مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ــ (2012) المجلد (28) ــ العدد 2 ــ الصفحات: 555-569

محاولة لتقييم مدى استجابة محصول القطن (صنف حلب 1/33) المروي بالتنقيط للري الناقص العادي والمتناوب

فؤاد حسين[1] و عبدالله يعقوب[2] و مصدق جانات[3]

الملخص

أجريت التجارب الحقلية لثلاثة مواسم متتالية (2007 – 2009) لتقييم مدى استجابة محصول القطن المروي بالتنقيط لنظامي الري الناقص العادي (DI، خط ري لكل خط زراعة) والمتناوب (APRI، خطّا ري لكل خط زراعة والري بالتناوب) ولأربعة مستويات ري 100، 80، 65، 50 % من الاستهلاك المائي الموسمي (ETc). بينت النتائج تفوق معاملات الري المتناوب في الإنتاجية الكلية وفعالية استعمال الماء (WUE) وفعالية استعمال ماء الري (IWUE) على مثيلاتها عند مستوى الري نفسه من معاملات الري العادي في المواسم الثلاثة. كما لوحظ انخفاض معنوي في الإنتاجية وتناقص كمية المياه المضافة. كانت قيمة عامل استجابة إنتاجية المحصول (ky) في نظام الري المتناوب 0.86 في حين بلغت 1.02 في نظام الري العادي. وبغية توفير مياه الري واستقرار إنتاجية القطن يمكن اللجوء إلى ريه بـ 80% من احتياجه المائي، رياً عادياً أو متناوباً مع وجود ميزة نسبية للري المتناوب على الري العادي تكمن في توفير الماء.

الكلمات المفتاحية: الاستهلاك المائي، فعالية استعمال الماء، عامل استجابة إنتاجية المحصول، الري المتناوب.

[1] و[2] قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، ص.ب. 30621، جامعة دمشق، سورية.
[3] دائرة الري والمقننات المائية، قسم الزراعة، هيئة الطاقة الذرية السورية، ص.ب. 6091، سورية.

Assessment of Drip Irrigated Cotton (Allepo-33/1) Response as Influenced by Deficit Irrigation and Alternate Partial Rootzone Irrigation

F. Hussein[(1)]; A. Yakoub[(2)] and M. Janat[(3)]

ABSTRACT

A field experiment was conducted for three consecutive growing seasons to evaluate the response of drip irrigated cotton to deficit irrigation (DI, both sides of plant row watered) and alternate partial rootzone irrigation (APRI, both sides of plant row alternatively watered) under four irrigation levels 50, 65, 80 and 100% of the seasonal water use (ETc). Results showed that seed cotton yield, water use efficiency (WUE), and irrigation water use efficiency (IWUE) were higher in APRI than that of DI when compared at the same irrigation level in the three growing seasons. Data also showed that seed cotton yield decreased significantly with decreasing irrigation water (amount) in DI and APRI. Yield response factor (ky) was 0.86 in APRI and 1.02 in DI during the entire growing season based on averages of three growing seasons. Thus, for irrigation water saving and cotton production stability under drip irrigation conditions, cotton can be grown with 80% of its seasonal ETc with applying deficit irrigation or alternate partial rootzone irrigation which is relatively better than DI.

Key words: Alternate partial rootzone irrigation; Water use; Water use efficiency; Yield response factor (ky).

[(1)] , [(2)] Dept. Rural Engineering, Faculty of Agriculture, P O Box 30621, Damascus University, Syria.
[(3)] Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, Damascus, Syria P.O. Box 6091 Syria.

المقدمة

يمثل الري القوة المحركة الرئيسة للإنتاج الزراعي في المناطق الجافة وشبة الجافة. ونظراً إلى محدودية الموارد المائية المتاحة في هذه المناطق، وبغية ترشيد استعمالها أضحى الاستعمال الفعَّال لماء الري مطلباً رئيساً، له الدور الأكبر في استدامة إنتاج المحاصيل الحقلية في تلك المناطق. وقد بذلت كثير من الجهود لتطوير تقنيات ري من شأنها زيادة فعالية استعمال الماء كالري الناقص العادي Deficit irrigation (DI) (Geerts and Raes, 2009) والري الجزئي لمنطقة الجذور المتناوب Alternate partial rootzone irrigation (APRI) (Kriedemann and Goodwin, 2003). ومازالت البحوث العلمية مستمرة في هذا المجال واقتصارها في الوقت الحالي على البحث عن البدائل المحتملة، وتقييم إمكان تطبيقها وإدخال التحسينات عليها، إلا أنها ستغدو في المستقبل القريب واقعاً لا مفرَّ منه. عندها سوف يتحول التركيز من زيادة الإنتاجية إلى زيادة الإنتاج من وحدة المياه، أي بكلام آخر زيادة الإنتاجية المائية مع التركيز على استقرار العملية الإنتاجية (Fereres and Soriano, 2007). ومن أجل التأقلم مع شح المياه طُوّرت تقنية الري الناقص العادي (DI) وهي جدولة الري بحيث يعطى النبات جزءاً من احتياجاته المائية مما يدفعه إلى خفض معدل استهلاكه المائي (Geerts and Raes, 2009). يمكن تطبيق DI في مرحلة نمو معينة أو طيلة موسم النمو، ولضمان نجاح هذا النمط من الري لا بدّ من المعرفة التامة بتحمل النبات للإجهاد المائي (Fereres and Soriano, 2007).

وقد ظهر في المدة الأخيرة نمط جديد للري الجزئي وهو الري المتناوب (APRI) أو Partial rootzone drying (PRD)، حيث يروى جانبا خط الزراعة بالتناوب، يروى جانب واحد في الرية الواحدة ثم يروى الجانب الآخر بتواتر معين (Kriedemann and Goodwin, 2003). تكمن الفكرة وراء APRI في تكييف النبات بحيث يؤمن مجموعه الجذري في الجانب الجاف مصدراً مستمراً للإشارات الهرمونية في النبات تدفعه إلى الحد من استهلاكه المائي (Kang and Zhang, 2004). يتوقف نجاح APRI على اختيار طريقة الري المناسبة، بحيث تمكّن من إعطاء ريات صغيرة بدقة وتجانس. وتعدُّ طريقة الري بالتنقيط من أنسب الطرائق التي يمكن معها توظيف APRI إذ تتميّز هذه الطريقة بفعالية ري عالية، مع إمكان إعطاء ريات صغيرة (Zegbe *et al.* 2004). وقد بات من الممكن تطبيق APRI في سورية لانتشار الري بالتنقيط الواسع في القطر على عدد كبير من المحاصيل ومن بينها القطن.

يعدُّ محصول القطن في سورية محصولاً اقتصادياً رئيساً، ولزيادة العائد الاقتصادي الصافي للعملية الإنتاجية لهذا المحصول الاستراتيجي لابدّ من الإدارة المتكاملة، ودراسة البدائل التي تسهم في خفض تكلفة الإنتاج.

أهداف البحث

أجريت هذه الدراسة كمحاولة لتقييم مدى استجابة محصول القطن المروي بالتنقيط للري الناقص العادي والمتناوب من حيث الإنتاجية وفعالية استعمال المياه، وتحديد قيمة عامل استجابة إنتاجية المحصول (ky) لنظامي الري العادي والمتناوب.

مواد البحث وطرائقه

أجريت التجارب الحقلية لثلاثة مواسم متتالية (2007 – 2009) في محطة دير الحجر التابعة لهيئة الطاقة الذرية، التي تقع على مسافة 35 كم إلى الجنوب الشرقي من مدينة دمشق، على خط عرض 21 ^{o}33 وخط طول 28 ^{o}36 وعلى ارتفاع 617 م عن سطح البحر. وهي منطقة لا يتجاوز المعدل السنوي للأمطار فيها 121 مم. تتصف تربة الموقع بأنها لومية طينية رملية (Sandy clay loam)، تقع الرطوبة عند السعة الحقلية بين 30.7 و36.1 والرطوبة عند نقطة الذبول بين 11.5 و17.1% حجماً، أمّا الكثافة الظاهرية فتتغيّر من 1.11 إلى 1.21 غ/سم^{3} في الطبقة 0-15 سم والطبقة 45-60 سم على الترتيب.

اعتمد صنف القطن حلب 1/33 في هذه الدراسة وفقاً لتوصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. جرت الزراعة في 23، 13، 16 نيسان في مواسم 2007، 2008، 2009 على التوالي، بعد تحضير الأرض للزراعة وتركيب شبكة الري وملحقاتها (حاقنة السماد) في أرض التجربة. زرعت بذور القطن يدوياً على خطوط بمسافة قدرها 75 سم بين الخطوط و30 سم بين النباتات، واختُبرت نسبة الإنبات الحقلية بعد 10 أيام من الزراعة وأجريت عملية الترقيع اللازمة. فرِّدت النباتات بعد نحو 25 يوماً من الزراعة وأبقي على نباتين في كل جورة، كما أجريت عمليات التعشيب والعزق اللازمة. أعطيت رّية الإنبات بعد الزراعة مباشرة، توالت الريات اللاحقة وفقاً للمحتوى المائي للتربة المقيس في المعاملة الشاهد (CFI) باستعمال جهاز التشتت النيتروني، وعُدَّ العمق الفعَّال لانتشار الجذور 30 سم حتى قمة مرحلة الإزهار (قرب منتصف شهر تموز)، وبعد ذلك زيد العمق إلى 60 سم وفقاً لتوصيات (Janat, 2004). تضمنت الدراسة ثماني معاملات ري، مكونة من متغيرين هما نظام الري (عادي ومتناوب) ومستوى الري (100؛ 80؛ 65؛ 50%) من الاحتياجات المائية لنبات القطن. مُدَّت خمسة أنابيب ري (أنبوب ري لكل خط زراعة) في نظام الري العادي، في حين مُدَّت مجموعتان من الأنابيب في نظام الري المتناوب، كانت في البداية تتألف كل مجموعة من ثلاثة أنابيب المسافة بين الأنبوب

والآخر 150 سم، وأُجري بعدها تداخل بين المجموعتين للحصول على ستة أنابيب المسافة بين الأنبوب والآخر هي 75 سم. ثُبتّت المجموعتان على رأس القطعة التجريبية، بحيث يكون أنبوب الري في منتصف المسافة بين خطي الزراعة. في الري المتناوب جرى تبديل الجانب المروي في الرية التالية عندما كان عمق الجذور الفعّال 30 سم، في حين بدِّل الجانب المروي كل ريتين عندما زاد عمق الجذور الفعّال إلى 60 سم.

أمّا فيما يتعلق بمستوى الري فقد اعتمد على قياس المحتوى المائي في الشاهد وهو معاملة الري العادي الكامل (CFI) وعلى نسبة التغطية النباتية (النسبة المئوية لقطر النبات مقسوماً على المسافة بين خطوط الزراعة) للخط الأوسط للزراعة في القطع التجريبية لهذه المعاملة، وأعطيت هذه المعاملة الاستهلاك المائي كاملاً. أمّا معاملات الري الجزئي العادي (DI50; DI65; DI80) فقد أعطيت نسبة 80؛ 65؛ 50% على الترتيب من مياه الري المضافة إلى الشاهد، وأعطيت معاملة الري المتناوب الكامل (AFI) ومعاملات الري الجزئي المتناوب (PRD50; PRD65; PRD80) نسبة 100؛80؛ 65؛ 50% على الترتيب من مياه الري المضافة للشاهد. استعملت أنابيب الري ذات النقاطات الداخلية (من النوع GR) وكانت المسافة بين النقاطات 30 سم ومعدل تصريف النقاطة 4 لتر/ساعة، وحددت كمية مياه الري المضافة باستعمال عداد مائي متصل بشبكة الري. أضيف السماد الآزوتي بمعدل 120 كغ N هـ$^{-1}$ إلى المعاملات كلّها على ست دفعات متساوية بصورة يوريا 46% حقناً مع مياه الري (Janat, 2004). قُطف المحصول يدوياً على دفعتين، وقدرت الإنتاجية الكلية للقطن على أساس مجموع القطفتين. حسب الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن باستعمال معادلة الموازنة المائية:

$$ETc = I + P \pm DSW - Dp - Ro$$

إذ: ETc الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن (مم)، I كمية ماء الري المضافة (مم)، P كمية الأمطار في موسم النمو (مم) ولم تهطل أية أمطار في مواسم النمو الثلاثة باستثناء 25 مم في شهر أيار في عام 2007، DSW تمثل الفرق بين المحتوى المائي النهائي والمحتوى المائي الابتدائي (مم)، Dp الرشح العميق (مم)، Ro الجريان السطحي (مم). ونظراً إلى الفعالية العالية لنظام الري (92-95%) عُدَّ الجريان السطحي معدوماً، كما بيّنت قياسات المحتوى المائي أن الرشح العميق كان مهملاً، ومن ثم تصبح معادلة الموازنة المائية كما يأتي:

$$ETc = I + P \pm DSW$$

أمّا فعالية استعمال الماء (WUE) وفعالية استعمال مياه الري (IWUE) فقد حُسبت بالمعادلات الآتية:

$$WUE = Y/ETc$$

$$IWUE = Y/I$$

إذ: Y إنتاجية القطن (كغ هـ$^{-1}$)، وETc الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن (م^3)، I كمية ماء الري المضافة (م^3). كما حُدّدت حساسية نبات القطن للإجهاد المائي لكل نظام ري على حدة باستعمال معادلة (FAO, 1979) التي تعطي قيمة عامل استجابة إنتاجية المحصول (ky):

$$1 - Ya/Ym = ky(1 - ETa/ETm)$$

إذ: Ym, Ya الإنتاج الكلي الفعلي والأعظمي على الترتيب (كغ هـ$^{-1}$)، ETm, ETa الاستهلاك المائي الموسمي الفعلي والأعظمي لمحصول القطن على الترتيب (م^3).

نفذت التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بستة مكررات وثماني معاملات ري، فبلغ عدد القطع التجريبية 48 قطعة تجريبية بمساحة قدرها 75 م^2 لكل قطعة تجريبية. عولجت البيانات باستعمال الإصدار 11.5 من البرنامج الإحصائي SPSS (Statistical package for social sciences) إذ خضعت إلى اختبار تحليل التباين ANOVA لتبيان معنوية الفروق، واستُعمل اختبار دنكن ذو المدى المتعدد (DMRT) لفصل متوسطات المعاملات المدروسة عند مستوى ثقة 95%.

النتائج والمناقشة

يبيّن الجدول (1) مؤشرات الاستهلاك المائي (ETc) والإنتاج الكلي لمحصول القطن المروي بالتنقيط في مواسم النمو الثلاثة. بلغت كمية مياه الري المضافة 406 مم، 411 مم، 439 مم لمستوى الري 50% و753 مم، 792 مم، 815 مم لمستوى الري 100% في مواسم 2007، 2008، 2009 على التوالي. كما بلغت قيم ETc لمعاملات الري العادي 463 مم، 466 مم، 425 مم في المعاملة DI50 و762 مم، 797 مم، 758 مم في المعاملة CFI في مواسم 2007، 2008، 2009 على التوالي. أمّا في معاملات الري المتناوب فقد بلغت قيم ETc 458 مم، 452 مم، 433 مم في المعاملة PRD50 و758 مم، 795 مم، 757 مم في المعاملة AFI في مواسم 2007، 2008، 2009 على التوالي. وهذا يتفق مع ما أشارت إليه دراسات عديدة بأن تطبيق PRD يحافظ على الإنتاج الاقتصادي مع خفض ETc للمحصول (Buttar *et al.*, 2006; Kang *et al.*, 2001).

الجدول (1) المؤشرات المائية وإنتاجية محصول القطن في مواسم النمو الثلاثة.

الموسم	المعاملة	الإنتاجية (كغ هــ$^{-1}$)	كمية المياه المضافة (مم)	الاستهلاك المائي (مم)	فعالية استعمال الماء (كغ/ م^3)	فعالية استعمال ماء الري (كغ/ م^3)
2007	CFI	4971 b	753	762	0.65 cd	0.66 e
	DI80	4589 c	614	652	0.70 b	0.75 bc
	DI65	3615 e	510	556	0.65 cd	0.710 cd
	DI50	2858 g	406	463	0.62 d	0.706 d
	AFI	5200 a	753	758	0.69 bc	0.69 de
	PRD80	4842 b	614	638	0.76 a	0.79 a
	PRD65	3929 d	510	552	0.71 b	0.77 ab
	PRD50	3235 f	406	458	0.71 b	0.80 a
2008	CFI	5208 a	792	797	0.65 c	0.66 e
	DI80	4812 b	640	671	0.72 b	0.75 bc
	DI65	3733 d	525	576	0.65 c	0.71 cd
	DI50	2959 f	411	466	0.64 c	0.72 bcd
	AFI	5318 a	792	795	0.67 c	0.67 de
	PRD80	5163 a	640	668	0.77 a	0.81 a
	PRD65	4026 c	525	560	0.72 b	0.77 ab
	PRD50	3354 e	411	452	0.74 ab	0.82 a
2009	CFI	5079 ab	815	758	0.67 bcd	0.62 cd
	DI80	4459 c	664	628	0.71 bc	0.67 bc
	DI65	3472 d	551	526	0.66 cd	0.63 cd
	DI50	2635 f	439	425	0.62 d	0.60 d
	AFI	5318 a	815	757	0.70 bc	0.65 cd
	PRD80	4885 b	664	617	0.79 a	0.74 a
	PRD65	3726 d	551	526	0.71 bc	0.68 bc
	PRD50	3142 e	439	433	0.73 b	0.72 ab

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود ولكل موسم على حده وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد عند درجة ثقة 95% ($P<0.05$).

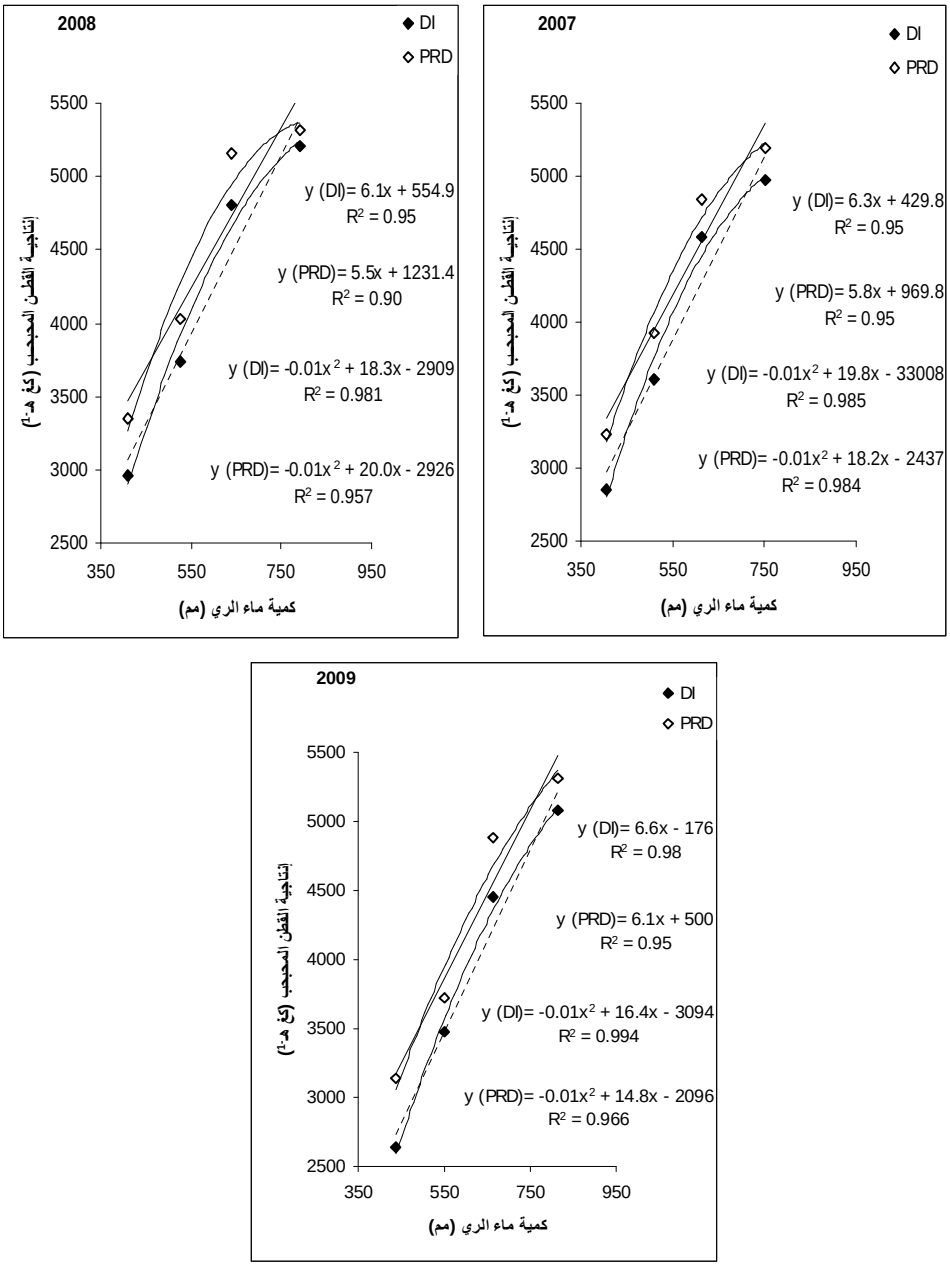
ففي دراسة Tang *et al.*, 2005 أدّى الري الجزئي المتناوب بالأثلام للقطن إلى توفير في مياه الري بنسبة 30% مع إعطاء إنتاج يقدر بـ 92% من إنتاج الشاهد. كما بيّنت نتائج Du *et al.*, 2008 إمكان توفير مياه الري في نظام الري المتناوب بنسبة 32% مقارنة بنظام الري العادي، مع إعطاء كمية الإنتاج نفسها من القطن المحبب. وأيضاً وجد Basal *et al.*, 2009 أن الري الجزئي العادي قد أعطى إنتاجاً عالياً من القطن وَوُفّر 25% من مياه الري مقارنة بالشاهد المروي رياً كاملاً.

إنتاجية محصول القطن:

يلاحظ في موسم نمو 2007 وبجلاء مدى استجابة محصول القطن لنظامي الري ولمستويات الري المختلفة (الجدول 1)؛ إذ تفوقت معاملات الري المتناوب كلها على مثيلاتها في مستوى الري نفسه من معاملات الري العادي. يلاحظ من الجدول المذكور تفوق المعاملة AFI على المعاملات جميعها، وسجلت أعلى إنتاجية 5200 كغ هـ$^{-1}$، في حين سجلت معاملة الري الجزئي العادي عند مستوى ري 50% (DI50) أدنى إنتاجية 2858 كغ هـ$^{-1}$. سلك إنتاج القطن في موسم نمو 2008 سلوكاً مشابهاً لسلوكه في موسم 2007، باستثناء غياب الفرق المعنوي بين المعاملتين CFI وAFI المرويتين رياً كاملاً، وقد بلغت إنتاجيتهما 5208 و5318 كغ هـ$^{-1}$ على التوالي (الجدول 1). كما يلاحظ من الجدول تفوق معاملات الري الجزئي المتناوب جميعها على مثيلاتها عند مستوى الري نفسه من معاملات الري الجزئي العادي.

أمّا في موسم نمو 2009 فقد زادت إنتاجية معاملات الري الجزئي المتناوب على إنتاج مثيلاتها عند مستوى الري نفسه من معاملات الري الجزئي العادي، إلا أن الزيادة لم تكن معنوية عند المستويين 100% و65% (الجدول 1)، وهذا يتفق مع ما ذهب إليه (Du *et al.*, 2006) من أن استعمال PRD على القطن المروي بالأثلام أدّى إلى زيادة إنتاجية القطن بنسبة 12.8-24.4% مقارنة بالري العادي. وكذلك في دراسة (Du *et al.*, 2008) فقد ازدادت إنتاجية القطن المحبحب بنسبة 21 و5% في ظروف الري المتناوب مقارنة بالري العادي عند مستوى الري نفسه في موسمي النمو على التوالي. كما لوحظ وجود زيادة معنوية في إنتاجية القطن مع زيادة كمية مياه الري المضافة وكانت الفروق معنوية ($P<0.05$) بين معاملات الري ضمن النظام الواحد في المواسم الثلاثة. وهذه النتائج مشابهة لنتائج دراسة (Aujla *et al.*, 2008) على القطن المروي بالتنقيط، إلا أن انخفاض الإنتاجية مع انخفاض مياه الري الملاحظ في تلك الدراسة كان أقل حدة إذ أدى خفض كمية مياه الري إلى 75% من الاحتياج المائي الكامل إلى انخفاض في الإنتاجية بلغ 8 و4% في موسمي النمو على التوالي، بينما أدّى خفضها إلى 50% إلى انخفاض الإنتاجية بنسبة 16 و25% في موسمي النمو على التوالي مقارنة بالشاهد المروي رياً كاملاً.

كذلك يلاحظ من الشكل (1) وجود علاقة ارتباط قوية بين الإنتاجية وكمية مياه الري المضافة، مما يدلُّ على حساسية محصول الفطن لخفض كمية المياه المضافة وانخفاض إنتاجيته نتيجة للإجهاد المائي. وكانت قيمة معامل التحديد (R^2) للمعادلة من الدرجة الثانية أعلى منها للعلاقة الخطية في المواسم الثلاثة. وقد وجد Bronson *et al.*, 2001 أيضاً علاقة ارتباط قوية بين إنتاجية القطن من الألياف وكمية مياه الري المضافة، وكانت العلاقة بينهما من الدرجة الثانية في الموسمين الأول والثاني، في حين كانت العلاقة خطية في الموسم الثالث الذي اتسم بالجفاف.



الشكل (1) علاقة إنتاجية محصول القطن بكمية المياه المضافة في مواسم النمو الثلاثة.

فعالية استعمال الماء:

يبيّن الجدول (1) ملخصاً للتحليل الاحصائي لتأثير معاملات الري المختلفة في متوسطات فعالية استعمال الماء (WUE) في مواسم النمو الثلاثة. من الملاحظ في موسمي نمو 2007 و2008 زيادة قيم WUE في معاملات الري المتناوب على قيمها في نظيراتها عند مستوى الري نفسه من معاملات الري العادي، إلا أن الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين المرويتين رياً كاملاً (AFI و CFI). أمّا في المعاملات المروية رياً جزئياً فيلاحظ تفوق معنوي لمعاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها عند مستوى الري نفسه من معاملات الري الجزئي العادي. وهذا يتفق مع نتائج دراسة (Unlu *et al.*, 2007) إذ كان لطريقة الري بالأثلام تأثير أكبر في إنتاجية القطن من تأثير كمية مياه الري المضافة، وسجلت القيم العليا لـ WUE في معاملة الري بالأثلام المتناوبة بسبب انخفاض الاستهلاك المائي. وبالنظر إلى نظامي الري كل على حدة، يلاحظ وجود منحى عام ينظم كليهما، إذ زادت قيم WUE مع انخفاض الاستهلاك المائي لتصل إلى قيمة قصوى عند مستوى الري 80%، ومن ثم عادت إلى الانخفاض من جديد مع انخفاض الاستهلاك المائي وزيادة درجة الإجهاد المائي. تتفق هذه النتيجة مع ما ذهب إليه (Howell *et al.*, 2004)، وجزئياً مع (Dagdelen *et al.*, 2006; 2009) إذ لاحظ زيادة قيمة WUE حين انخفاض كمية المياه المضافة. في حين تخالف نتائج (Aujla *et al.*, 2005) الذي أشار إلى أن خفض كمية المياه المضافة أدّى إلى خفض موازٍ في إنتاجية القطن ومن ثمّ عدم تغيّر قيمة WUE، وكذلك دراسة (Aujla *et al.*, 2008) إذ لم يؤد خفض كمية مياه الري المضافة بنسبة 25% إلى حدوث أي تغيّر في قيمة WUE. في هذه الدراسة بينما سجلت المعاملة DI80 في نظام الري العادي أعلى قيمة لفعالية استعمال الماء: 0.70 و0.72 كغ/م^3 بينما سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة: 0.62 و0.64 كغ/م^3 في موسمي 2007 و2008على التوالي. أمّا في نظام الري المتناوب فقد سجلت المعاملة PRD80 أعلى قيمة لـWUE: 0.76 و0.77 كغ/م^3 في حين سجلت المعاملة AFI أدنى قيمة: 0.69 و0.67 كغ/م^3 في موسمي 2007 و2008على التوالي.

أمّا في موسم نمو 2009 فقد ازدادت قيم WUE في معاملات الري المتناوب على قيمها في مثيلاتها في مستوى الري نفسه من معاملات الري العادي، إلا أن الزيادة لم تكن معنوية عند المستويين 100% (المعاملتان CFI و AFI) و65% (المعاملتان DI65 و PRD65). في حين تفوقت المعاملة DI80 على باقي المعاملات في نظام الري العادي ولم تكن هناك أية فروق معنوية بين باقي المعاملات. وقد سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لـWUE (0.71 كغ/م^3) في حين سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة 0.62 كغ/م^3. أمّا في نظام الري المتناوب فقد تفوقت المعاملة PRD80 على باقي المعاملات، وقد سجلت هذه المعاملة أعلى قيمة لـWUE (0.79 كغ/م^3) ولم تكن هناك أية فروق معنوية بين باقي المعاملات وسجلت أدنى قيمة لـ WUE (0.70 كغ/م^3) في المعاملة AFI.

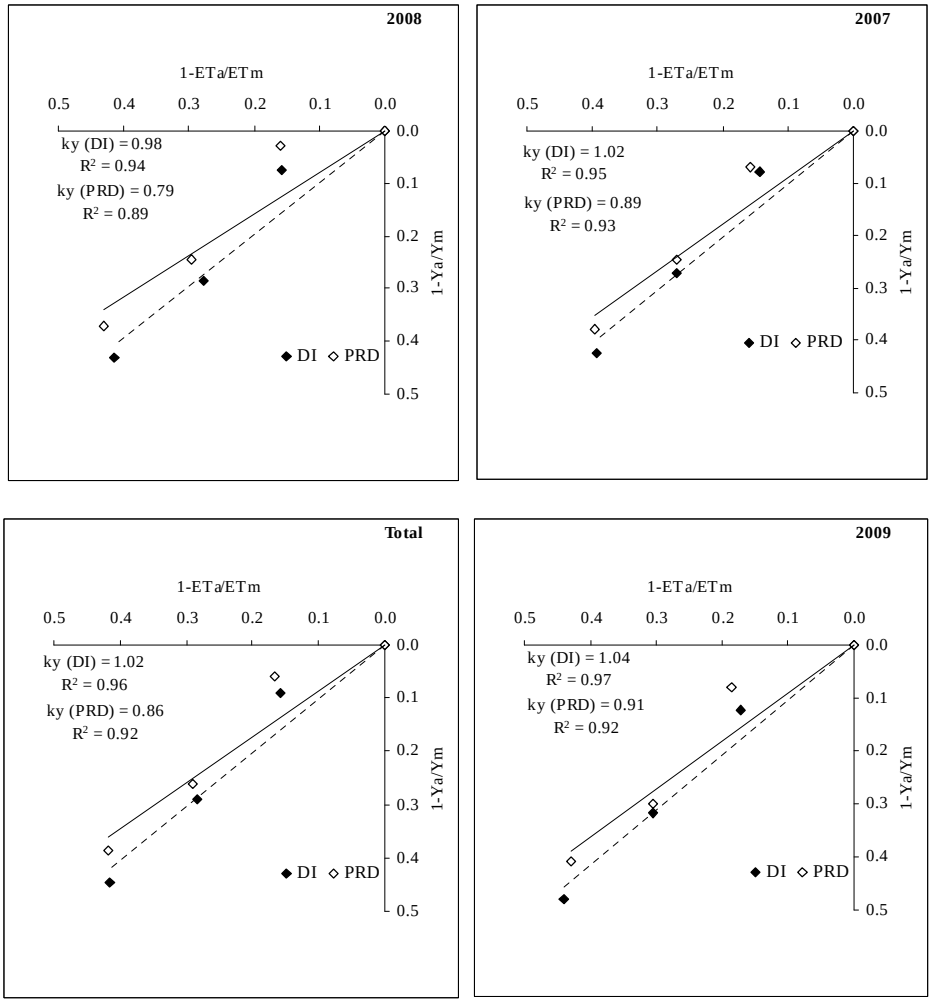
فعالية استعمال ماء الري:

يبيّن الجدول (1) ملخصاً للتحليل الاحصائي لتأثير معاملات الري المختلفة في متوسطات فعالية استعمال ماء الري (IWUE) في مواسم النمو الثلاثة. يلاحظ في موسمي نمو 2007 و2008 زيادة قيم IWUE في معاملات الري المتناوب على قيمها في نظيراتها في مستوى الري نفسه من معاملات الري العادي، إلا أن الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين المرويتين رياً كاملاً (AFI و CFI). أمّا في المعاملات المروية رياً جزئياً، فيلاحظ تفوق معاملات الري الجزئي المتناوب جميعها معنوياً على مثيلاتها في مستوى الري نفسه من معاملات الري الجزئي العادي. وبالنظر إلى نظامي الري كل على حده، يلاحظ في نظام الري العادي زيادة قيم IWUE حين انخفاض كمية المياه المضافة لتصل إلى قيمة قصوى في المعاملة DI80، ومن ثم عودتها إلى الانخفاض من جديد حين انخفاض كمية المياه المضافة مع بقائها أكبر من قيمتها في المعاملة CFI. وقد سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لـIWUE (0.75 كغ/م^3) في موسمي 2007 و2008 في حين سجلت المعاملة CFI أدنى قيمة (0.66 و0.65 كغ/م^3) في موسمي 2007 و2008 على التوالي. أمّا في نظام الري المتناوب فيلاحظ تفوق معاملات الري الجزئي على المعاملة AFI إذ سجلت هذه الأخيرة أدنى قيمة لـIWUE (0.69 و0.67 كغ/م^3) في موسمي 2007 و2008 على التوالي. أمّا في موسم نمو 2009 فقد ازدادت قيم IWUE في معاملات الري المتناوب على قيمها في مثيلاتها في مستوى الري نفسه من معاملات الري الجزئي العادي، إلا أن الزيادة لم تكن معنوية عند المستويين 100% (المعاملتان CFI و AFI) و65% (المعاملتان DI65 وPRD65). كذلك فقد تفوقت المعاملة DI80 على باقي المعاملات في نظام الري العادي ولم تكن هناك أية فروق معنوية بين باقي المعاملات. بينما سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لـIWUE (0.67 كغ/م^3) في حين سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة 0.60 كغ/م^3. أمّا في نظام الري المتناوب فقد سجلت المعاملة PRD80 أعلى قيمة لـIWUE (0.74 كغ/م^3)، في حين سجلت المعاملة AFI أدنى قيمة (0.65 كغ/م^3). ويلاحظ في هذا الموسم أن قيم IWUE أصغر من قيم WUE بخلاف الموسمين السابقين؛ وذلك بسبب ارتفاع المحتوى المائي النهائي للتربة عن محتواها المائي الابتدائي، إذ كان لابدّ من فطام المحصول قبل قرابة 10 أيام من تاريخ آخر رية في هذا الموسم.

تتفق نتائج هذه الدراسة فيما يتعلق بتفوق معاملات PRD على مثيلاتها من معاملات الري العادي من حيث قيم WUE وIWUE مع نتائج (Du *et al.*, 2008) وقد أدى الري الجزئي المتناوب إلى تحسين فعالية استعمال الماء، وكانت قيم WUE وIWUE لمعاملات الري المتناوب أعلى من قيمها لمثيلاتها من معاملات الري العادي في موسمي النمو. ويمكن تفسير تحسُّن WUE في ظروف الري الجزئي المتناوب بحدوث انغلاق

جزئي للمسامات (الثغور) ترتب عليه تراجع معدل النتح، دون حدوث تغيّرات كبيرة في الحالة المائية للنبات (Kang and Zhang, 2004; Kirda *et al.*, 2004).

تبلغ قيمة عامل استجابة إنتاجية محصول القطن (ky) 0.85 (FAO, 1979) و1.85 (Onder *et al.*, 2009). وقد بلغت قيمة ky في نظام الري المتناوب 0.86 في حين بلغت 1.02 في نظام الري العادي وذلك كمتوسط لثلاثة مواسم (الشكل 2).



الشكل (2) علاقة انخفاض إنتاجية محصول القطن بانخفاض الاستهلاك المائي في مواسم النمو الثلاثة.

يستعمل ky للتعبير عن العلاقة بين الإنتاجية وكمية المياه المضافة، فهو يمثل ميل علاقة الانحدار الخطي بين الانخفاض النسبي في الإنتاجية والانخفاض النسبي في الاستهلاك المائي. يدلّ انخفاض قيمة ky على انخفاض أقلّ في إنتاجية معاملات الري المتناوب مقارنة بمعاملات الري العادي مقابل الانخفاض ذاته في ETc، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Kirda *et al.*, 2004). كما يشير انخفاض قيمة ky في الري المتناوب إلى دور واضح لتناوب الريات في خفض حساسية المحصول لانخفاض كمية المياه المضافة، ومن ثمّ تحسين استجابة المحصول لظروف الإجهاد المائي.

الاستنتاجات والتوصيات

1. ازدادت إنتاجية القطن مع زيادة كمية المياه المضافة في كلا نظامي الري، وتفوقت معاملات الري المتناوب على مثيلاتها في مستوى الري نفسه من معاملات الري العادي.
2. سجلت القيمة القصوى لـWUE وIWUE عند مستوى الري 80% في كلا نظامي الري.
3. كانت قيمة ky في نظام الري المتناوب أقل من قيمته في نظام الري العادي، ومن ثمّ أدّى تناوب الريات إلى تحسين استجابة محصول القطن لظروف الإجهاد المائي.

بناءً على ما تقدم وبغية رفع الإنتاجية المائية وترشيد استعمال مياه الري مع الاستمرار في زراعة وإنتاج القطن محلياً، يمكن اقتراح تطبيق تقنية الري الجزئي بـ 80% من الاحتياج المائي الفعلي لمحصول القطن، كذلك الاستفادة من استعمال تقنية الري الجزئي المتناوب في هذا المجال.

REFERENCES المراجع

Aujla, M. S., H. S. Thind, and G. S. Buttar. (2005). Cotton yield and water use efficiency at various levels of water and N through drip irrigation under two methods of planting. Agric. Water Manag., 71: 167-179.

Aujla, M. S., H. S. Thind, and G. S. Buttar. (2008). Response of normally sown and paired sown cotton to various quantities of water applied through drip system. Irrig. Sci., 26: 357-366.

Basal, H., N. Dagdelen, A. Unay, and E. Yilmaz. (2009). Effects of deficit drip irrigation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fibre quality. J. Agron. Crop Sci., 195: 19-29.

Bronson, K. F., A. B. Onken, J. W. Keeliny, J. D. Booker, and H. A. Torbert. (2001). Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. Soil Sci. Soc. Am. J., 65:1153-1163.

Buttar, G. S., H. S. Thind, and M. S. Aujla. (2006). Methods of planting and irrigation at various levels of nitrogen affect the seed yield and water use efficiency in transplanted oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agric. Water Manag., 85:253-260.

Dagdelen, N., E. Yilmaz, F. Sezgin, and T. Gurbuz. (2006). Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. Agric. Water Manag., 82: 63-85.

Dagdelen, N., H. Basal, E. Yilmaz, T. Gurbuz, and S. Akcay. (2009). Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. Agric. Water Manag., 96: 111-120.

Du, T., S. Kang, J. Zhang, F. Li, and X. Hu. (2006). Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. Agric. Water Manag., 84: 41-52.

Du, T., S. Kang, J. Zhang, and F. Li. (2008). Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. Irrig. Sci., 26: 147-159.

FAO. (1979). Yield response to water by J. Doorenbos and A. Kassam. FAO., Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome.

Fereres, E. and M. A. Soriano. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J. Experimental Botany, 58: 147-159.

Geerts, S. and D. Raes. (2009). Deficit irrigation as on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agric. Water Manag., 96: 1275-1284.

Howell, T. A., S. R. Evett, J. A. Tolk, and A. D. Schneider. (2004). Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northen Texas High Plains. J. Irrig. Drainage Engg., 130: 277-285.

Janat, M. (2004). Assessment of nitrogen content, uptake, partitioning, and recovery by cotton crop grown under surface irrigation and drip fertigation using isotopic technique. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 35: 2515-2535.

Kang, S. Z., and J. H. Zhang. (2004). Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. J. Experimental Botany, 55: 2437-2446.

Kang, S. Z., Z. J. Li, T. X. Hu, P. Jirie, and L. Zhang. (2001). An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. Scientia Horticulturae, 89: 257-267.

Kirda, C., M. Cetin, Y. Dasgan, S. Topcu, H. Kaman, B. Ekici, M. Derici, and A. I. Ozguven. (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. Agric. Water Manag., 69:191-201.

Kriedemann, P. E. and I. Goodwin. (2003). Regulated Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying: an overview of principles and applications. Irrigation Insights No. 4, Land and Water Australia, Canberra.

Onder, D., Y. Akiscan, S. Onder, and M. Mert. (2009). Effect of different irrigation water level on cotton yield and yield components. African J. Biotech., 8: 1536-1544.

Tang, L. S., Y. Li, and J. Zhang. (2005). Physiological and yield responses of cotton under partial rootzone irrigation. Field Crops Res., 94: 214-223.

Unlu, M., R. Kanber, S. Onder, M. Sezen, K. Diker, B. Ozekici, and M. Oylu. (2007). Cotton yields under different furrow irrigation in the Southeastern Anatolia Project (GAP) area, Turkey. Irrig. Sci., 26:35-48.

Zegbe, J. A., M. H. Behboudian, and B. E. Clothier. (2004). Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. Agric. Water Manag., 68: 195-206.

Received	**2010/11/22**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2011/03/31**	**قبول البحث للنشر**