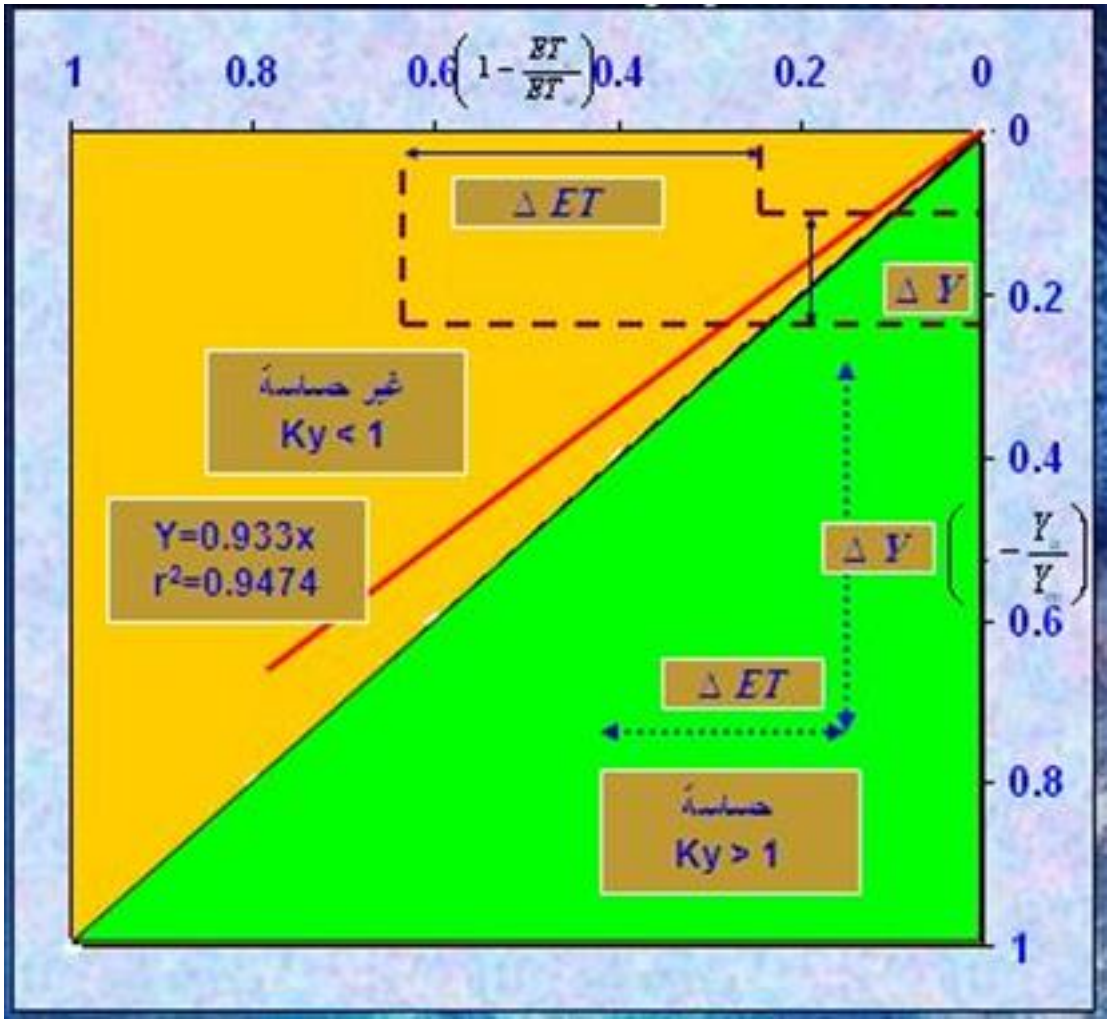


الشكل رقم ٧. تناقص قيمة إنتاجية الماء مع الماء المضاف.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

عامل استجابة محصول الخيار للري الناقصK_yللتجارب الحقلية المكشوفة

الشكل (٨) يبين قيمة عامل استجابة المحصول بالنسبة لمحصول الخيار لتجارب الحقول المكشوفة وهي ٠,٩٣ تقريبا،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. (2009) قيمته بـ ٠,٧٧ =Kyفي الخيار المكشوف في الموسم الصيفي. كما تم الحصول على القيمة نفسها تقريبا (٠,٣٤ – ١,٧٦) ٠,٩١ = Kyفي الفلفل الأخضر (Ertek et al., 2007).

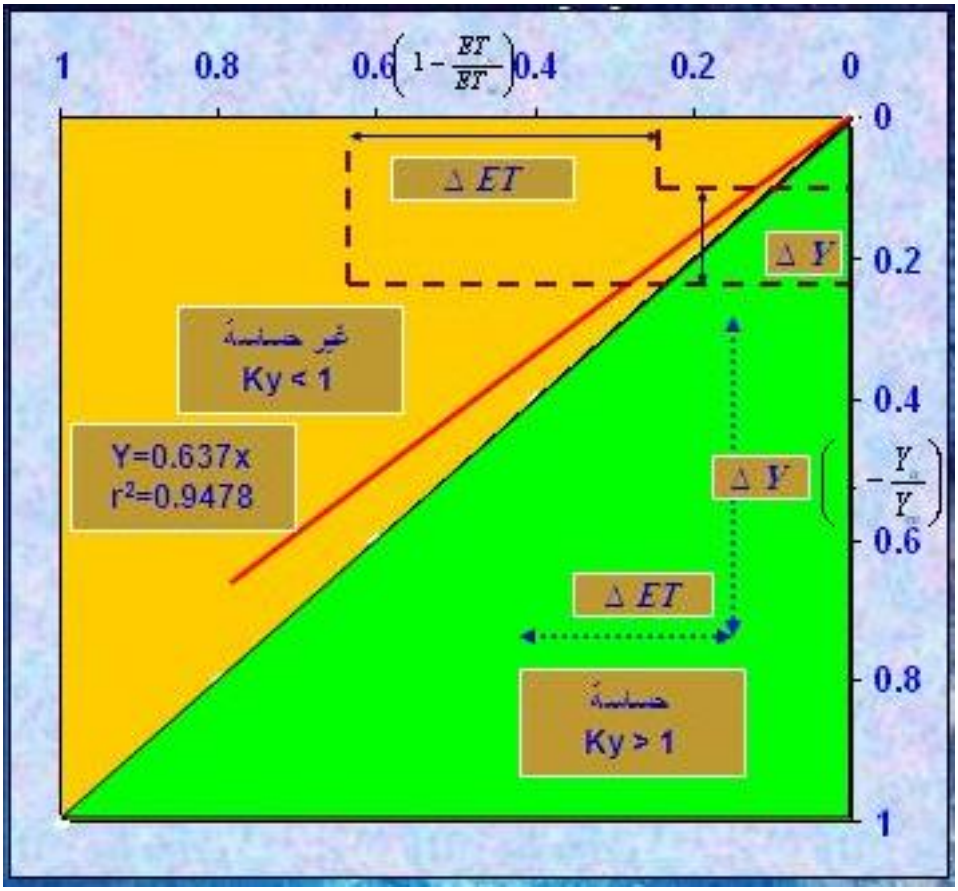


الشكل رقم ٨. المتوسط العام لقيمة K_y للخيار المكشوف.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

عامل استجابة محصول الخيار للري الناقصK_yللتجارب المحمية

يتضح من الشكل (٩) أن متوسط قيمة عامل استجابة المحصول للري الناقصK_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., 1999a), 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 وجدا أن قيمته في الخيار المحمي تتزايد مع تقليل مستويات الري من ٠,١٦٩ إلى ١,١٢٩, واستنتجا بأن متوسط قيمته في الخيار المحمي هو ١,٢١٣ وهي قيمة تزيد كثيرا عما حصلنا عليها.



الشكل ٩. منحنى عامل استجابة محصول الخيار للري الناقص للتجارب المحمية.

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

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, وتبعا لذلك تم توفير ما يقارب ١٣٥٠٠٠ ريال سنويا من ميزانية مصروفات المشروع السنوية. ذلك أنه لوحظ بعد التجربة الأولى إن الإنتاجية قد زادت في التجارب عنهافي تلك التي تروى بالري التقليدي, وبالتالي تم تقليل كميات مياه الري في جميع البيوت تبعا لذلك باستثناء الري التقليدي عند التجارب للمقارنة, وتبعا 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 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 ٣,٤٥٪, كما أن نسبة الثمار القابلة للتسويق في المتوسط في معاملات الري الناقص حتى معاملة مستوى الري ٤٠٪ تفوق الري التقليدي بحوالي ٦٪, فنجد زيادة في إجمالي الإيرادات بنسبة ٩,٤٥٪ تقريبا, 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 هكتارامن 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. ولابد 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 ٦٠٠٠٠ريال/هكتار/موسم. وعليه يمكن إجراء الحسابات التالية.

١- في الحالة الأولى:

الإيراد الكلي = ٠,٦×١٧٤×٢٥٠٠ = ٢٦١٠٠٠ ريال.

صافي الأرباح = ٢٦١٠٠٠- (٠,٦×٦٠٠٠٠) = ٢٢٥٠٠٠ ريال.

٢- وفي الحالة الثانية:

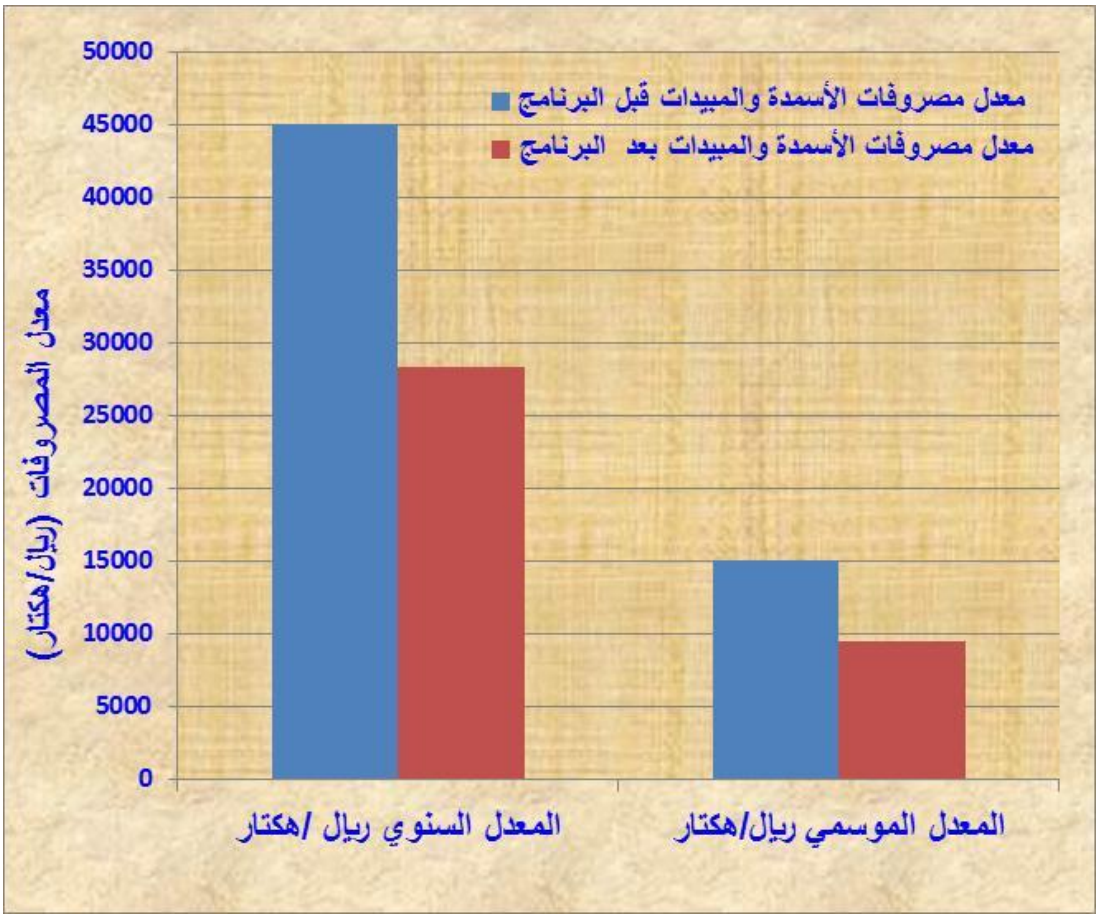
الإيراد الكلي = ١×١٢٧×٢٥٠٠ = ٣١٧٥٠٠ ريال.

صافي الأرباح =٣١٧٥٠٠- (١×٦٠٠٠٠) =٢٥٧٥٠٠ ريال.

٣- الفارق في الأرباح = ٢٥٧٥٠٠-٢٢٥٠٠٠ = ٣٢٥٠٠ 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 التطّور 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.

تأثير تطبيق برنامج الري الناقص على مشروع للبيوت المحمية بثادق



قيمة الوفر (ريال) في استهلاك الأسمدة والمبيدات

(المصدر: لوكي، ١٤٣١هـ)

الاستنتاجات

إن أهم ما تم استخلاصه من هذه الدراسة هو أن مشكلة الاستنزاف المائي في المجال الزراعي لم تكن نتيجة استخدامها في تلبية الاحتياجات المائية الفعلية لري المحاصيل الزراعية ولكن ما يتم هدره نتيجة سوء تقدير لهذه الاحتياجات. ويمكن تلخيص الاستنتاجات من هذه الدراسة كالآتي:

١. تعد المرحلة الثالثة (مرحلة الإثمار) هي أكثر مراحل نمو الخيار تأثراً بالإجهاد المائي تليها مرحلة التطور بينما تعتبر 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٪ و٦٠٪ انخفضت من نسبة ٨٪ و٢٤٪ إلى ٢,٧٪ و١٥,٣٪, 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 K_y 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 K_y 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 K_y 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, و٠,٦ – 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 K_y 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 الري٣٠٪.

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. والدراسة توصي بإجراء مزيد من التجارب والأبحاث في هذا المجال.

١٠. التوفير في المياه ادى الى التوفير في الاسمدة والمبيدات و العمالة وتكاليف الادارة الكلية.

المراجع

١- العمران، عبد رب الرسول موسى. ٢٠٠٨م. الاحتياجات المائية للري والترشيد. النشر العلمي والمطابع, جامعة الملك سعود. الرياض.

٢- لوكي، إبراهيم إدريس. ١٤٣١هـ. تأثير الري الناقص على إنتاجية الخيار بالبيوت المحمية والحقل المكشوف في محافظة ثادق بمنطقة الرياض. قدم هذا البحث استكمالاً لمتطلبات درجة الماجستير في العلوم الزراعية، قسم علوم التربة – كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود.

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 deficiênciahídricanaevapotranspiraçãoatual 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 eggplant 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 – Plasmoparaviticola): agrometeorology 2003. Phys. Chem. Earth 30, 201–207.

Cook SE, Gichuki F, Turral 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 annuum 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 bieolor 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 irrigationas on-farm strategy to maximizecrop water productivity indry 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: 2 7.

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 effeicincy of Carthamustinctorius L. and Solaummelongeual. Agric. water Mange. 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. Aricultural 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.0. 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 (Solanumtuberosum 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.lrrig. Sci. 27, 1-10.