

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الزراعة

قسم الهندسة الريفية

دراسة تأثير الري الناقص العادي والري الجزئي المتناوب
في محصول القطن

**A Study of Conventional Deficit
Irrigation and Alternate Partial Irrigation
Effects on Cotton Crop**

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الدكتوراه في
الهندسة الريفية (الري الزراعي)

اعداد: فؤاد حسين

اشراف: د. عبدالله يعقوب

المشرف المشارك: د. مصدق جانات

العام 1432 هـ / 2011 م

تصريح من لجنة الحكم بقيام الطالب بإجراء التعديلات المطلوبة مع التوقيع أصولاً.

ﺗﺼﺮﯨﺢ

ﻻ ﻳﻮﺟﺪ ﺃﻯ ﺟﺰﺀ ﻣﻦ ﻫﺬﺓ ﺍﻻﻃﺮﻭﺡﺔ ﺗﻢ ﺁﺧﺬﻩ ﺑﺎﻟﻜﺎﻣﻞ ﻣﻦ ﺃﻯ ﻋﻤﻞ ﺁﺧﺮ ﺃﻭ ﺍﻧﺠﺰ ﻟﻠﺤﺼﻮﻝ ﻋﻠﻰ ﺷﻬﺎﺩﺓ ﺁﺧﺮﻯ ﻓﻲ ﻫﺬﺓ ﺍﻟﺠﺎﻣﻌﺔ ﺃﻭ ﻓﻲ ﺃﻳﺔ ﺟﺎﻣﻌﺔ ﺁﺧﺮﻯ ﺃﻭ ﻣﻌﻬﺪ ﺗﻌﻠﯿﻤﻲ.

الإهداء Dedication

إلى الروح الطاهرة التي ما برحت تسكن وجداني وحياتي وذهبت ببعضها معها

إلى أغلى الناس الذي أذهب سنوات عمره انتظاراً وأملاً ورجاءاً

إلى الأنفس الزكية والأرواح الطاهرة التي ملأت عليّ حياتي وغدت شطري كياني

إلى النفس الطموحة ذات الهمة العالية التي اتخذت الأمل عبادة، عملاً
بقول الله تعالى: ﴿حتى إذا استيأس الرسل وظنُّوا أنَّهم قد كُذِّبوا جاءهم نصرنا﴾

أهدي هذا العمل

كلمة شكر Acknowledgments

أنتقدم بجزيل الشكر والعرفان للسادة:

السيد المدير العام لهيئة الطاقة الذرية السورية الأستاذ الدكتور إبراهيم عثمان

السيد رئيس قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية الأستاذ الدكتور فواز كردعلي

لما قدماء من تسهيلات لإتمام هذا العمل.

السيد الأستاذ الدكتور عبدالله يعقوب

السيد الأستاذ الدكتور مصدق جانان

لما قدماء من الدعم المتواصل والمتابعة الحثيثة والنصح المحض والتوجيه السديد من بدء

العمل إلى منتهاه خطوة بخطوة.. أدت إلى إتمام وإنجاح هذا العمل.

وأنتقدم بالشكر الجزيل للسادة:

السيد رئيس قسم الهندسة الريفية - كلية الزراعة الأستاذ الدكتور بشار إبراهيم وجميع

أعضاء الهيئة التدريسية بالقسم لما قدموه من ملاحظات قيّمة أغنت البحث وساهمت في

تطويره.

السيد مدير إدارة بحوث القطن الأستاذ الدكتور محمد نايف السلتي لمساعدته في تأمين

البذار وتحليل عينات التيلة.

وأشكر أيضاً م. محمد الشماع وجميع أعضاء الهيئة المخبرية الذين ساهموا بتحضير وتحليل

العينات وأخص بالذكر مجموعة تحليل الآزوت.

كما أنتقدم بالشكر إلى كل من مدّ لي يد المساعدة أثناء تنفيذ العمل الحقلّي وأخص بالذكر

السادة:

م. خلاد الخطبا

م. حامد صافيّة

م. محمد الزعبي

م. ياسين كريم

الملخص

يعد محصول القطن في سورية محصولاً اقتصادياً رئيساً، وبغية الاستمرار في زراعة هذا المحصول وإنتاجه محلياً لأبد من زيادة إنتاجيته المائية في ظل سنوات الجفاف المتتالية. أجريت التجارب الحقلية في ثلاثة مواسم متتالية (2007 - 2009)؛ لتقييم مدى استجابة محصول القطن المروي بالتنقيط لنظامي الري الناقص العادي (CDI، خط ري لكل خط زراعة) والري الجزئي المتناوب (API، خطاً ري لكل خط زراعة والري بالتناوب)، ولأربعة مستويات ري 100، 80، 65، 50% من الاستهلاك المائي الموسمي. ثم عُوِير النموذج AquaCrop باستعمال البيانات اللازمة من موسم 2007، فيما قُيِّم أدائه بمقارنة نتائجه مع القيم المقيسة لمجموعة من المؤشرات (نسبة التغطية النباتية، والاستهلاك المائي، والإنتاجية، وفعالية استعمال الماء (WUE)) في موسمي 2008 و2009. بيّنت النتائج تفوق معاملات API كلها في الإنتاجية الكلية للمحصول على مثيلاتها في مستوى الري من معاملات CDI، وبالمقارنة مع المعاملة المروية رياً كاملاً عادياً CFI انخفضت إنتاجية محصول القطن بنسبة 9، 29، 45% في معاملات الري الناقص العادي DI80، DI65، DI50 على الترتيب، بينما انخفضت بنسبة 2، 23، 36% في معاملات الري الجزئي المتناوب PRD80، PRD65، PRD50 على الترتيب. تراوحت قيم WUE بين 0.63 و0.77 كغ/م³، وكانت قيم WUE في معاملات API أعلى من قيمها في مثيلاتها في مستوى الري من معاملات CDI. بيّن تحليل نتائج محاكاة النموذج AquaCrop لبعض البدائل لـ CDI أنّه يمكن ري محصول القطن عند 50% من الماء الكلي المتاح، كما يمكن ريه بتواتر مرة كل أسبوعين، مع إعادة المحتوى المائي للتربة إلى 90% من السعة الحقلية في كلتا الحالتين. وبغية توفير مياه الري واستقرار إنتاجية القطن يمكن اللجوء إلى ريه بـ 80% من احتياجاته المائية، رياً عادياً أو متناوباً مع وجود ميزة نسبية للري المتناوب على الري العادي تكمن في زيادة الإنتاجية الكلية للمحصول.

الكلمات المفتاحية: الاستهلاك المائي، الإنتاجية المائية، الري الجزئي المتناوب، الري الناقص العادي،

فعالية استعمال الماء، نسبة التغطية النباتية، النموذج AquaCrop.

Abstract

Cotton is a main cash crop in Syria, and to maintain local farming and production of this crop after the successive dry years its water productivity should be increased. A field experiment was conducted for three consecutive growing seasons to assess the response of drip irrigated cotton to conventional deficit irrigation (CDI, both sides of plant row watered) and alternate partial irrigation (API, both sides of plant row alternatively watered) under four irrigation levels 50, 65, 80 and 100% of the seasonal water use. The AquaCrop model was calibrated using the required data from the 2007 growing season, whereas the model was validated by comparisons of its output of some parameters (canopy cover percentage, E_{Tc}, yield, water use efficiency (WUE)) with their measured values in the 2008 and 2009. Results revealed that average crop yields in the API treatments were higher than their values in the CDI treatments at the same irrigation level, and when compared with CFI treatment yields were decreased by 9, 29, 45% in the DI80, DI65, DI50, respectively. Whereas the yields decreased by 2, 23, 36% in the PRD80, PRD65, PRD50, respectively. The values of WUE ranged from 0.63 to 0.77 kg/m³, and they were higher in the API treatments than in the CDI treatments when compared at the same irrigation level. The analysis of AquaCrop simulations of some alternatives for CDI showed that cotton can be irrigated at 50% of total available water or it can be irrigated fortnightly, and in both cases soil water content should be brought back to 90% of field capacity. Thus for saving irrigation water and stabilizing cotton production, cotton can be grown with 80% of its seasonal E_{Tc} with applying conventional deficit irrigation or alternate partial irrigation which is relatively better than CDI owing to increasing total yield.

Keywords: AquaCrop model, Canopy cover percentage, Conventional deficit irrigation, Alternate partial irrigation, Water productivity, Water use, Water use efficiency.

حادي عشر - ملحقات Appendices

الملحق (1)

الجدول (60) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الانبات والنمو	
CFI					
7723	213	4757	1383	1370	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	2.8	61.6	17.9	17.7	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
172	20	66	33	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	11	72	42	26	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.1	7.2	4.2	2.6	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	316	129	290	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
31	-	16	9	6	عدد الريات
DI80					
6503	337	3900	1037	1230	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	5.2	60.0	15.9	18.9	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
172	17	60	31	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	20	65	33	23	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.0	6.5	3.3	2.3	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	177	252	100	251	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
31	1	16	8	6	عدد الريات
DI65					
5527	470	3107	817	1133	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	8.5	56.2	14.8	20.5	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
172	15	55	29	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	32	56	28	21	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	3.2	5.6	2.8	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	183	202	76	222	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
31	2	15	8	6	عدد الريات
DI50					
4513	497	2338	632	1047	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	11	52	14	23	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
172	13	54	29	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	37	43	22	20	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	4	4	2	2	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	149	155	58	193	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
31	2	15	8	6	عدد الريات

الجدول (61) الإحتياجات المائية وفقاً لأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المؤشرات					الأطوار الفينولوجية
الانبات والنمو	البراعم الزهرية	الإزهار وتشكل الجوز	النضج	المجموع	
AFI					
2131	1328	4847	213	7700	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
17.0	17.3	62.9	2.8	100	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
53	33	66	20	172	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
25	41	74	11		الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
2.5	4.1	7.4	1.1		الاستهلاك المائي اليومي (مم)
290	129	316	-	-	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
6	9	16	-	31	عدد الريات
PRD80					
1203	970	3933	303	6410	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
18.8	15.1	61.4	4.7	100	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
53	31	60	17	172	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
23	31	66	18		الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
2.3	3.1	6.6	1.8		الاستهلاك المائي اليومي (مم)
251	100	252	177	-	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
6	8	16	1	31	عدد الريات
PRD65					
1098	762	3175	425	5460	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
20.1	13.9	58.2	7.8	100	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
53	29	55	15	172	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
21	27	58	29		الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
2.1	2.7	5.8	2.9		الاستهلاك المائي اليومي (مم)
222	76	202	183	-	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
6	8	15	2	31	عدد الريات
PRD50					
1017	573	2407	480	4477	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
23	13	54	11	100	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
53	29	54	13	172	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
19	20	45	36		الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
2	2	4	4		الاستهلاك المائي اليومي (مم)
193	58	155	149	-	المعدل الوسطي للريّة (م ³ /هـ)
6	8	15	2	31	عدد الريات

الجدول (62) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المتوسط	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
0.78	0.75	1.15	0.75	0.45	معامل المحصول (Kc) حسب الـFAO
	104.8	379.3	201.5	318.5	التبخرنتج المرجعي (مم) (ETo)
CFI					
	21.3	475.7	138.3	137.0	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.7	0.7	1.1	0.6	0.4	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-9.1	-8.0	-3.3	-21.8	-4.6	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI80					
	33.7	390.0	103.7	123.0	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.6	0.5	1.0	0.5	0.4	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-25.3	-35.5	-14.9	-37.4	-14.3	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI65					
	47.0	310.7	81.7	113.3	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.5	0.5	0.8	0.4	0.4	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-34.4	-39.9	-28.7	-45.9	-20.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI50					
	49.7	233.8	63.2	104.7	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.4	0.4	0.7	0.3	0.3	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-45.3	-47.1	-43.0	-58.2	-26.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
AFI					
	21.3	484.7	132.8	131.2	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.7	0.7	1.1	0.6	0.4	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-9.8	-8.0	-1.4	-25.0	-8.6	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD80					
	30.3	393.3	97.0	120.3	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.6	0.4	1.0	0.4	0.4	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-28.1	-43.0	-14.2	-41.5	-16.1	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD65					
	42.5	317.5	76.2	109.8	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.5	0.4	0.8	0.4	0.3	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-36.3	-44.8	-27.1	-49.5	-23.3	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD50					
	48.0	240.7	57.3	101.7	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.4	0.4	0.7	0.3	0.3	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-46.3	-48.9	-41.1	-62.1	-28.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO

الجدول (63) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المعاملة	القطفة الأولى	القطفة الثانية	الإنتاجية الكلية	نسبة التبرير
	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	%
	***	**	***	*
CFI	4492 ab	594a	5086 ab	88.3 c
DI-80	4226 b	394 ab	4620 c	91.5 abc
DI-65	3437 cd	170 b	3607 e	95.3 ab
DI-50	2728 e	92 b	2820 g	96.8 a
AFI	4735 a	544 a	5279 a	89.6 bc
PRD80	4584 a	379 ab	4963 b	92.3 abc
PRD65	3716 c	177 b	3894 d	95.4 ab
PRD50	3148 d	96 b	3244 f	97.0 a
نظام الري			***	ns
مستوى الري			***	**
التفاعل			ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى (P<0.05) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (64) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المعاملة	كلية	متفتحة	وزن الجوزة	وزن البذور
			غ	غ
	***	***	**	ns
CFI	16.3 ab	10.6 ab	6.3 a	3.8
DI-80	14.0 c	9.8 b	6.2 ab	3.6
DI-65	11.3 d	8.2 cd	5.9 bc	3.4
DI-50	8.6 f	6.2 e	5.7 c	3.4
AFI	16.6 a	11.2 a	6.4 a	3.8
PRD80	15.2 b	10.8 a	6.3 a	3.7
PRD65	12.1 d	8.7 c	6.1 ab	3.6
PRD50	9.8 e	7.5 d	5.9 bc	3.4
نظام الري	**	**	ns	ns
مستوى الري	***	***	**	*
التفاعل	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى (P<0.05) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (65) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المعاملة	نسبة الحليج %	الطول مم	نسبة التجانس %	المتانة (برسلي)	المتانة (ستيلوميتير)	استطالة %	النوعومة مايكرونير
CFI	40.1	30.9 a	52.8	ns	ns	4.7	4.5 b
DI-80	40.5	30.4 abc	53.0	ns	ns	4.7	4.65 ab
DI-65	41.0	29.8 cd	52.5	ns	ns	4.6	4.73 a
DI-50	40.4	29.7 d	52.5	ns	ns	4.6	4.8 a
AFI	40.8	31.0 a	52.9	ns	ns	4.8	4.5 b
PRD80	41.0	30.7 a	52.9	ns	ns	4.8	4.6 ab
PRD65	41.0	30.5 ab	52.4	ns	ns	4.7	4.65 ab
PRD50	41.9	30.0 bcd	52.5	ns	ns	4.7	4.74 a
نظام الري	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	ns	***	ns	ns	ns	ns	**
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (66) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الآزوت وفعالية استعمال السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المعاملة	المادة الجافة كغ/ هـ	الأزوت الكلي %	N uptake كغ/ هـ	Ndff %	Ndfs %	N-fert yield كغ/ هـ	NUE %
CFI	16608 a	1.80	299 a	23.3 bcd	76.7 abc	70.0 ab	66.4 b
DI80	13299 b	1.75	232 b	22.6 cd	77.4 ab	52.8 cd	50.2 d
DI65	10289 c	1.79	184 cd	23.0 cd	77.0 ab	42.6 de	40.6 ef
DI50	8205 d	1.81	149 e	22.4 d	77.6 a	33.4 e	31.9 g
AFI	16310 a	1.93	313 a	25.3 a	74.7 d	79.5 a	75.7 a
PRD80	13064 b	1.87	243 b	25.4 a	74.6 d	61.9 bc	58.8 c
PRD65	10519 c	1.88	196 c	24.7 ab	75.3 cd	48.6 d	46.3 de
PRD50	8331 d	1.89	157 de	24.0 abc	76.0 bcd	37.7 e	35.9 fg
نظام الري	ns	ns	ns	***	***	**	***
مستوى الري	***	ns	***	ns	ns	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (67) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزيعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر (متوسط

المواسم الثلاثة).

المعاملة	الأوراق كغ/ هـ	الساق كغ/ هـ	الأجزاء الثمارية كغ/ هـ	النبات الكامل كغ/ هـ	RVR %
CFI	4548 a	3402 a	8658 a	16608 a	1.09 d
DI80	3349 c	2699 b	7252 b	13299 b	1.20 bcd
DI65	2358 d	2084 c	5847 c	10289 c	1.32 abc
DI50	1709 e	1625 d	4871 d	8205 d	1.47 a
AFI	4308 b	3321 a	8681 a	16310 a	1.14 cd
PRD80	3182 c	2621 b	7260 b	13064 b	1.25 bcd
PRD65	2319 d	2116 c	6083 c	10519 c	1.37 ab
PRD50	1733 e	1640 d	4958 d	8331 d	1.48 a
نظام الري	*	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	***	***	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (68) تأثير معاملات الري المختلفة في الارتفاع النهائي لنباتات القطن (سم)، ومتوسط المساحة الورقية للأوراق (سم²/ورقة)، ومتوسط محتوى جميع العينات الورقية المأخوذة من الأزوت ومتوسط قراءات الـSPAD، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

المعاملة	الارتفاع النهائي سم	المساحة الورقية سم ²	SPAD	محتوى الأزوت %
CFI	103.8 a	166	49.1 c	2.76
DI-80	89.2 b	145	51.2 bc	2.91
DI-65	70.7 d	134	54.2 ab	3.09
DI-50	58.2 e	120	56.5 a	3.19
AFI	101.1 a	156	49.0 c	2.81
PRD80	85.4 b	137	50.6 bc	2.95
PRD65	78.2 c	123	52.1 bc	3.00
PRD50	68.8 d	108	54.7 ab	3.17
نظام الري	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	*	***	*
التفاعل	**	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (69) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء وفعالية استعمال مياه الري، دير الحجر (متوسط

المواسم الثلاثة).

المعاملة	الإنتاجية كغ/هـ	الاستهلاك المائي مم	كمية الماء المضافة مم	WUE _Y كغ/م ³	IWUE _Y كغ/م ³
	***			***	*
CFI	5086 ab	772	787	0.66 d	0.65 c
DI-80	4620 c	650	639	0.71 b	0.72 abc
DI-65	3607 e	553	529	0.65 d	0.683 bc
DI-50	2820 g	451	418	0.63 e	0.675 bc
AFI	5279 a	770	787	0.69 c	0.67 bc
PRD80	4963 b	641	639	0.77 a	0.78 a
PRD65	3894 d	546	529	0.71 b	0.74 ab
PRD50	3244 f	448	418	0.73 b	0.78 a
نظام الري	***			***	**
مستوى الري	***			***	*
التفاعل	ns			**	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

الجدول (70) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}C$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

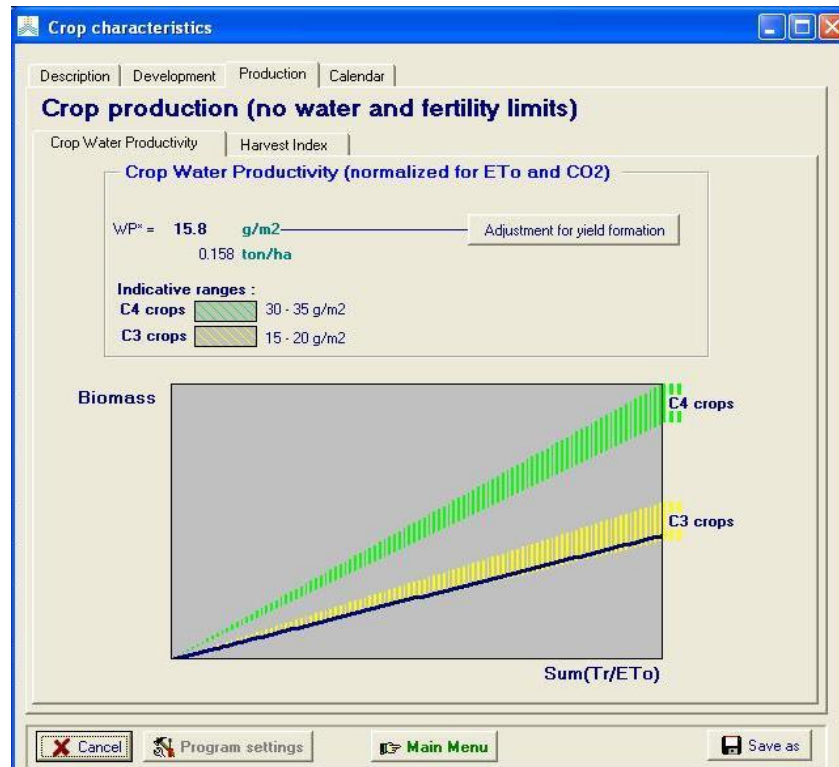
المعاملة	محتوى الكربون (%)				نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}C$ ‰)			
	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمرية	النبات الكامل	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمرية	النبات الكامل
	***	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
CFI	37.5 ab	43.6 a	41.1 c	40.6	23.1	18.8	19.0	20.0
DI80	36.9 abc	42.3 ab	42.2 bc	40.8	21.7	18.7	17.7	18.8
DI65	35.5 cd	40.7 bc	43.7 ab	41.0	20.9	17.6	17.4	18.2
DI50	34.5 d	39.3 c	44.4 a	41.1	20.2	16.8	16.9	17.5
AFI	38.0 a	43.7 a	42.0 bc	41.2	22.0	18.6	18.2	19.2
PRD80	37.1 abc	42.5 ab	43.1 ab	41.5	21.4	18.6	17.9	18.8
PRD65	36.3 abc	41.2 b	43.6 ab	41.4	21.0	17.9	17.4	18.2
PRD50	36.0 bcd	40.9 bc	44.9 a	42.1	20.0	17.0	17.2	17.7
نظام الري	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	**	***	***	ns	ns	*	ns	*
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

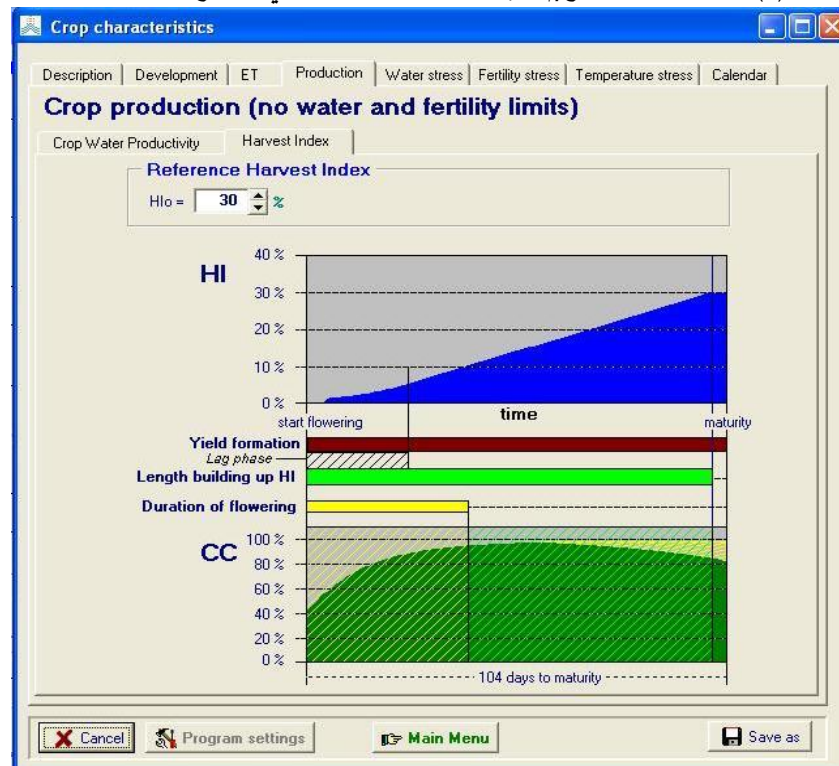
الجدول (71) معاملات الارتباط بين قراءات الـ SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت، الآزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، الإنتاجية الكلية. دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).

محتوى الآزوت في الأوراق	الأزوت الكلي الممتص	المساحة الورقية	إنتاج الألياف	الإنتاجية الكلية
%	كغ/هـ	سم ²	كغ/هـ	
نظام الري العادي				
0.99**	0.97*	0.96*	0.99**	0.99**
نظام الري المتناوب				
0.98**	0.94*	0.97*	0.95*	0.94*

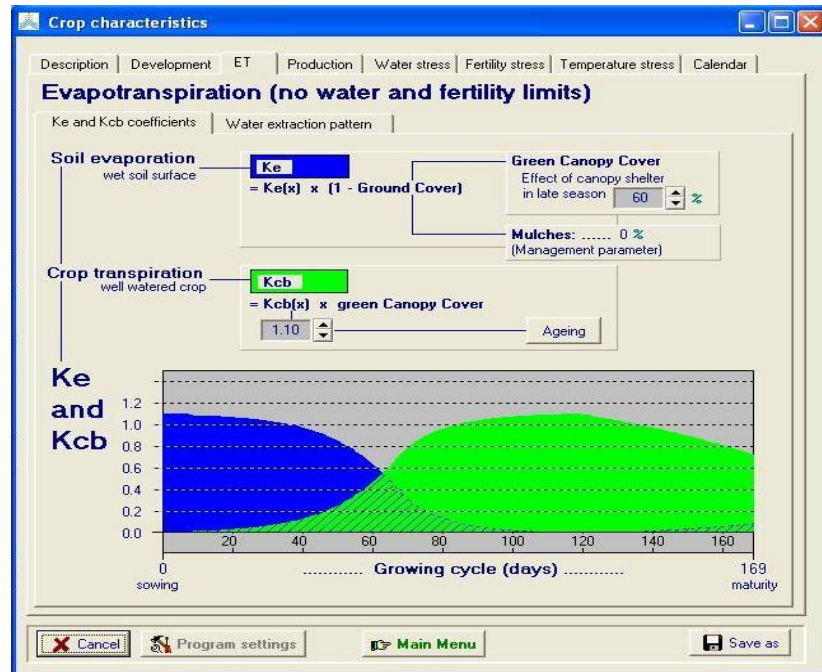
الملحق (2)



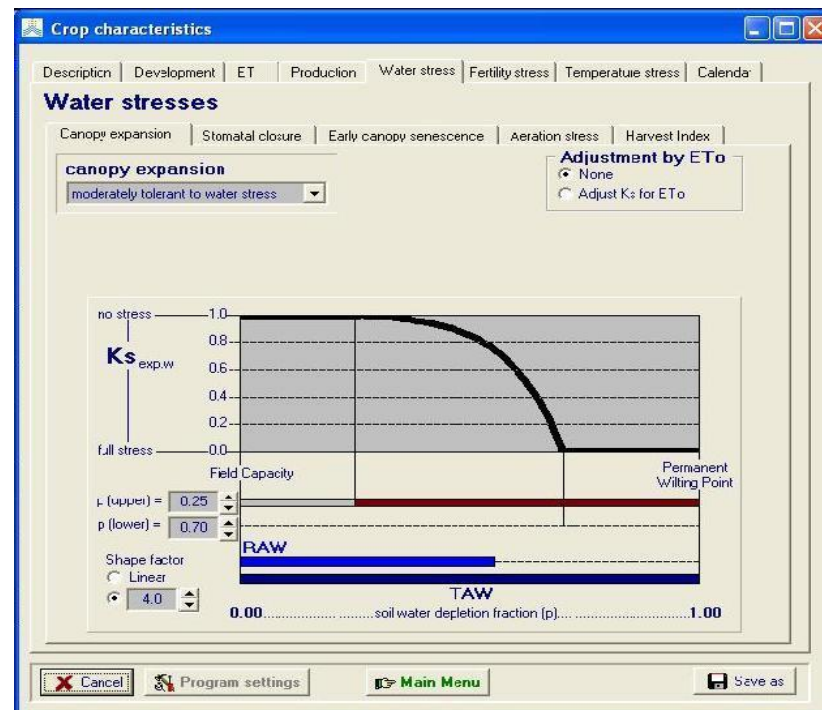
الصورة (4) اسناد القيمة 15.8 غ/م² للإنتاجية المائية للمحصول في النموذج AquaCrop.



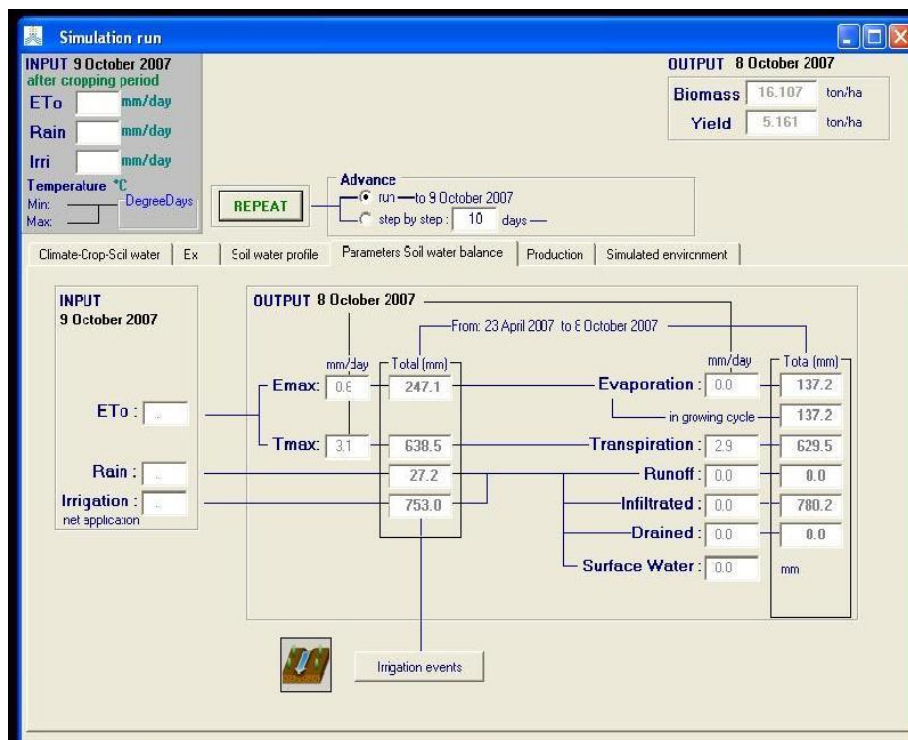
الصورة (5) اسناد القيمة 30% لدليل الحصاد في النموذج AquaCrop.



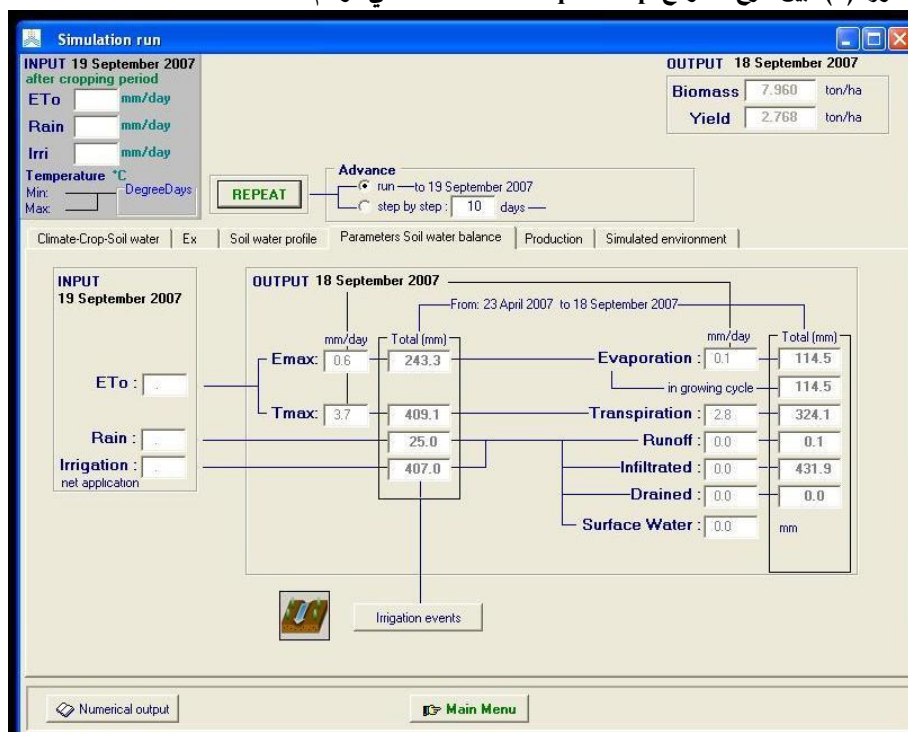
الصورة (6) اسناد القيمة 1.10 لمعامل المحصول في فترة الذروة في النموذج AquaCrop.



الصورة (7) اسناد القيم 0.25، 0.75، 4 للحد الأدنى، والحد الأعلى، وعامل الشكل على الترتيب لمعامل الإجهاد المائي المحدد لنمو الأوراق في النموذج AquaCrop.



الصورة (8) تبين خرج النموذج AquaCrop للمعاملة CFI في موسم 2007.



الصورة (9) تبين خرج النموذج AquaCrop للمعاملة DI50 في موسم 2007.

رقم الصفحة	List of contents
11	أولاً- المقدمة
14	ثانياً- أهداف البحث
15	ثالثاً- الدراسة المرجعية
15	1. تأثير الري الناقص العادي في محصول القطن
18	2. تأثير الري الجزئي المتناوب في محصول القطن
24	3. استجابة نبات القطن للإجهاد المائي
27	4. استعمال النموذج AquaCrop في دراسات الري الناقص
31	رابعاً- المواد والطرائق
31	1. موقع الدراسة
34	2. الزراعة وعمليات الخدمة
35	3. الري
37	4. المؤشرات المدروسة
37	4. 1. مؤشرات الإنتاج ومكوناته، ومواصفات التيلة
37	4. 2. مؤشرات الاستهلاك المائي
38	4. 3. المؤشرات الفيزيولوجية
38	4. 4. مؤشرات النمو الخضري
38	4. 5. تقدير الآزوت والكربون
39	5. تصميم التجربة وتحليل النتائج
41	6. استعمال النموذج AquaCrop
41	6. 1. وصف النموذج
42	6. 2. معايرة النموذج وتقييمه
43	6. 3. تحليل بيانات المحاكاة
44	خامساً- النتائج
44	1. الاحتياجات المائية وتوزعها
58	2. الإنتاجية الكلية لمحصول القطن
64	3. مكونات الإنتاج
73	4. المواصفات التكنولوجية للألياف
85	5. إنتاج المادة الجافة ومعدل الاستفادة من السماد الأزوتي
100	6. مؤشرات النمو الخضري
100	6. 1. تطور ارتفاع نبات القطن
108	6. 2. المساحة الورقية
111	7. فعالية استعمال الماء لإنتاج القطن المحجب
117	8. توزع الكربون في النبات والاختلافات في قيم $\Delta^{13}C$
126	9. قراءات جهاز الـ SPAD والأزوت
135	10. نتائج استعمال النموذج AquaCrop
135	10. 1. معايرة النموذج
139	10. 2. تقييم النموذج
145	10. 3. المحاكاة ومفاضلة البدائل
149	سادساً- المناقشة

149	1. الاحتياجات المائية وتوزعها
150	2. الإنتاجية الكلية لمحصول القطن
152	3. مكونات الإنتاج
153	4. المواصفات التكنولوجية للألياف
153	5. إنتاج المادة الجافة ومعدل الاستفادة من السماد الأزوتي
155	6. مؤشرات النمو الخضري
155	6. 1. الارتفاع النهائي لنباتات القطن
155	6. 2. المساحة الورقية
156	7. فعالية استعمال الماء لإنتاج القطن المحجب
157	8. توزع الكربون في النبات والاختلافات في قيم $\Delta^{13}C$
158	9. قراءات جهاز الـ SPAD والأزوت
159	10. استعمال النموذج AquaCrop
161	سابعاً - الاستنتاجات
162	ثامناً - المقترحات والتوصيات
163	تاسعاً - المراجع
	عاشراً - الملخص (عربي - انكليزي)
	حادي عشر - الملحق
	الملحق (1)
	الملحق (2)

21	الجدول (1) يعرض ملخصاً لنتائج بعض الدراسات عن الري الجزئي المتناوب لمحاصيل مختلفة في مناطق مختلفة.
32	الجدول (2) يبين المتوسطات الشهرية لأهم المؤشرات المناخية في منطقة الدراسة.
33	الجدول (3) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع التجربة قبل الزراعة. دير الحجر.
35	الجدول (4) نتائج تحليل عينات ماء الري.
45	الجدول (5) يبين مواعيد الريات وكمية الماء المضافة في الري ومواعيد إضافة السماد الأزوتي (مظللة بالرمادي) في نظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2007.
46	الجدول (6) يبين مواعيد الريات وكمية الماء المضافة في الري ومواعيد إضافة السماد الأزوتي (مظللة بالرمادي) في نظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2008.
47	الجدول (7) يبين مواعيد الريات وكمية الماء المضافة في الري ومواعيد إضافة السماد الأزوتي (مظللة بالرمادي) في نظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2009.
48	الجدول (8) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2007.
49	الجدول (9) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2008.
50	الجدول (10) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2009.
51	الجدول (11) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2007.
52	الجدول (12) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2008.
53	الجدول (13) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2009.
55	الجدول (14) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2007.
56	الجدول (15) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2008.
57	الجدول (16) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2009.
58	الجدول (17) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر 2007.
62	الجدول (18) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر 2008.
64	الجدول (19) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر 2009.
65	الجدول (20) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر 2007.
71	الجدول (21) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر 2008.
73	الجدول (22) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر 2009.
74	الجدول (23) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر 2007.

82	الجدول (24) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر 2008.
84	الجدول (25) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر 2009.
86	الجدول (26) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الأزوت وفعالية الاستفادة من السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2007.
92	الجدول (27) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزيعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر 2007.
94	الجدول (28) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الأزوت وفعالية الاستفادة من السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2008.
96	الجدول (29) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزيعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر 2008.
97	الجدول (30) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الأزوت وفعالية الاستفادة من السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2009.
99	الجدول (31) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزيعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر 2009.
100	الجدول (32) تأثير معاملات الري المختلفة في تطور ارتفاع نباتات القطن (سم) خلال موسم النمو في مواعيد القياس المختلفة، دير الحجر 2007.
102	الجدول (33) تأثير معاملات الري المختلفة في تطور ارتفاع نباتات القطن (سم) خلال موسم النمو في مواعيد القياس المختلفة، دير الحجر 2008.
104	الجدول (34) تأثير معاملات الري المختلفة في تطور ارتفاع نباتات القطن (سم) خلال موسم النمو في مواعيد القياس المختلفة، دير الحجر 2009.
108	الجدول (35) تأثير معاملات الري المختلفة في المساحة الورقية للأوراق (سم ² /ورقة) حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2007.
109	الجدول (36) تأثير معاملات الري المختلفة في المساحة الورقية للأوراق (سم ² /ورقة) حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2008.
110	الجدول (37) تأثير معاملات الري المختلفة في المساحة الورقية للأوراق (سم ² /ورقة) حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2009.
112	الجدول (38) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحبب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحبب، دير الحجر 2007.
114	الجدول (39) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحبب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحبب، دير الحجر 2008.
116	الجدول (40) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحبب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحبب، دير الحجر 2009.
117	الجدول (41) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}C$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2007.
120	الجدول (42) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}C$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2008.
123	الجدول (43) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}C$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2009.

- الجدول (44) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2007. 126
- الجدول (45) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الأزوت الكلي في الأوراق حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2007. 127
- الجدول (46) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2008. 128
- الجدول (47) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الأزوت الكلي في الأوراق حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2008. 129
- الجدول (48) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2009. 130
- الجدول (49) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الأزوت الكلي في الأوراق حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2009. 131
- الجدول (50) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت، الأزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحبب. دير الحجر 2007. 132
- الجدول (51) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت، الأزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحبب. دير الحجر 2008. 133
- الجدول (52) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت، الأزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحبب. دير الحجر 2009. 134
- الجدول (53) قيم المؤشرات المستعملة في معايرة النموذج AquaCrop. 135
- الجدول (54) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة لكل من إنتاج المادة الجافة، الإنتاجية، دليل الحصاد، الاستهلاك المائي الموسمي، وفعالية استعمال الماء لمعاملات الري الناقص العادي المختلفة. 137
- الجدول (55) قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ ودليل التوافق لكل من إنتاج المادة الجافة، الإنتاجية، دليل الحصاد، الاستهلاك المائي الموسمي، وفعالية استعمال الماء لمعاملات الري الناقص العادي المختلفة. 138
- الجدول (56) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على تغيير الحدين الأدنى والأعلى للري. 145
- الجدول (57) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على تغيير تواتر الري والحد الأعلى للري. 146
- الجدول (58) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على تنكير فطام المحصول. 147
- الجدول (59) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على حذف بعض الريات أثناء موسم النمو. 148
- الجدول (60) الاحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتقريب العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة). الملحق (1) 149
- الجدول (61) الاحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتقريب المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة). الملحق (1) 150
- الجدول (62) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتقريب العادي والمتناوب، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة). الملحق (1) 151
- الجدول (63) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة). الملحق (1) 152
- الجدول (64) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة). الملحق (1) 153

الثلاثة).

- الجدول (65) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الملحق (1)
- الجدول (66) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الآزوت وفعالية استعمال السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الملحق (1)
- الجدول (67) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزيعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الجدول (68) تأثير معاملات الري المختلفة في الارتفاع النهائي لنباتات القطن (سم)، ومتوسط المساحة الورقية للأوراق (سم²/ورقة)، ومتوسط محتوى جميع العينات الورقية المأخوذة من الآزوت والكلوروفيل، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الملحق (1)
- الجدول (69) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحبب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحبب، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الجدول (70) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}C$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الملحق (1)
- الجدول (71) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت، الآزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحبب. دير الحجر (متوسط المواسم الثلاثة).
- الملحق (1)

رقم الصفحة	
12	الشكل (1) يبين نمط ترطيب التربة في الري الكامل (Full irrigation; FI)، والري الناقص (Deficit irrigation; DI)، والري الجزئي المتناوب (Partial rootzone drying; PRD).
33	الشكل (2) انخفاض معدل التسرب مع الزمن في تربة حقل التجربة (دير الحجر)، وكمية المياه المتسربة مع الزمن.
34	الشكل (3) مراقبة تطور منطقة الترطيب تحت النقطة ذات معدل التصريف 4 لتر/ساعة مع الزمن في موقع الدراسة (دير الحجر) باستعمال طريقة الحفرة (pit method).
40	الشكل (4) مخطط التجربة- دير الحجر.
60	الشكل (5) علاقة إنتاج القطن المحبب بكمية المياه المضافة عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
61	الشكل (6) علاقة إنتاج القطن المحبب بالاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
66	الشكل (7) علاقة إنتاج القطن المحبب بالعدد الكلي للجوزات على نبات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
67	الشكل (8) علاقة العدد الكلي للجوزات على نبات القطن بكمية مياه الري المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
69	الشكل (9) علاقة وزن جورة القطن بكمية المياه المضافة عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
70	الشكل (10) علاقة وزن البذور في الجورة بكمية المياه المضافة عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
75	الشكل (11) علاقة طول ألياف تيلة القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
77	الشكل (12) علاقة نسبة تجانس ألياف تيلة القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
78	الشكل (13) علاقة مؤشر برسلي لمتانة ألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
79	الشكل (14) علاقة مؤشر الستيلوميتير لمتانة ألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
80	الشكل (15) علاقة مؤشر الاستطالة لألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
81	الشكل (16) علاقة مؤشر النعومة (المايكرونير) لألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
87	الشكل (17) علاقة إنتاج محصول القطن من المادة الجافة بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.
88	الشكل (18) علاقة إنتاج المادة الجافة بالاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن في نظامي الري العادي والمتناوب.
89	الشكل (19) علاقة كمية الأزوت الكلي الممتص بكمية المياه المضافة لمحصول القطن في نظامي الري العادي والمتناوب.
90	الشكل (20) علاقة فعالية استعمال السماد الأزوتي بكمية المياه المضافة لمحصول القطن في نظامي الري العادي والمتناوب.
93	الشكل (21) توزيع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة لمحصول القطن في معاملات الري العادي والمتناوب.
101	الشكل (22) تطور ارتفاع نباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب، موسم نمو 2007.
103	الشكل (23) تطور ارتفاع نباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب، موسم نمو 2007.

2008. الشكل (24) تطور ارتفاع نباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب، موسم نمو 2009.
- 105 الشكل (25) علاقة إنتاج القطن المحبب بالارتفاع النهائي لنباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
- 106 الشكل (26) علاقة العدد الكلي للجوزات بالارتفاع النهائي لنباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
- 107 الشكل (27) علاقة فعالية استعمال الماء بالاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
- 113 الشكل (28) علاقة نسبة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق بكمية المياه المضافة لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
- 119 الشكل (29) علاقة نسبة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق بفعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
- 124 الشكل (30) علاقة إنتاج القطن المحبب بنسبة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في أوراق القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.
- 125 الشكل (31) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop (a) لنسبة التغطية (b) الاستهلاك المائي الموسمي (c) إنتاج القطن المحبب (d) فعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2007.
- 136 الشكل (32) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop لتغيرات المحتوى المائي للتربة مع الزمن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2007.
- 139 الشكل (33) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop (a) لنسبة التغطية (b) الاستهلاك المائي الموسمي (c) إنتاج القطن المحبب (d) فعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2008.
- 141 الشكل (34) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop (a) لنسبة التغطية (b) الاستهلاك المائي الموسمي (c) إنتاج القطن المحبب (d) فعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2009.
- 142 الشكل (35) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop لتغيرات المحتوى المائي للتربة مع الزمن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2008.
- 143 الشكل (36) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop لتغيرات المحتوى المائي للتربة مع الزمن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2009.
- 144

- 36 الصورة (2) توضح نتيجة تطبيق الري المتناوب في الحقل.
- 41 الصورة (3) تبين واجهة المستخدم في النموذج AquaCrop.
- الملحق (2) الصورة (4) اسناد القيمة 15.8 غ/م² للإنتاجية المائية للمحصول في النموذج AquaCrop.
- الملحق (2) الصورة (5) اسناد القيمة 30% لدليل الحصاد في النموذج AquaCrop.
- الملحق (2) الصورة (6) اسناد القيمة 1.10 لمعامل المحصول في فترة الذروة في النموذج AquaCrop.
- الصورة (7) اسناد القيم 0.25، 0.75، 4 للحد الأدنى، والحد الأعلى، وعامل الشكل على الترتيب لمعامل الإجهاد المائي المحدد لنمو الأوراق في النموذج AquaCrop.
- الملحق (2) الصورة (8) تبين خرج النموذج AquaCrop للمعاملة CFI في موسم 2007.
- الملحق (2) الصورة (9) تبين خرج النموذج AquaCrop للمعاملة DI50 في موسم 2007.

5- قائمة الاختصارات List of Abbreviations

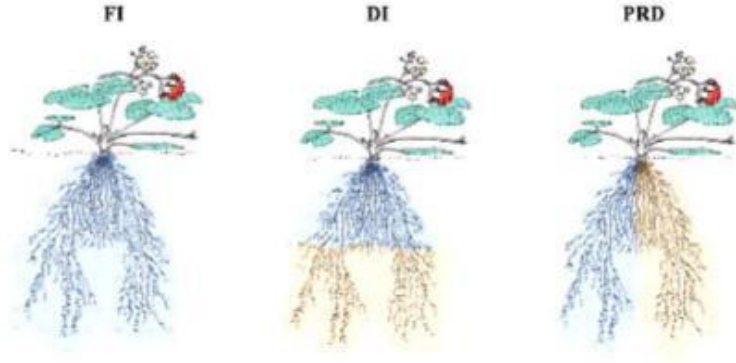
Conventional deficit irrigation CDI الري الناقص العادي

الري الجزئي المتناوب	API	Alternate partial irrigation
التجفيف الجزئي لمنطقة الجذور	PRD	Partial rootzone drying
التبخّر - نتح للمحصول	ETc	Crop evapotranspiration
التبخّر - نتح المرجعي	ETo	Reference evapotranspiration
نسبة التغطية النباتية	CC%	Canopy cover percentage
تراجع النمو الخضري	CDC	Canopy decline coefficient
تطور النمو الخضري	CGC	Canopy growth coefficient
فعالية استعمال مياه الري	IWUE	Irrigation water use efficiency
فعالية استعمال الماء	WUE	Water use efficiency
الإنتاجية المائية	WP	Water productivity
محتوى التربة المائي	SWC	Soil water content
نسبة الأجزاء الثمرية إلى الأجزاء الخضرية	RVR	Reproductive to vegetative ratio
دليل الحصاد	HI	Harvest index
المساحة الورقية	LA	Leaf area
عامل الفعالية	EF	Efficiency factor
دليل التوافق	d	Index of agreement
الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ	RMSE	Root mean squared error

يمثل الري القوة المحركة الرئيسة للإنتاج الزراعي في المناطق الجافة وشبه الجافة. ونظراً لمحدودية الموارد المائية المتاحة في هذه المناطق وبغية ترشيد استعمالها أضحي الاستعمال الفعال لماء الري مطلباً رئيساً، وله الدور الأكبر في استدامة إنتاج المحاصيل الحقلية في تلك المناطق. ولقد بذلت الكثير من الجهود لتطوير تقنيات ري مبتكرة من شأنها زيادة فعالية استعمال الماء كالري الناقص العادي Conventional deficit irrigation (CDI) (English *et al.* 1990; Geerts and Raes 2009)، والري الجزئي المتناوب Alternate partial irrigation (API) أو التجفيف الجزئي لمنطقة الجذور Partial rootzone drying (PRD) (Kriedemann and Goodwin 2003; Sepaskhah and Ahmadi 2010).

طُورت تقنية الري الناقص العادي (CDI) بهدف التأقلم مع شح المياه، وهي عملية جدولة للري؛ حيث يعطى النبات جزءاً من احتياجاته المائية، مما يدفعه إلى خفض معدل استهلاكه المائي (Geerts and Raes 2009)؛ إذ يمكن زيادة فعالية استعمال الماء (WUE) بالحصول على الإنتاجية ذاتها مع خفض كمية المياه المضافة، أو أن يؤدي خفض كمية المياه المضافة إلى انخفاض في الإنتاجية أقل بكثير من الانخفاض في كمية المياه المضافة (Aujla *et al.* 2007). يمكن تطبيق CDI في مرحلة نمو معينة أو طيلة موسم النمو، ولكن لنجاح هذا النمط من الري لا بد من الإلمام والإحاطة الجيدة باستجابة النبات للإجهاد المائي (Feres and Soriano 2007). ولا زالت الأبحاث العلمية مستمرة في هذا المجال واقتصرها في الوقت الحالي على البحث عن البدائل الممكنة وتقييم إمكان تطبيقها وإدخال التحسينات عليها من جهة. ومن جهة أخرى يُطبق الري الناقص في مناطق مختلفة وعلى مساحات واسعة عن غير قصد نتيجة التصميم غير المناسب للبنى التحتية للري أو لعدم كفاية المصدر المائي، إلا أن تطبيق تقنية الري الناقص سيغدو في المستقبل القريب واقعاً لا مفر منه. عندها سوف يتحول التركيز من زيادة الإنتاج في وحدة المساحة إلى زيادة الإنتاج من وحدة المياه، أي بكلام آخر زيادة الإنتاجية المائية مع التركيز على استقرار العملية الإنتاجية (Feres and Soriano 2007).

كما كثرت في الآونة الأخيرة الأبحاث التي عالجت نمطاً آخرًا للري الناقص، وهو الري الجزئي المتناوب API (ويُشار إليه في كثير من المراجع بـPRD)، حيث يُروى جانباً خط الزراعة بالتناوب (الشكل 1)؛ بحيث يُروى جانب واحد في الريّة الواحدة ثم يُروى الجانب الآخر (Kriedemann and Goodwin 2003; Kang and Zhang 2004; Ahmadi *et al.* 2010a)، مع تبديل الجانب المروي بتواتر معين يتوقف على عوامل متعلقة بالمحصول والتربة والمناخ (Saeed *et al.* 2008). استُنبط مبدأ هذا النمط الري من التجارب المبكرة على بعض النباتات بعد تقسيم مجموعها الجذري بين أصيصين (Blackman and Davies 1985; Zhang and Davies 1987; Gowing *et al.* 1990; Ayoub *et al.* 1993).



الشكل (1) يبين نمط ترطيب التربة في الري الكامل (FI) (Full irrigation; FI)، والري الناقص (DI) (Deficit irrigation; DI)، والري الجزئي المتناوب (PRD) (Partial rootzone drying; PRD).

(المصدر: Davies and Hartung 2004)

لقد طُور PRD استناداً إلى أساسين نظريين (Kang and Zhang 2004)، يتمثل الأول منهما في حدوث تضيق في الثغور المسامية عند تطبيق PRD، يخفض معدل النتح (Dodd 2009). يتمثل الأساس الثاني في الاستجابة البيوكيميائية؛ فوجود جزء من المجموع الجذري في تربة جافة يُولد إشارات هرمونية، تنتقل إلى المجموع الخضري وتعمل على غلق المسامات جزئياً، مما يخفض معدل النتح ويزيد الإنتاجية المائية للمحصول (Sadras 2009). وعليه يقوم PRD على تكيف النبات بحيث يؤمن جزء المجموع الجذري في الجانب الجاف مصدراً مستمراً للإشارات الهرمونية في النبات تدفعه إلى الحد من استهلاكه المائي (Liu et al. 2010a; Zegbe et al. 2006; Ahmadi et al. 2010a). يتوقف نجاح PRD على نوع التربة (Costa et al. 2007; Ahmadi et al. 2010b) والصنف النباتي والظروف المناخية (Zegbe and Behboudian 2008) وطريقة الري، إذ ينبغي في طريقة الري أن تُمكن من إعطاء ريات صغيرة بدقة وتجانس. وتعد طريقة الري بالتنقيط من أنسب الطرائق التي يمكن معها توظيف PRD إذ تتميز هذه الطريقة بفعالية ري عالية، مع إمكان إعطاء ريات صغيرة (Zegbe et al. 2004). وبات من الممكن تطبيق PRD في سورية لانتشار الري بالتنقيط الواسع في القطر على عدد كبير من المحاصيل ومن بينها القطن.

يعد القطن من أهم المحاصيل الاستراتيجية في سورية، ويحتل المرتبة الثانية بعد النفط في تأمين القطع الأجنبي والثالثة بعد القمح والنفط في تأمين الدخل القومي، ويؤمن المادة الخام لصناعة الغزل والنسيج ومعامل عصر بذور القطن. وتحتل سورية مرتبة متقدمة عالمياً من حيث مردودية الهكتار الواحد من القطن البالغة نحو 3.7 طن، ويعد القطن السوري من الأقطان الجيدة والمطلوبة في الأسواق العالمية لطول تيلته وارتفاع مردوده الاقتصادي. ولكن الظروف المناخية القاسية المتمثلة بتكرار سنوات الجفاف وتراجع المصادر المائية فرضت نفسها على الخطط الزراعية السورية، واتخذت الحكومة قراراً بخفض المساحات المزروعة بالقطن حيث تشير أرقام إدارة بحوث القطن إلى تراجع المساحات المزروعة من 257 ألف هكتار في عام 2001 (Cotton Bureau report, 2002) إلى 176 ألف هكتار في عام 2008 (Cotton Bureau report, 2008). ونظراً للأهمية الاقتصادية والاجتماعية لمحصول القطن في سورية، ولزيادة العائد

الاقتصادي الصافي للعملية الإنتاجية لهذا المحصول الاستراتيجي لابد من الإدارة المتكاملة ودراسة جميع البدائل التي تساهم في خفض تكلفة الإنتاج.

عُولجت استجابة القطن للإجهاد المائي في بعض الدراسات السابقة (Wanjura et al. 2002; Howell et al. 2009; DeTar 2008; Basal et al. 2009; Dagdelen et al. 2004). ولكن يصعب عند تطبيق الري الناقص العادي التنبؤ باستجابة الإنتاجية لمستوى الري، وذلك لتوقف هذه الاستجابة على موعد الإجهاد ومدته وشدته (Geerts and Raes 2009). وأضحى من الممكن تحسين الإنتاجية المائية للعديد من المحاصيل الحقلية عبر الجمع بين النتائج الحقلية واستعمال نماذج محاكاة الإنتاجية المائية (Geerts and Raes 2009)؛ لتحديد الاستراتيجية المثلى لتطبيق الري الناقص في الظروف المختلفة. حيث تسمح محاكاة تأثير تطبيق الري الناقص في المحصول بالمفاضلة بين البدائل الممكنة لإدارة عملية الري وتحديد الأمثل من بينها (Raes et al. 2009; Steduto et al. 2009; Geerts et al. 2010).

يكتسب التنبؤ باستجابة الإنتاج لمستوى الري أهمية متزايدة لدوره في تحديد معدل الري الأنسب في ظروف محدودة توفر الماء، ولتحقيق الاستدامة في الإنتاج والريعية العالية (Evet and Tolk 2009). عبرت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) عن هذه الأهمية عبر طرحها للنموذج AquaCrop؛ نموذج محاكاة الإنتاجية المائية للمحاصيل (Crop Water Productivity Model)، مع مراعاة البساطة وعدم التعقيد. طُور النموذج AquaCrop ليحل محل الإجراءات الواردة في ورقة الـ FAO رقم 33 (FAO 1979) والمستعملة في تقدير الإنتاجية المائية وعلاقتها مع كمية المياه المضافة وأساليب الإدارة الزراعية. تتألف المدخلات من البيانات المناخية، وخصائص المحصول، وخصائص التربة والإدارة، أي باختصار مفردات البيئة المحيطة بالمحصول. يقوم النموذج على مجموعة من الخوارزميات والإجراءات الحسابية لنمذجة تسرب الماء في التربة، وصرف الماء خارج منطقة انتشار الجذور، ومعدلي التبخر والنتح، وتطور المجموعتين الخضري والجذري، وإنتاج الكتلة الحية والإنتاج الثمري. تُوصف استجابة المحصول للإجهاد المائي في AquaCrop عبر ثلاثة حدود حرجة للمحتوى المائي للتربة؛ تتحكم في ثلاث عمليات هي تراجع النمو الخضري، وانغلاق المسامات، وتسارع تدهور النبات وتوقف نموه (Steduto et al. 2009). يسمح النموذج بالتقدم في تنفيذ المحاكاة يومياً، وبالتالي يمكن الوقوف على التغيرات اليومية لعدة مؤشرات (المحتوى المائي للتربة، والتغيرات في معدلي التبخر والنتح، وتطور المحصول، وإنتاج الكتلة الحيوية والإنتاجية). كما يمكن إيقاف المحاكاة في أية لحظة في موسم النمو، وبالتالي تحديد تأثير التغيرات في مدخلات المياه (مستويات الري) في المحصول، مما يجعل النموذج ذا فائدة خاصة في تطوير استراتيجيات الري الناقص والمفاضلة بين البدائل الممكنة لتطبيقه (Raes et al. 2009; Geerts et al. 2009; Garcia.Vila et al. 2009). ويدعم استعمال هذا النموذج دقة نتائجه مقارنة مع النماذج الأكثر تعقيداً وتطوراً مثل CropSyst و WOFOST (Todorvic et al. 2009).

تمثلت أهداف البحث في:

1. تحديد الاحتياجات المائية لمحصول القطن المروي بالتنقيط في الأطوار الفينولوجية المختلفة، والمقارنة بين نظامي الري الناقص العادي والري الجزئي المتناوب من حيث الاستهلاك المائي للمحصول.
2. تحديد قيم معامل المحصول Kc في معاملات الري المختلفة، وتقييم طريقة بنمان - مونثيث مقارنة بطريقة التشتت النيتروني (كطريقة مباشرة لحساب الاستهلاك المائي).
3. تقييم مدى استجابة محصول القطن لطريقتي الري الناقص العادي والري الجزئي المتناوب.
4. تحديد فعالية استعمال الماء في معاملات الري المختلفة والمقارنة بينها.
5. تحديد فعالية استعمال السماد الأزوتي في معاملات الري المختلفة باستعمال تقنية الأزوت الموسوم (^{15}N).
6. اختبار مجموعة من الحالات الافتراضية للري الناقص باستعمال النموذج AquaCrop، والمفاضلة بينها لاختيار بعض البدائل الممكنة لري محصول القطن.

1. تأثير الري الناقص العادي في محصول القطن:

يمتلك نبات القطن قدرة جيدة على تحمل الجفاف (Lopez et al. 1995)، ولكن في ظروف الإنتاج الزراعي لا بد من تقديم كمية كافية من الماء لهذا النبات. فالري المناسب لمحصول القطن يؤدي إلى زيادة عدد الجوزات على النبات (Ertek and Kanber 2003; Mert 2005; Onder et al. 2009; Pettigrew 2004a)، ووزن الجوزة والإنتاجية (Pace et al. 1999). ويتوقف ارتفاع نبات القطن وطول موسم نموه على كمية المياه المضافة (DeTar 2008). لذلك فإن المحافظة على توازن جيد بين النمو الخضري والنمو الثمري في محصول القطن، وخفض نسبة تساقط البراعم الزهرية والجوزات من المهام الأساسية في إدارة حقول القطن. تعد عملية تطور البراعم الزهرية في نبات القطن عملية معقدة جداً، فهي ليست تابعة لعدد البراعم المتشكلة فحسب، بل وإلى عدد البراعم المتساقطة أيضاً. وتتحكم نسبة الكربون إلى الآزوت في النبات ومدى تزود النبات بهذين العنصرين بعملية تشكل البراعم الزهرية وتساقطها. وإن المتحكم الأساسي في نسبة C/N في النبات هو عملية الري (Cetin and Bilgel 2002).

قام Henggeler et al. (2000) بدراسة لتطوير علاقات رياضية تربط إنتاجية محصول القطن بالموارد المائية المتاحة. واعتمد خياران أساسيان لإدارة الموارد المائية المحدودة؛ إما بتخفيض المساحة المزروعة والري الكامل للمساحة المتبقية، أو زراعة كامل المساحة القابلة للزراعة وريها رياً ناقصاً. وقد خلص البحث إلى أن الحل الأفضل اقتصادياً هو استعمال الموارد المائية المتاحة في زراعة كامل المزرعة باستعمال طريقة الري الناقص، وليس الري الكامل لجزء من المزرعة للوصول إلى الإنتاجية العظمى.

أظهرت نتائج دراسة Ertek and Kanber (2003) وجود علاقات خطية وإيجابية ومعنوية بين كمية المياه المضافة من جهة وإنتاجية محصول القطن وعدد الجوزات من جهة أخرى، بينما كانت علاقة نسبة التساقط بكمية المياه المضافة سلبية حيث انخفضت نسبة التساقط بزيادة كمية المياه المضافة. وقد ازدادت الإنتاجية مع زيادة عدد الجوزات المتشكلة على النبات، ولوحظ وجود علاقة خطية سلبية (عكسية) بين نسبة التساقط وعدد الجوزات.

وبخلاف دراسات سابقة كثيرة أجريت في مناطق جافة، أو غرف النمو والبيوت البلاستيكية، قام Pettigrew (2004a) بدراسة لتحديد تأثير الإجهاد المائي في فيزيولوجيا نبات القطن المزروع في منطقة رطبة. أدى الإجهاد المائي إلى خفض دليل المساحة الورقية بنسبة 35% مما قلل من مدى تعرض النبات للإشعاع الشمسي بنسبة 8%، وازداد محتوى الكلورفيل في أوراق النباتات النامية بعللاً بنسبة 19%. كما وجد Pettigrew (2004b) أن تأخير فطام محصول القطن أدى إلى تأخر نضج الجوزات على النباتات، واستمرت هذه النباتات في الإزهار لفترة متأخرة من موسم النمو مقارنة بالنباتات النامية بعللاً. ولوحظ في المواسم الجافة التي وصل فيها الإجهاد المائي إلى حد كافٍ تراجع إنتاج الألياف في النباتات النامية بعللاً بنسبة 2.5%؛ بسبب انخفاض عدد الجوزات بنسبة 19%. ولم يكن هناك تأثير للري على نوعية الألياف، إلا في الموسمين الثالث والرابع حيث أدى الري إلى زيادة طول الألياف (2% فقط).

وكذلك لاحظ Dagdelen et al. (2005) تأثير إنتاجية محصول القطن بكل من تواتر الريات ومستوى الري بشكل معنوي ($P < 0.01$)، وسُجلت الإنتاجية الأعلى (5592 كغ هـ⁻¹) في المعاملة المروية رياً كاملاً بتواتر

الري المنخفض (رية كل ثمانية أيام). ازدادت قيم كلاً من WUE و IWUE مع انخفاض كمية المياه المضافة، وسُجلت القيمة الأعلى لـ WUE (1.25 كغ م⁻³) في المعاملة 33% وبتواتر 4 أيام، بينما سُجلت القيمة الأدنى (0.82 كغ م⁻³) في المعاملة 100% وبتواتر 4 أيام. أما عامل استجابة إنتاجية المحصول (ky) فكانت قيمته 0.56 وذلك كقيمة متوسطة لتواتري الري وخلال موسمي النمو.

أشار Mert (2005) إلى أن الاختلافات الفيزيولوجية والشكلية بين الأصناف تؤدي إلى تباين في استجابتها للإجهاد المائي، وبناءً على استجابتها يتم فرزها إلى أصناف مروية وأخرى متحملة للجفاف نسبياً يمكن أن تزرع بعلاً. لوحظ وجود تباين في إنتاجية محصول القطن ومكونات الإنتاج في ظروف الزراعة البعلية بين الأصناف المختلفة، حيث تأثرت الأصناف متوسطة التبرير ومتوسطة التأخر بشكل كبير مقارنة مع الأصناف المبكرة. وأدت زراعة القطن بعلاً إلى إعطاء ألياف قطن أقصر وأضعف مع انخفاض قيمة المايكروينر (دليل النعومة)، إلا أن الملاحظ هو عدم ثبات أو تغير استجابة مواصفات التيلة للإجهاد المائي بين الموسمين.

بينت نتائج دراسة Dagdelen *et al.* (2006) أن قيم كل من الإنتاجية وإنتاج المادة الجافة ودليل المساحة الورقية قد ازدادت مع زيادة كمية المياه المضافة، بينما انخفضت قيم WUE مع زيادة كمية المياه المضافة. بلغت قيمة عامل استجابة الإنتاجية (ky) 0.92 كقيمة متوسطة للمعاملات المختلفة في الموسمين.

قام Buttari *et al.* (2007) بدراسة لتحديد الموعد الأمثل للريتين الأولى والأخيرة لمحصول القطن. أدى تأخير الري الأولى من اليوم 28 إلى اليوم 42 من الزراعة إلى زيادة إنتاجية محصول القطن بنسبة 8، 14، 17% في المواسم الثلاثة على الترتيب. كما أدى تأخير الري الأخيرة من اليوم 130 إلى اليوم 170 من الزراعة إلى زيادة الإنتاجية بنسبة 14، 32، 8% في المواسم الثلاثة على الترتيب. وبأخذ متوسط المواسم الثلاثة نتج عن تأخير الري الأولى إلى اليوم 42 من الزراعة وتأخير الري الأخيرة إلى اليوم 170 من الزراعة زيادة إنتاجية محصول القطن بنسبة 36% دون أية تكاليف إضافية، وزيادة فعالية استعمال الماء بنسبة 54%.

قيّم Suleiman *et al.* (2007) إحدى طرق حساب التبخر - نتح المرجعي (طريقة FAO-56) لتحديد قيم معامل المحصول للقطن النامي في بيئة رطبة في مجموعة من معاملات الري الناقص (بدء الري عند 40، 60، 90% من الماء المتاح حتى 100% من الماء المتاح). كانت قيم Kc المحسوبة اعتماداً على قراءات الرطوبة في المرحلة الابتدائية 0.51، 0.90، 0.99 للمعاملات 40، 60، 90% بالترتيب. وفي مرحلة النمو الوسطى كانت قيمة Kc (1.2) للمعاملتين 60% و 90% بينما كانت (0.92) للمعاملة 40%. أما في نهاية موسم النمو فقد كانت قيمة Kc (0.1) للمعاملة 40% و (0.38) للمعاملة 60% و (0.58) للمعاملة 90%. وبمقارنة قيم Kc المحسوبة من قراءات الرطوبة مع قيم Kc المحسوبة باستعمال النموذج (FAO-56) وجد أن هذا النموذج كان دقيقاً في حساب قيم Kc لمحصول القطن في ظروف الري الناقص.

بيّن Wang *et al.* (2007) أن تعريض نبات القطن للإجهاد المائي يؤدي إلى خفض معدل النتح وارتفاع درجة حرارة الأوراق، وأن زيادة درجة الإجهاد المائي تؤدي إلى خفض المحتوى المائي للأوراق. كذلك يؤدي الإجهاد المائي في المراحل المبكرة من موسم النمو (الإنبات والنمو وتشكل البراعم الزهرية) إلى تراكم نواتج

التمثيل في الأجزاء الثمرية، أما في المراحل المتأخرة فلا توجد فروق في توزيع المادة الجافة على الأجزاء النباتية بين المعاملات المختلفة.

كما قام Aujla *et al.* (2008) بمقارنة نظام الري بالتنقيط مع نظام الري السطحي عند مستوى الري ذاته، ووجد أن استعمال الري بالتنقيط أدى إلى زيادة الإنتاجية بنسبة 14 و32% في الموسمين الأول والثاني على الترتيب. وأدت الزراعة الكثيفة للقطن إلى الحصول على إنتاج مساوٍ لإنتاج القطن المزروع زراعة عادية في الموسم الأول بينما زادت الإنتاجية بنسبة 27% في الموسم الثاني علماً أن كمية الماء المضافة في الزراعة الكثيفة كانت أقل بـ 25% منها في الزراعة العادية. بينما نتج عن الزراعة العادية مع تخفيض كمية مياه المضافة إلى النصف انخفاض الإنتاجية بنسبة 11، 15% في الموسمين الأول والثاني على الترتيب مقارنة بالزراعة العادية المروية رياً كاملاً. أما عند مستوى الري ذاته في المعاملات المختلفة فقد ازدادت الإنتاجية في المعاملة خط/خطين الكثيفة مقارنة مع المعاملة خط/خط بنسبة 12، 23% في الموسمين الأول والثاني على الترتيب، بينما ازدادت إنتاجية المعاملة خط/خطين العادية مقارنة بالمعاملة خط/خط بنسبة 6، 14% في الموسمين الأول والثاني على الترتيب. وخلصت الدراسة إلى أن المعاملة خط/خطين الكثيفة أعطت القيم الأعلى للإنتاجية ولفعالية استعمال الماء. كما أنها خفضت تكاليف الإنتاج نتيجة خفض عدد الأنابيب المستعملة في شبكة الري.

قام DeTar (2008) باختبار استجابة صنفين من القطن لست مستويات ري (من 0.3 إلى 1.3 من معدل التبخر من حوض التبخر (النوع A)) لتحديد مستوى الري الأمثل. بينت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين صنفَي القطن من حيث الإنتاجية كما لم يكن هناك فروق معنوية بين مستويات الري المرتفعة (0.9، 1.1، 1.3). وشكلت المعاملة ذات المعدل (0.9) نقطة حرجة في منحنى دالة الإنتاجية المائية؛ فهي تمثل أقل كمية من ماء الري كافية للحصول على الإنتاجية العظمى، وتتوافق مع أعلى قيمة لفعالية استعمال الماء. ارتفع هذا المعدل الحرج ليصل إلى 0.95 من معدل التبخر من حوض التبخر وذلك في منتصف موسم النمو، وكانت كمية الماء التي أضيفت لهذه المعاملة الحدية 654 مم. وترافق انخفاض كمية المياه المضافة عن هذا الحد بانخفاض في الإنتاجية، فمثلاً أدى نقص مقداره 5% عن الحد الحرج إلى خفض الإنتاجية بنسبة 4.6%. ووجد أن هناك ارتباط قوي بين الارتفاع النهائي للنبات وكمية ماء الري المضافة؛ حيث بلغ ارتفاع النبات 2 م في المعاملة ذات معدل الري الأعلى (1.3) و0.6 م في المعاملة ذات معدل الري الأدنى (0.3). كان التباين في ارتفاع النباتات بين المعاملات المختلفة صغيراً في بداية موسم النمو، ويعزى تباين الارتفاع النهائي للنباتات إلى اختلاف موعد توقف نمو الساق بين المعاملات المختلفة.

قام Basal *et al.* (2009) بدراسة تأثير الري الناقص في إنتاجية محصول القطن وفعالية استعمال الماء. تضمنت التجربة خمسة مستويات للري (0، 25، 50، 75، 100% من الاحتياج المائي). ازدادت فعالية استعمال الماء من 0.62 إلى 0.71 كغ/م³ بخفض كمية ماء الري من 100 إلى 75%. بينت النتائج انخفاض إنتاجية محصول القطن في المعاملة 75% بنسبة 7.6 و7.5% في موسمي 2004 و2005 على الترتيب مقارنة مع المعاملة 100%. كما لم تكن هناك فروق معنوية في مكونات الإنتاج بين المعاملتين 100% و 75% في موسمي النمو، باستثناء انخفاض عدد الجوزات في المعاملة 75% في موسم 2005. أما فيما يتعلق بالمواصفات التكنولوجية للألياف (الطول، النعومة، التجانس) فلم تكن هناك فروق معنوية بين

المعاملتين 100% و 75% في موسم 2005. وعليه أوصى الباحثون باعتماد المستوى 75% من الاحتياجات المائية لري محصول القطن؛ حيث تم توفير 25% من كمية ماء الري دون أن يكون لذلك تأثير سلبي معنوي في الإنتاجية ونوعية المنتج.

وفي دراسة (Dagdelen *et al.* 2009) تراوح الاستهلاك المائي الموسمي لنبات القطن بين 265 إلى 753 مم، أما متوسط إنتاجية محصول القطن فقد تراوح بين 2550 و 5760 كغ/هـ وسجل الإنتاجية الأعلى في معاملة الري الكامل. وتراوح قيمة WUE بين 0.77 (100%) و 0.98 كغ/م³ (25%) في الموسم الأول و 0.76 (100%) و 0.94 كغ/م³ (25%) في الموسم الثاني. سجلت أعلى قيمة لـ IWUE (1.46 كغ/م³) في المعاملة (25%)، بينما سجلت أخفض قيمة لها (0.81 كغ/م³) في المعاملة (100%). كانت قيمة عامل استجابة الإنتاجية (ky) 0.78 كقيمة متوسطة للمعاملات المختلفة ولموسمي الزراعة. ولوحظ زيادة قيم دليل المساحة الورقية وإنتاج المادة الجافة مع زيادة كمية المياه المضافة، كما تأثرت مواصفات التيلة بمستويات الري المختلفة في ظروف الري بالتنقيط. وعليه يمكن اللجوء إلى ري محصول القطن بـ 75% من احتياجاته المائية، ولا يروى رياً كاملاً إلا في حالة توفر المياه؛ حيث يؤكد كل من الوفير المعنوي في مياه الري والقيمة المرتفعة لـ WUE على فائدة تطبيق الري الناقص في ظروف محدودية الموارد المائية. أما من الناحية الاقتصادية فقد أدى تطبيق المعاملة (75%) إلى انخفاض معدل الدخل الصافي بنسبة 34%.

بين (Onder *et al.* 2009) أن الري الناقص لمحصول القطن يؤدي إلى خفض عدد من المؤشرات المقيسة (الاستهلاك المائي، الإنتاجية، عدد الجوزات، نسبة الحليج، عدد الأفرع الثمرية، دليل المساحة الورقية) مقارنة بالري الكامل، بينما يؤدي إلى زيادة وزن الجوزات وعدد الجوزات المتفتحة. وبالرغم من ارتفاع نسبة تساقط الجوزات على نبات القطن في ظروف الري الناقص، إلا أن العدد الباقي منها يدل على قدرة النبات على التأقلم مع الإجهاد المائي. سجلت الإنتاجية الأعلى في معاملة الري الكامل، بينما سجلت القيمة الأعلى لـ IWUE في معاملة الري الناقص (50%). ووجد أن استعمال معادلة من الدرجة الثانية للتعبير عن استجابة الإنتاجية لمستوى الري كان الأكثر ملاءمة.

2. تأثير الري الجزئي المتناوب في محصول القطن:

أدى الري الجزئي المتناوب في دراسات كثيرة إلى توفير في مياه الري؛ نتيجة قدرته على التحكم بحجم المجموع الخضري وتخفيض الاستهلاك المائي تبعاً لذلك، مع المحافظة على كمية الإنتاج الاقتصادي في الوقت ذاته، وبالتالي تحسنت فعالية استعمال الماء WUE (Kang *et al.* 1997, 1998, 2000, 2003; Loveys *et al.* 1997; Dry and Loveys 1998; Liang *et al.* 1998).

قام Tang *et al.* (2005) بتجربة حقلية لري القطن بالأثلام رياً جزئياً في منطقة جافة يعتمد إنتاج القطن فيها كلياً على الري. تضمنت التجربة ثلاث معاملات؛ المعاملة الشاهد CFI حيث يتم الري عبر جميع الأثلام، المعاملة AFI وفيها يتم الري بالتناوب بين الأثلام المتجاورة، المعاملة FFI وفيها يتم الري عبر مجموعة من الأثلام الثابتة (إما الأثلام الفردية أو الأثلام الزوجية). نتج عن تطبيق المعاملتين AFI و FFI وفر في مياه الري قدره 50%، ومع ذلك لم ينخفض عدد الجوزات المتفتحة على النبات مقارنةً مع الشاهد. بلغت الإنتاجية في المعاملتين AFI و FFI 92% و 84% من إنتاجية المعاملة الشاهد على الترتيب. وتميزت المعاملة AFI بارتفاع نسبة التبيكر (12%) مقارنة مع الشاهد وذلك قبل حلول الصقيع؛ أي الحصول على

نوعية أفضل من الألياف في القطفتين الأولى والثانية، وبالتالي سعر أعلى. كانت النباتات في المعاملتين FFI و AFI أقصر من نباتات الشاهد، كما أن قيم المساحة الورقية لأوراق هذه النباتات كانت أصغر من قيمتها في نباتات الشاهد. ولكن لم يكن هناك فروق معنوية في عدد الجوزات على النبات بين المعاملات الثلاثة. وخلص الباحثون إلى أن PRD يمثل إستراتيجية جيدة لتوفير المياه وضبط النمو الخضري للنباتات مع المحافظة على الإنتاج الثمري والحصول على نوعية أفضل من الألياف بسبب النضج المبكر قبل حلول الصقيع.

كما قام Du et al. (2006) بدراسة مشابهة للوقوف على تأثير الري المتناوب في إنتاجية محصول القطن وفي استجابته الفيزيولوجية لهذا النمط من الري. تضمنت التجربة ثلاثة أنماط للري بالأثلام (الري عبر كل الأثلام (CFI)، الري عبر الأثلام الفردية أو الزوجية (FFI)، الري بالتناوب مع تبديل الأثلام المروية في كل رية (AFI))، وثلاث مستويات للري (22.5، 30، 45 مم/رية). وقد تبين من مراقبة تغيرات المحتوى المائي للتربة في الري المتناوب، وجود تناوب في المحتوى المائي للتربة ارتفاعاً وانخفاضاً استجابة لنمط الري، مع وجود تسرب أفقي للماء من الجانب المروي إلى الجانب الجاف بعد كل رية. ووجد أن قيم التوصيل المسامي والنتج تحت المعاملتين AFI و FFI كانت أخفض من مثيلاتها عند مستوى الري ذاته في المعاملة CFI. أما فيما يتعلق بجهد ماء الورقة فلم يكن هناك فروق معنوية بين المعاملات المختلفة. سجلت الإنتاجية الأعلى في الري المتناوب عند مستويات الري المختلفة وفي موسمي النمو، وقد ترافق ذلك مع توفير ماء الري؛ الأمر الذي انعكس على صورة قيم أعلى لفعالية استعمال مياه الري. وعليه أوصى الباحثون بري القطن رياً متناوباً في مناطق زراعة القطن ذات الموارد المائية الشحيحة؛ حيث يعتمد إنتاج القطن كلياً على الري.

أجرى Kirda et al. (2007) مجموعة من التجارب لتحديد تباين الإنتاجية الناجم عن تطبيق الري الناقص العادي والري الجزئي المتناوب على محاصيل خضراوات (بندورة وفليفلة) ومحاصيل حقلية (الذرة والقطن) مقارنة مع الري الكامل. كانت إنتاجية محصول البندورة في معاملة الري الكامل أعلى منها في معاملات الري الجزئي المتناوب، إلا أن الفرق لم يكن معنوياً، وتفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي. تناقصت إنتاجية محصول الفليفلة مع زيادة الإجهاد المائي نتيجة خفض كمية المياه المضافة، دون وجود زيادة في فعالية استعمال مياه الري IWUE. أما في محصولي القطن والذرة فقد كانت الإنتاجية متماثلة في نظامي الري الناقص العادي والجزئي المتناوب.

كما أجرى Unlu et al. (2007) مقارنة بين أنماط مختلفة لري القطن بالأثلام (الري المستمر I1، الري الدقي I2، إيقاف الري قبل نهاية النظم بمسافة محددة I3، تناوب الري عبر الأثلام المتجاورة I4، تجميع الماء الخارج من الأثلام وإعادة استعماله I5). سجلت الإنتاجية العظمى في المعاملة I1 في الموسمين الأول والثاني وفي المعاملتين I2، I3 في الموسم الثالث. وانخفضت الإنتاجية بشكل معنوي (10-35%) في المعاملة I5 و (11-19%) في المعاملة I4، مع أن كمية المياه المضافة إلى المعاملة I5 كانت أكبر بـ 43% و 28% منها في المعاملتين I3 و I2 على الترتيب. وسجلت القيمة الأعلى لفعالية استعمال الماء في معاملة الري بالأثلام المتناوبة (I4).

أما دراسة (Du et al. 2008) فقد تناولت تأثير الري بالتنقيط العادي والمتناوب في إنتاجية محصول القطن وفعالية استعماله للماء عند مستويات ري مختلفة. كانت إنتاجية محصول القطن متماثلة في نظامي الري، مع توفير 31-33% من مياه الري. ازدادت نسبة التبكير بحوالي 11% في الري المتناوب مقارنة مع الري العادي؛ ولما كانت الزيادة قد حدثت قبل حلول الصقيع في منطقة الدراسة فهي تعني الحصول على نوعية ألياف أفضل وبالتالي سعر أعلى.

كما قام White and Raine (2009) بدراسة تأثير تدرج رطوبة التربة عبر منطقة المجموع الجذري في الاستجابة الفيزيولوجية لنبات القطن المزروع في أصيصين منفصلين في البيوت البلاستيكية. أدى الري الجزئي المتناوب إلى زيادة تركيز حمض الأبسيسك في عصارة الساق إلى أربعة أضعاف تركيزه في الشاهد، ولكن لم يكن هناك أية فروق معنوية بين المعاملتين في pH عصارة الساق ولا في معدل التوصيل المسامي في الأوراق. وبناءً على هذه النتائج خلص الباحثان إلى أن تطبيق الري الجزئي المتناوب غير ممكن حقيقياً. ولكن ينبغي التنبيه هنا إلى أن هذه التجربة قد نفذت في بيت بلاستيكي حيث كان معدل التبخر منخفضاً، وأشار إلى ذلك في الدراسة؛ مما حال دون انخفاض المحتوى المائي للتربة إلى الحد الذي تظهر عنده الاستجابة الفيزيولوجية للري الجزئي المتناوب، والتي لوحظت في بعض الدراسات الحقلية سابقة الذكر على القطن وفي مناطق مختلفة.

لوحظ باستطلاع نتائج كثير من التجارب أن هناك تبايناً في تأثير طريقة الري في نمو المجموعين الخضري والشمري (Loveys et al. 2003; Dry and Lovey 1998; Kang et al. 2000, 2002; dos Santos et al. 2003). أشار (du Toit et al. 2003) إلى قدرة PRD على الحد من النمو الخضري مقارنة مع الري الناقص العادي CDI. بينما لاحظ آخرون زيادة النمو الخضري عند تطبيق PRD (Buttar et al. 2001, Dry et al. 2007, Wang et al. 2006). ولعل ما ذكره Li et al. (2007) من حصر ظهور تأثير الري المتناوب واضحاً جلياً فقط في ظروف الري الجيد والتسميد الجيد، يحل شيئاً من التناقض الملاحظ حول هذه النقطة. وينبغي ألا نغفل ما أشارت إليه بعض الدراسات من عدم وجود أية ميزة نسبية للري الجزئي المتناوب مقارنة مع الري الناقص العادي، عند تطبيقه على الخوخ (Goldhamer et al. 2002)، والتفاح (Leib et al. 2006)، والزيتون (Wahbi et al. 2005) والقطن والذرة (Kirda et al. 2007). كما توصل Sadras (2009) نتيجة تحليل عدد كبير من التجارب إلى أن PRD تفوق على CDI في الإنتاجية المائية للمحصول في حالات قليلة فقط. ويعرض الجدول (1) ملخصاً لأبرز نتائج الأبحاث التي أجريت على الري المتناوب في مناطق مختلفة من العالم وعلى محاصيل مختلفة.

الجدول (1) يعرض ملخصاً لنتائج بعض الدراسات عن الري الجزئي المتناوب (PRD) لمحاصيل مختلفة في مناطق مختلفة.

المحصول	مكان التطبيق	التجربة/نظام الري	تأثر الإنتاجية (%)	الوفر في مياه الري (%)	فعالية استعمال الماء	ملاحظات	المرجع
البانجان	الهند	أثلام تنقيط	انخفاض 32% مقارنة مع الري الكامل	25%	سجلت القيمة الأعلى في PRD50		Aujla <i>et al.</i> 2007
البندورة	نيوزيلاند	بيت بلاستيكي/ حاويات مروية بالتنقيط	انخفاض معنوي في الوزن الجاف للثمار (20-23%)	19%	متماثلة في المعاملات المختلفة	عدم تغير لون الثمار وانخفاض وزنها الطازج ومحتواها المائي	Zegbe <i>et al.</i> 2006
	نيو زيلاند	أثلام تنقيط		50%	زيادة بنسبة 70% في معاملات الري المتناوب	ثمار أغنى بالكوبين والأملاح الذائبة	Zegbe <i>et al.</i> 2004
	تركيا	زراعة مائية		30 - 50%	سجلت القيمة الأعلى في PRD50		Dasgan <i>et al.</i> 2009
	تركيا	تنقيط	زيادة (7 - 10%) مقارنة مع الري الناقص العادي	30 - 50%	زيادة بنسبة 56% في PRD	ارتفاع نسبة الثمار التسويقية	Kirda <i>et al.</i> 2004
	بلغاريا	أصص		50%	تفوق PRD معنوياً	زيادة محتوى الثمار من السكر	Stikic <i>et al.</i> 2003
البطاطا	الدنمارك	ليزيمترات	~ 0%	30%			Shanarazi <i>et al.</i> 2008
	الدنمارك	تنقيط تحت سطحي	~ 0%	30%	زيادة 61% في PRD	ارتفاع نسبة الدرجة التسويقية في PRD بـ 20%	Shanarazi <i>et al.</i> 2007

Liu <i>et al.</i> 2008			~ 50%		أعمدة ترابية	الدنمارك	البطاطا
Liu <i>et al.</i> 2006	انخفاض الاستهلاك المائي بنسبة 37%	متماثلة بين الشاهد وPRD	50%		أعمدة ترابية	الدنمارك	
Skinner <i>et al.</i> 1999	تركزت نسبة أعلى من الأزوت السمادي في الأجزاء الثمرية في PRD				الأثلام	الولايات المتحدة	الذرة
Kang <i>et al.</i> 2000		زيادة معنوية في PRD	50%	0%	الأثلام	الصين	
Kirda <i>et al.</i> 2005			50%	انخفاض (10-25%)		تركيا	
Li <i>et al.</i> 2007	زيادة كمية الأزوت الممتص بـ 16.4% في PRD	زيادة بنسبة 8% في PRD	38%		أصص	الصين	
Wang <i>et al.</i> 2008	تجانس توزيع الأحياء الدقيقة في التربة وزيادة عددها الكلي في PRD	زيادة معنوية في PRD		انخفاض غير معنوي	أصص	الصين	
Gencoglan <i>et al.</i> 2006		زيادة معنوية في PRD	16%	لافروق معنوية في الإنتاج	تنقيط تحت سطحي	تركيا	الفول
Wang <i>et al.</i> 2005	يوجد تباين في استجابة النمو الخضري والنمو الثمري لطريقة الري		30 - 50%	زيادة إنتاج الكتلة الحيوية (10%) في PRD	أصص، معاملات ري فقط	الصين	اللفت الزيتي
Wang <i>et al.</i> 2007	يحسن PRD فعالية استعمال الماء وفعالية استعمال السماد		50%		أصص، معاملات مركبة (ري وتسميد)	الصين	
Leib <i>et al.</i> 2006	ثمار أكثر صلابة وأغنى بالمواد الذوابة		45 - 50%	0%	مرشات صغيرة	الولايات المتحدة	التفاح

Kang <i>et al.</i> 2003	انخفاض الاستهلاك المائي بنسبة 10%		44%			الصين	الخوخ
McCarthy <i>et al.</i> 2000		زيادة معنوية في PRD		انخفاض غير معنوي	تنقيط	أستراليا	العنب
Stoll <i>et al.</i> 2000	تتولد الإشارات الكيميائية في الجانب الجاف للجذور في PRD وتنتقل إلى الأوراق لتخفيض التوصيل				دراسة فيزيولوجية	أستراليا	
De La Hera <i>et al.</i> 2007		زيادة بنسبة 40% في PRD	0%	زيادة الإنتاجية في PRD بنسبة 43%		اسبانيا	
Poni <i>et al.</i> 2007	لا توجد فروق في نوعية الثمار ، انخفاض الاستهلاك المائي بنسبة 25%	زيادة معنوية في PRD			تجربة أصص كبيرة	إيطاليا	
Marsal <i>et al.</i> 2008	يكن تأثير PRD في انخفاض معدل التبخر من سطح التربة		50%			اسبانيا	
Fernandez <i>et al.</i> 2003	انخفاض الاستهلاك المائي بنسبة 25 - 30%		~ 50%		تنقيط، أحواض	اسبانيا	الزيتون
Fernandez <i>et al.</i> 2006	لا يوجد فرق بين الري الناقص العادي والمتناوب		50%	لا توجد فروق معنوية		اسبانيا	

3. استجابة نبات القطن للإجهاد المائي:

إنّ للنبات قدرةً على التنبؤ بالإجهاد المائي؛ بدليل حصول الاستجابة المسامية في أوراقه قبل استنزاف كامل الماء المتاح في التربة. وقد تبين أن المسؤول الرئيس عن هذه الاستجابة هو حمض الأبسيسيك (absisic acid) (ABA) المتولد في جذور النبات الموجودة في تربة جافة (Loveys *et al.* 2000; Stoll *et al.* 2000; Davies *et al.* 2002; Hartung *et al.* 2002). وتمثل هذه الاستجابة البيوكيميائية خط الدفاع الأول ضد الجفاف المحتمل. ومما ينبغي الإشارة إليه هنا انخفاض حساسية المسام لارتفاع تركيز ABA إذا لم يكن مصحوباً بارتفاع قيمة الـ pH لعصارة الساق (Wilkison and Davies 2002). يؤدي استمرار الجفاف إلى الوصول إلى خط الدفاع الثاني وحصول الاستجابة المائية المتمثلة في الذبول الذي يبدأ بالظهور على الأوراق القديمة نتيجة إنتاج كميات كبيرة من ABA في هذه الأوراق. ثم ينتقل ABA إلى الأوراق الحديثة وذلك للحد من فقدان الماء من هذه الأوراق أيضاً. وعليه فإن طريقة الري الناقص العادي تعتمد على الوصول إلى خط الدفاع الثاني؛ حصول الاستجابة المائية للجفاف نتيجة جفاف منطقة انتشار الجذور بالكامل. أما طريقة الري الجزئي المتناوب فتعتمد على الوصول إلى خط الدفاع الأول؛ حصول الاستجابة البيوكيميائية وذلك بترك أحد جانبي النبات ليحف فيما يروى الجانب الآخر (Kriedmann and Goodwin 2003). ويتم تغيير الجانب المروي لأن بقاء الجذور في تربة جافة لمدة طويلة يؤدي إلى حدوث تغيرات تشريحية في بنية الجذور تفقدها قدرتها على تحسس الجفاف؛ مما يؤدي إلى اختفاء الإشارات الجذرية وظهور الذبول على النبات. بينما يؤدي تناوب الترطيب والجفاف إلى تحسن قدرة الجذور على تحسس الجفاف بسبب نمو مجموعة من الجذور الثانوية (Kang and Zhang 2004). ويتوقف تواتر التناوب على نوع المحصول ومرحلة نموه، وميزان ماء التربة (Kang *et al.* 1997, 1998, 2000; Loveys *et al.* 1997; Zhang *et al.* 2001).

وقد بينت العديد من الدراسات أن قدرة النبات على تحمل الجفاف هي عملية معقدة، تحكمها عوامل وراثية عديدة، بالإضافة إلى عوامل إدارة المحصول زراعياً (Ingram and Bartels 1996; Cushman and Bohnert 2000). إن أول ما يتأثر بالإجهاد المائي في نبات القطن هو مساحة الأوراق، ويؤدي انخفاض المساحة الورقية إلى خفض استهلاك الكربون والطاقة وتوجه جزء أكبر من نواتج التمثيل إلى المجموع الجذري، لذلك فالمجموع الجذري أقل تأثراً من المجموع الخضري بالإجهاد المائي (Ball *et al.* 1994). يؤدي الإجهاد المائي إلى الحد من النمو الخضري للنبات، وخفض ارتفاعه وإنتاجيته، ويؤثر أيضاً على نمو الجذور، بينما يؤثر في معدل التركيب الضوئي بدرجة أقل. أشار Pace *et al.* (1999) إلى زيادة طول جذور نباتات القطن في ظروف الجفاف وانخفاض أقطارها، بينما أشار Ball *et al.* (1994) و Prior *et al.* (1995) إلى انخفاض طول جذور القطن تحت ظروف الجفاف. يتوقف تأثير الإجهاد المائي في إنتاجية محصول القطن على وقته وشدة. فقد أشار Krieg (1997) إلى أن المرحلة من بداية تشكل البراعم الزهرية وحتى تفتح أول زهرة هي أشد مرحلة نمو حساسية للإجهاد المائي؛ حيث تتأثر مكونات الإنتاج كافة. بينما لاحظ Pettigrew (2004a) أن مرحلة قمة الإزهار هي المرحلة الأكثر حساسية للإجهاد المائي، وأدى تعرض النبات إلى الإجهاد المائي فيها إلى أكبر نقص في الإنتاج؛ ويرجع نقص الإنتاج إلى انخفاض عدد الجوزات، بينما أدى تعرض النباتات إلى الإجهاد

المائي قبل الإزهار إلى انخفاض عدد مواقع الإزهار. قد يؤدي الإجهاد المائي إلى تأثير التوازن الهرموني في البراعم الزهرية والجوزات وزيادة نسبة تساقطها (Ertek and Kanber 2003). يؤدي الإجهاد المائي إلى التأثير على نوعية الألياف بطرق عديدة، فقد أدى في فترة استطالة الألياف إلى انخفاض طول الألياف وانخفاض درجة النضج، وزيادة قيمة المايكرونير في الجوزات الموجودة. يتأثر طول الألياف بتعرض النبات للإجهاد المائي في الفترة (16-20) يوم بعد الإزهار، بينما تتأثر قوة الألياف كثيراً بتعرض النباتات للإجهاد المائي في الفترة (25-30) يوم من تطور الجوزات وحتى (3-4) أيام قبل تفتح الجوزات (McWilliams 2004). أشارت العديد من الدراسات إلى أن المتحكم بانغلاق المسامات في ظروف الجفاف هو حمض الأبسيسيك (ABA) المتولد في الجذور، والذي ينتقل مع العصارة إلى المجموع الخضري ليركز في الخلايا الحارسة للمسار (Hartung et al. 2002; Schroeder et al. 2001; Borel and Simonneau 1998). وفي القطن تتأثر الاستجابة المسامية للإجهاد المائي بتراكم ABA وإعادة توزيعه (Radin and Hendrix 1988).

أجرى Barbour and Farquhar (2000) دراسة على محصول القطن النامي في مستويي رطوبة نسبية ويرش يومياً بأربع تراكيز مختلفة من حمض الأبسيسيك ABA. لوحظ في النباتات النامية في مستوى رطوبة منخفض ارتفاع معدل النتج، انخفاض درجة حرارة الأوراق، وانخفاض معدل التوصيل المسامي وتراجع الكتلة الحيوية للنبات. وعموماً أدت زيادة تركيز الـ ABA عند مستوى الرطوبة النسبية ذاته إلى تناقص معدل التوصيل المسامي ومعدل النتج والسطح الظاهري للأوراق والكتلة الحيوية للنبات، وإلى زيادة درجة حرارة الأوراق والمساحة النوعية للأوراق. وكما هو متوقع أدى انخفاض معدل التوصيل المسامي إلى انخفاض قيمة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق.

قام Bronson et al. (2001) بدراسة استجابة محصول القطن لمعدلات مختلفة من التسميد الأزوتي (0، 28، 56، 84، 112 كغ/هـ) ومستويات مختلفة من الري (0، 25، 50، 75% من ETc). قيس اليخضور في الأوراق ودُرس مدى ارتباطه مع محتوى الأزوت النتراتي في البتلات (في موسمي 1996 و1997)، ومع محتوى الأوراق من الأزوت في موسم 1998. لم يكن هناك أي ارتباط بين محتوى اليخضور ومحتوى الأزوت في موسم 1996، بينما كان هناك ارتباط بينهما في موسمي 1997 و1998، ولكن في مرحلتين نمو مختلفتين. مثلت علاقة إنتاجية محصول القطن بمستوى الري بمعادلة من الدرجة الثانية في موسمي 1996 و1997، بينما كانت العلاقة خطية في السنة الجافة (1998). وكانت إنتاجية القطن أعظمية في المجال من 71 إلى 97% ETc. ولوحظ استجابة محصول القطن للتسميد الأزوتي عند مستويات الري 50 و 75% بينما لم تكن هناك استجابة عند المستويات 0 و 25%.

ربما يؤدي تأخر الإزهار في نبات القطن إلى تحسين نمو المجموع الجذري؛ وبالتالي رفع قدرته على تحمل الإجهاد المائي. لذلك أجرى Dumka et al. (2004) دراسة لتحديد تأثير تأخر الإزهار في نمو المجموع الجذري لمحصول القطن وإنتاجيته. ولتأخير الإزهار أُزيلت الأفرع الثمرية في يومي 35 و 41 من الزراعة في موسم 2000 وفي يومي 41 و 48 من الزراعة في موسم 2001؛ بحيث يكون فرع الإثمار الأول على العقدة التاسعة من الساق الرئيسية. عُرضت النباتات للإجهاد المائي بعد ظهور الزهرة الأولى على النباتات بإيقاف الري لمدة

17 يوماً في موسم 2000 و 16 يوماً في موسم 2001. أدى تأخير الإزهار إلى زيادة عدد الجذور (بغض النظر عن الري)، كما أدى إلى تأخر النضج وتغير توزيع الجوزات على النبات؛ حيث ساهمت العقد العليا على الساق الرئيسية بنسبة أكبر في عدد الجوزات والإنتاج. أدى تأخير الإزهار مع الإجهاد المائي في موسم 2000 إلى نقص في الإنتاجية، ولكن لم يلاحظ هذا التأثير في موسم 2001. وعليه فإن تأخير الإزهار أدى إلى زيادة نمو المجموع الجذري، ولكن ذلك لم يساعد على تجنب أو زيادة تحمل الإجهاد المائي، وكان ذلك واضحاً من عدد الجوزات وإنتاجية محصول القطن.

لاحظ Inamullah and Isoda (2005) وجود انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من الكلوروفيل في ظروف الإجهاد المائي الشديد في فول الصويا فقط، بينما لم يُلاحظ ذلك في القطن حيث ازداد محتوى أوراق القطن من الكلوروفيل زيادة ظاهرية في المعاملة T2 (إجهاد مائي متوسط) مقارنة مع المعاملة T1 المروية رياً كاملاً. والغريب في هذه الدراسة أن نبات القطن تكيف مع الإجهاد المائي عبر خفض درجة حرارة أوراقه؛ وربما يكون ذلك عبر رفع معدل النتح في ظروف الإجهاد المائي.

وفي سعيه لاختيار صنف القطن الأكثر تحملاً للإجهاد المائي قام Stiller et al. (2005) بدراسة للمؤشرات الفيزيولوجية (التمثيل الضوئي الصافي، قيمة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في أوراق القطن) التي سيتم الانتقاء بموجبها. أجريت ستة تجارب حقلية في أستراليا وواحدة في تكساس باستعمال أربعة أصناف أسترالية وثلاثة أصناف من تكساس. تم ري ثلاثة من التجارب بينما تركت الأخرى بدون ري. تباينت الأصناف في التمثيل الضوئي الصافي في 30% من المقارنات وفي قيمة $\Delta^{13}C$ في 69% من المقارنات. وخلص الباحثون إلى أن اختلاف الأصناف في المؤشرات الفيزيولوجية (التمثيل الضوئي الصافي، $\Delta^{13}C$) المقيسة في أوراق القطن والمرتبطة بشكل غير مباشر بفعالية استعمال الماء قد يمكن من اختيار الصنف الأكثر تحملاً للإجهاد المائي. واستنتج الباحثون أنه لترتيب الأصناف حسب قيمة $\Delta^{13}C$ ، لا بد من أخذ القياسات من تجارب ينمو فيها المحصول بعللاً وفي مواعيد اعتيادية على الأقل؛ في منتصف مرحلة البراعم الزهرية وفي منتصف مرحلة الإزهار. وينبغي القيام بالمزيد من الأبحاث للتأكد من فائدة هذه المؤشرات في برامج تربية محصول القطن.

كما قام Falkenberg et al. (2007) بدراسة للوقوف على إمكانية الاستفادة من معدات الاستشعار عن بعد في دراسة تأثير الإجهادات الحيوية (كتعفن الجذور) واللاحيوية (كالإجهاد المائي) في محصول القطن. تضمنت الدراسة ثلاثة مستويات لري القطن (50، 75، 100% من ETc). كانت درجة حرارة الغطاء النباتي في المعاملة 50% أعلى وبشكل معنوي من المعاملتين 75 و 100%، وترافق ذلك مع انخفاض إنتاج الألياف معنوياً في المعاملة 50%. ولكن النتيجة الغريبة هي أن المعاملة 75% لم تؤدي إلى أي نقص في الإنتاجية، وبالتالي يمكن توفير 25% من مياه الري دون تأثير يذكر في الإنتاجية. إلا أن الدراسة أشارت إلى عدم وجود فرق معنوي في درجة حرارة الغطاء النباتي بين المعاملتين 75 و 100%، لأن المعاملة 100% رويت رياً زائداً؛ نتيجة التقدير غير الدقيق لـ ETc.

حدد Tsiatas et al. (2008) العلاقات بين إنتاجية محصول القطن ببعض المؤشرات الفيزيولوجية للورقة (قيمة التمييز النظيري للكربون، كمية الرماد، وتركيز البوتاسيوم). بينت النتائج وجود علاقة إيجابية معنوية بين إنتاجية

محصول القطن وقيمة التمييز النظيري وكمية الرماد وذلك في الموقع شديد الجفاف المتميز بإنتاجية قليلة، مما يشير إلى أن الأنماط الوراثية التي تحافظ على مسامات أوراقها مفتوحة تكون قيمة التمييز النظيري فيها مرتفعة. بينما بينت نتائج الموقعين الأكثر إنتاجية ارتفاع كمية رماد الأوراق وقيم التمييز النظيري، وكانت هناك علاقة سلبية بين إنتاجية محصول القطن وكلاً من محتوى الرماد وقيم التمييز النظيري. وعليه فإن استعمال المؤشرات الفيزيولوجية للأوراق كمؤشر غير مباشر لإنتاجية محصول القطن غير موثوق؛ لأن العلاقات بين الإنتاجية وهذه المؤشرات غير ثابتة وتختلف من مكان لآخر.

4. استعمال النموذج AquaCrop في دراسات الري الناقص:

يعد تحسين فعالية استعمال الماء المفتاح الأساسي للإنتاج الزراعي في ظروف محدودة الموارد المائية. ويسعى صناع القرار ومديرو الموارد المائية إلى البحث عن البدائل الممكنة للنظم المحصولية (التركيب، وتوزيع المساحات)، ومواعيد الريات ونظم الري المستعملة والإضافات السمادية؛ وذلك لتحسين WUE مع تحقيق الأهداف المتعلقة بكمية الإنتاج ونوعيته (Evet and Tolk 2009). ويكتسب التنبؤ بالإنتاجية أهمية متزايدة وذلك لتحديد معدل الري الأمثل في ظروف محدودة إتاحة الماء، بغية الحصول على استدامة في الإنتاج والريعية العالية. وقد عيّرت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) عن هذه الحاجة عبر طرحها لنموذج الإنتاجية المائية AquaCrop مراعية البساطة وعدم التعقيد. تمكنت معظم النماذج المحصولية من محاكاة WUE بشكل جيد في ظروف الري الكامل، ولكن أداءها لم يكن كذلك في ظروف الري الناقص، مما يحد من استعمال هذه النماذج في استطلاع البدائل الممكنة للري الناقص أو الزراعة البعلية.

بين Steduto et al. (2009) أن نموذج FAO الجديد (AquaCrop) صُمم لمحاكاة الإنتاج الممكن للمحاصيل الحقلية الرئيسة اعتماداً على علاقة الإنتاجية مع الاستهلاك المائي في ظروف الري المختلفة (زراعة بعلية، وري تكميلي، وري ناقص، وري كامل). يشكل الماء القوة الدافعة لمحرك النمو في النموذج AquaCrop؛ حيث يُحسب الاستهلاك المائي (ETc) أولاً ومن ثم يُترجم إلى إنتاج الكتلة الحيوية Biomass باستعمال مؤشر ثابت خاص بالمحصول وهو الإنتاجية المائية. ولا يُقسَم إنتاج الكتلة الحيوية على الأنسجة النباتية المختلفة ويستعمل لحساب إنتاجية المحصول فقط. اعتمدت نسبة التغطية Canopy cover (%CC)، بدلاً من دليل المساحة الورقية Leaf area index (LAI)، لحساب النتح ولفصل التبخر عن النتح. أما إنتاجية المحصول فهي حاصل جداء إنتاج الكتلة الحيوية بدليل الحصاد (HI)، تزداد قيمة HI بشكل خطي مع الزمن من بداية تشكل الإنتاج حتى قرب النضج الفيزيولوجي للمحصول. تُحاكي استجابة المحصول للإجهاد المائي اعتماداً على أربعة دوال تابعة لمستوى محدد من الماء المتاح في التربة. تعبر الدوال الأربعة عن تأثير الإجهاد المائي في أربعة عمليات نباتية أساسية، وهي معدل النمو الخضري، وانغلاق المسامات، والتوقف المبكر للنمو الخضري، وتطور دليل الحصاد. وضح Raes et al. (2009) أن النموذج AquaCrop طُوّر ليحل محل الإجراءات الواردة في ورقة FAO رقم 33 المستعملة في تقدير الإنتاجية المائية. لقد طُوّر النموذج AquaCrop ضمن إطار يعتمد مفاهيم استجابة النبات الفيزيولوجية للإجهاد المائي والميزان المائي للتربة. تتألف المدخلات من البيانات المناخية، وخصائص

المحصول، وخصائص التربة والإدارة، وبالتالي تُعرف عناصر البيئة المحيطة بالمحصول. يحتوي النموذج مجموعة من الخوارزميات والإجرائيات الحسابية لنمذجة تسرب الماء في التربة، وصرف الماء خارج منطقة انتشار الجذور، ومعدل التبخر ومعدل النتج، وتطور المجموعين الخضري والجذري، وإنتاج الكتلة الحيوية والإنتاجية. أمّا من الناحية الشكلية، فيتألف AquaCrop من مجموعة نوافذ يمكن التنقل بينها عبر واجهة مستخدم متطورة. كما أنّ هناك خيار لجعل الأشكال التي يعرضها النموذج تتطور يومياً وبالتالي يمكن الوقوف على التغيرات اليومية في المحتوى المائي للتربة، والتغيرات في معدلي التبخر والنتج، وتطور المحصول، وإنتاج الكتلة الحيوية وتطور الإنتاج. كما يمكن إيقاف عملية المحاكاة في أي فترة زمنية، بحيث يُحدد تأثير مستوى الري في أي مرحلة نمو؛ مما يجعل النموذج مفيداً للغاية في تطوير استراتيجيات الري الناقص.

استُعملت بيانات ستة مواسم من التجارب الحقلية على محصول الذرة في دافيس بكاليفورنيا لاختبار النموذج AquaCrop، بالإضافة إلى بيانات عن المجموع الخضري فقط لمحصول الذرة لأربعة مواسم أخرى (Hsiao et al. 2009). حُدثت قيم المؤشرات الأساسية للمحصول في النموذج بحيث تكون شبه ثابتة لهذا المحصول؛ قابلة للتطبيق في مناخات متباينة ولا تتأثر بالصنف النباتي. واستُعملت هذه القيم في محاكاة استجابة المحصول لمعاملات الري المختلفة (عدم الري من بعد الإنبات حتى بدء تشكل الأكواز، عدم الري من بدء تشكل الأكواز حتى نهاية الموسم، الزراعة البعلية، والشاهد المروي رياً كاملاً). تضمنت المؤشرات الثابتة معدل نمو المجموع الخضري ومعدل تراجعه، ومعدل النتج الأعظمي، وقيمة الإنتاجية المائية ودليل الحصاد، ومؤشرات محاكاة الإجهاد المائي وهي تباطؤ نمو الأوراق، والتوصيل المسامي وتوقف النمو الخضري، وتعديل قيمة دليل الحصاد. تمكّن AquaCrop من محاكاة إنتاج الكتلة الحيوية بإنزياح قدره 10% عن القيم المقيسة وذلك في 8 معاملات من بين 13 معاملة، وكانت نتائج المحاكاة جيدة في خمس حالات بالنسبة للإنتاج الحبي بإنزياح قدره 5% فقط. عُوِير النموذج AquaCrop في دراسة (Farahani et al. 2009) لمحصول القطن، واختُبر النموذج في ظروف ري مختلفة (ري كامل وري ناقص بنسب 40، 60، 80% من الري الكامل) في شمال سورية؛ في بيئة متوسطة حرارة وجافة، تسودها الرياح. عُوِير النموذج باستعمال بيانات موسم 2006، وتبين أن المحاكاة الجيدة لنسبة التغطية تمثل حجر الأساس للتنبؤ الجيد بالاستهلاك المائي وإنتاج الكتلة الحيوية. ثم اختُبر النموذج باستعمال بيانات موسمي 2004 و 2005 وكانت نتيجة التنبؤ بالاستهلاك المائي (ETc) دقيقة (نسبة الخطأ 13%)، أما عن إنتاجية محصول القطن فكانت بإنزياح قدره (10%) عن المقيسة، باستثناء المعاملتين 60، 80% في موسم 2004 حيث وصلت نسبة الخطأ إلى 32%. تمكن النموذج من التنبؤ بمنحى تغير المحتوى المائي للتربة في كامل القطاع بصورة جيدة، ولكن كان هناك انحراف بالنسبة لكل طبقة من طبقات التربة. أمنت هذه الدراسة تقديراً أولياً لمؤشرات محصول القطن في النموذج. ولا بد من التأكيد هنا أن معايرة النموذج تخضع لظروف الموقع؛ ولذلك لا بد من إعادة التحقق من المؤشرات الأساسية لمحصول القطن المتحصل عليها في هذه الدراسة عند استعمال النموذج في ظروف مختلفة (مناخ، تربة، صنف نباتي، طريقة الري وإدارة الحقل).

كما استعمل Garcia-Vila et al. (2009) النموذج AquaCrop لتحديد المعدل الأمثل لري محصول القطن في جنوب إسبانيا في إطار مجموعة بدائل للطابع المناخي والسياسات الزراعية. بينت نتائج معايرة وتقييم النموذج

باستعمال بيانات أربع تجارب أجريت في المنطقة أن النموذج تمكن من محاكاة استجابة الإنتاجية لمستويات الري بصورة جيدة. ثم استعمل النموذج لتحديد العلاقات بين الإنتاجية وكمية المياه المضافة في البدائل المقترحة؛ لتحديد معاملة الري الناقص المثلى. وبين التحليل الاقتصادي أن العوائد الاقتصادية العظمى حصلت عند معدلات ري بين 540 و 740 مم. وعلى كل فإن خفض معدل الري إلى 300-350 مم لم يخفض العوائد عن قيمتها العظمى ($<95\%$)، وهذا يشير إلى تأثير طفيف للري الناقص على العوائد الاقتصادية.

اختبر *Heng et al.* (2009) مؤشرات محصول الذرة المحددة سابقاً في دراسة (*Hsiao et al.* 2009)؛ لتقييم النموذج AquaCrop تقيماً إضافياً والتأكد من جودة أدائه بالنسبة لمحصول الذرة. استعملت بيانات ثلاث تجارب نفذت في بيئات مختلفة (تكساس، فلوريدا، سرقسطة). اتسمت بيئة تكساس بمعدلات تبخر - نتح مرتفعة جداً وسيادة الرياح، وأما في فلوريدا فهناك أمطار وتربة رملية، فيما يسيطر المناخ شبه الجاف في سرقسطة. تمكن النموذج من محاكاة الاستهلاك المائي المرتفع. وكانت نتائج محاكاة الكتلة الحيوية والإنتاجية ونسبة التغطية مقبولة في المعاملات التي لم تتعرض إلى إجهاد مائي وتلك التي تعرضت لإجهاد مائي متوسط، ولكنها لم تكن كذلك بالنسبة للمعاملات التي تعرضت لإجهاد مائي شديد.

أما في دراسة (*Geerts et al.* 2009) فقد عُور النموذج AquaCrop باستعمال بيانات تجارب حقلية لتحديد استجابة نبات الكينو (quinoa) لمستويات مختلفة من الري؛ من الزراعة البعلية إلى الري الكامل. وعُقدت المقارنات بين قيم المؤشرات المقيسة (محتوى التربة المائي، نسبة التغطية، إنتاج الكتلة الحيوية، والإنتاجية) وقيمها المتوقعة. ثم قُيّم النموذج باستعمال بيانات من مواقع مختلفة ولأصناف مختلفة، ومن حقول تجريبية أخرى ومن حقول المزارعين أيضاً. كما اختُبرت حساسية النموذج للمُعايير لمتغيرات الدخول الأساسية. نجح النموذج في محاكاة انخفاض دليل الحصاد لنبات الكينو نتيجة تعرضه للإجهاد المائي بصورة جيدة، وتمكن النموذج أيضاً من محاكاة عدم توقف نمو المجموع الخضري الملاحظ في الحقل. وكانت النتائج جيدة في محاكاة إنتاج الكتلة الحيوية والإنتاجية، حيث كانت قيم R^2 عند التقييم 0.87 و 0.83 وقيمة عامل الفعالية EF مساوية لـ 0.82 و 0.79 على التوالي.

قارن *Todorovic et al.* (2009) أداء النموذج AquaCrop مع أداء نموذجين أكثر تعقيداً هما CropSyst و WOFOST في محاكاة نمو نبات دوار الشمس عند مستويات ري مختلفة. تختلف النماذج الثلاثة المستعملة هنا عن بعضها في درجة تعقيد وصفها لتطور المحصول، وفي عدد المتغيرات الواجب إدخالها (المدخلات). اعتمد الماء محركاً أساسياً لوحدة النمو في النموذج AquaCrop، أما في النموذج Cropsyst فقد اعتمد الماء والإشعاع في وحدة النمو، واعتمد على الكربون وجزئياً على الإشعاع في النموذج WOFOST. جُمعت البيانات من التجارب الحقلية التي نفذت في جنوب إيطاليا في موسمي 2005 و 2007 وعُويرت النماذج باستعمال بيانات معاملة الري الكامل في موسم 2007، ثم قُيّمَت النماذج باستعمال بيانات معاملة الري الكامل في 2005 وبيانات معاملات الري الناقص والزراعة البعلية في كلا الموسمين. وبالرغم من قلة عدد مدخلات النموذج AquaCrop مقارنة مع النموذجين الآخرين إلا أنه أعطى نتائج محاكاة مماثلة في الدقة لهما بالنسبة لقيم إنتاج الكتلة الحية عند الحصاد والإنتاج الحبي. واستنتج الباحثون أن عدد المدخلات والقوة الدافعة لمحرك النمو في

النماذج المختلفة لم تؤثر بشكل كبير على دقة نتائج المحاكاة؛ مما يشجع على استعمال النماذج الأبسط عند محدودية البيانات المتوفرة ولأهداف الإدارة فقط.

رابعاً – المواد والطرائق Materials and Methods

1. موقع الدراسة:

أُجريت التجارب الحقلية في ثلاثة مواسم متتالية (2007 – 2009) في محطة دير الحبر التابعة لهيئة الطاقة الذرية، والتي تقع على مسافة 35 كم إلى الجنوب الشرقي من مدينة دمشق على خط عرض $33^{\circ} 21'$ وخط طول $36^{\circ} 28'$ وعلى ارتفاع 617 م عن سطح البحر. وهي منطقة لا يتجاوز المعدل السنوي للأمطار فيها 121

مم، ويبين الجدول (2) بعض البيانات المناخية لمنطقة الدراسة في مواسم النمو الثلاثة. أُخذت عينات ترابية من 9 مواقع من حقل التجربة حتى عمق 105 سم بفواصل 15 سم، وأُجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية المعتادة لكل موقع على حدة وحُسبت المتوسطات لكل عمق، يُظهر الجدول (3) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع. إنَّ ارتفاع قيمة CEC التي تم الحصول عليها ربما يعود إلى عدم التفريق الجيد لحبيبات التربة الناعمة؛ وذلك بسبب وجود مواد لاحمة. وتتصف تربة الموقع بأنها لومية طينية رملية، تبلغ قيمة متوسط الرطوبة عند السعة الحقلية 33.4% حجماً ومتوسط الرطوبة عند نقطة الذبول 14.3% حجماً، أما الكثافة الظاهرية فتتراوح من 1.11 إلى 1.21 غ سم⁻³ في الطبقة 0-60 سم.

الجدول (2) يبين المتوسطات الشهرية لأهم المؤشرات المناخية في منطقة الدراسة.

الشهر	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	T _{average} (°C)	RH (%)	الأمطار (مم)
2007					
نيسان	8.6	22.6	16.3	55.6	6.2
آيار	15.5	31.5	24	44.9	24.5
حزيران	17.2	36	27.4	43.9	-
تموز	19.8	37.4	29.4	49.4	-

-	53.8	27.3	36.9	19.2	آب
-	50.3	25.9	34.3	17.4	أيلول
-	63.3	21.5	27	12.9	تشرين الأول
2008					
-	51.3	20.6	28.4	11.6	نيسان
-	42.9	22.5	29.9	12.5	آيار
-	41.0	27.1	36.5	17.2	حزيران
-	45.6	28.7	37.9	19.4	تموز
-	49.6	29.4	38.3	20.4	آب
-	47.7	26	34.5	18.4	أيلول
6.7	61.0	20.7	27.9	13.8	تشرين الأول
2009					
-	53.9	17.7	25.1	9.7	نيسان
-	44.1	22.7	29.8	13.3	آيار
-	43.7	28.9	36.4	17.3	حزيران
-	47.9	28.6	37.2	19.8	تموز
-	51.3	27.6	37.1	19.3	آب
1.5	48.7	24.6	33.3	17.1	أيلول
6.3	61.9	22.3	30.4	14.3	تشرين الأول

Tmin: درجة الحرارة الصغرى، Tmax: درجة الحرارة العظمى،

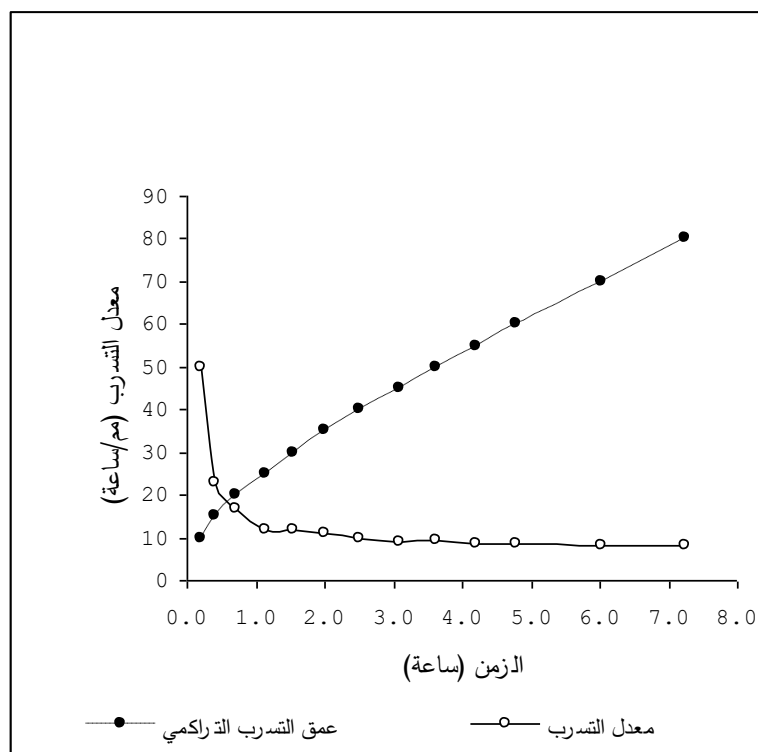
Taverage: المتوسط الشهري لدرجة الحرارة، RH: الرطوبة النسبية

الجدول (3) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع التجربة قبل الزراعة. دير الحجر.

العمق	pH	EC	الفوسفور	الأزوت	كربونات	المادة	CEC	التحليل الحبيبي	قوام
سم	1:2.5	dSm ⁻¹	ppm	%	الكلي	العضوية	ملييكافى/100 غ	للترية	الترية
				%	الكالسيوم	%		رمل	طين
15-0	7.8	0.4	8.1	0.07	17.1	0.55	22.9	54	25
30-15	7.9	0.43	4.7	0.07	16.7	0.51	23.4	53	26
45-30	7.9	0.38	3.7	0.05	14.2	0.51	24.8	52	28
60-45	8.0	0.42	2.1	0.05	13.4	0.24	26.8	51	30

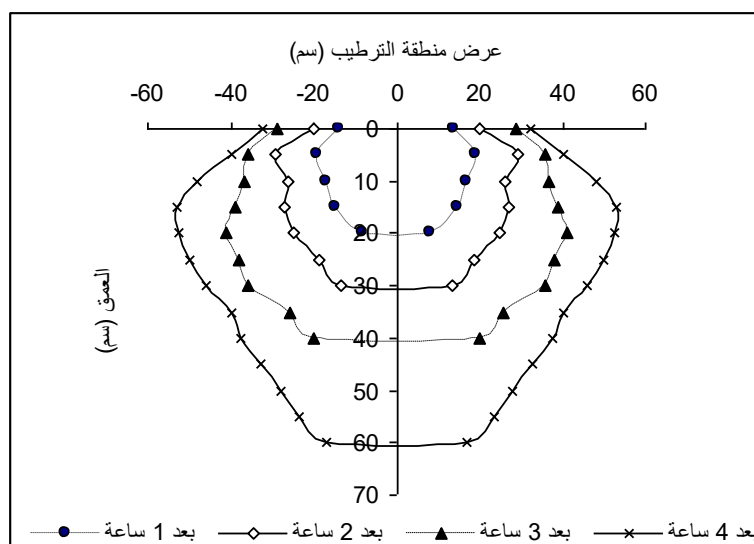
31	21	48	25.2	0.24	16.1	0.04	1.7	0.47	8.0	75-60
33	21	46	22.1	0.22	28.6	0.03	2.1	0.49	8.0	90-75
34	24	42	18.0	0.22	47.3	0.02	2.8	0.47	8.0	105-90

وقيس معدل التسرب لترية حقل التجربة قبل الزراعة باستعمال جهاز قياس معدل التسرب ذي الأسطوانتين (Double ring infiltrometer)، وبلغت قيمة معدل التسرب النهائي 8 مم/ساعة (الشكل 2).



الشكل (2) انخفاض معدل التسرب مع الزمن في تربة حقل التجربة (دير الحجر)، وكمية المياه المتسربة مع الزمن.

كما حُددت أبعاد منطقة الترطيب تحت النقطة ذات معدل التصريف 4 لتر/ساعة باستعمال طريقة الحفرة (Battam et al. 2000)، ويبين الشكل (3) تطور حجم منطقة الترطيب خلال 4 ساعات ري، وقد بلغ العرض الأعظم لمنطقة الترطيب حوالي 105 سم عند عمق 15 سم.



الشكل (3) مراقبة تطور منطقة الترطيب تحت النقطة ذات معدل التصريف 4 لتر/ساعة مع الزمن في موقع الدراسة (دير الحجر) باستعمال طريقة الحفرة (pit method).

2. الزراعة وعمليات الخدمة:

اعتمد صنف القطن حلب 1/33 في هذه الدراسة وفقاً لتوصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. حضرت الأرض للزراعة بإضافة الأسمدة وفقاً لتوصيات مؤتمر القطن الخامس والثلاثون (Cotton Bureau report, 2005) بمعدل 200 كغ هـ⁻¹ من السوبر فوسفات و150 كغ هـ⁻¹ من سلفات البوتاسيوم، وإجراء فلاحتين متعامدتين وتركيب شبكة الري وملحقاتها (حاقنة السماد) في أرض التجربة. زُرعت بذور القطن يدوياً على خطوط بمسافة قدرها 75 سم بين الخطوط و30 سم بين النباتات، واختُبرت نسبة الإنبات الحقلية بعد 10 أيام من الزراعة وأُجريت عملية الترقيع اللازمة. فُرِدَت النباتات بعد حوالي 25 يوماً من الزراعة وأُبقي على نباتين في كل جورة، كما أُجريت عمليات التعشيب والعزيق اللازمة. أُضيف السماد الأزوتي بمعدل واحد لكل المعاملات، مع مراعاة حذف كمية الأزوت الموجودة في التربة قبل الزراعة من معدل الإضافة المقرر (120 كغ هـ⁻¹ N). أُضيف السماد الأزوتي على شكل يوريا 46% حقناً مع مياه الري على ستة دفعات متساوية. وحُقنت الأسمدة الأزوتية المذابة في أنابيب الري باستعمال حاقنة تناسبية من النوع (Dosatron proportional injector) عبر أنابيب مطاطية مرنة، تمتاز بمساحة مقطع ثابتة وتدفعها ثابت عند ضغط تشغيل محدد (1 بار). حُصصت مساحة 1 م² لإضافة السماد الأزوتي الموسوم في كل قطعة تجريبية من القطع التابعة لثلاثة مكررات فقط، حيث أُضيف السماد الموسوم على شكل يوريا 46% وبنسبة إغناء (2% a.e) باستعمال مرش صغير، مع مراعاة الإضافة على خط الزراعة في معاملات الري العادي، وعلى الجانب المروي في معاملات الري المتناوب. كما حُقن 2 لتر من حمض الفوسفور التجاري (32%) في الأسبوع الأول من شهر آب لغسل الشبكة من الترسبات الكلسية. ويبين الجدول (4) نتائج تحليل عينات من مياه الري في المواسم الثلاثة.

الجدول (4) نتائج تحليل عينات ماء الري.

Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	EC	pH	
مليمكافئ/لتر					μS/cm				
4.1	1.9	0.07	2.7	3.6	-	3.4	1068	8.1	2007
3.3	1.9	0.04	2.5	4.0	-	3.8	1087	7.8	2008
3.9	1.8	0.06	2.9	3.8	-	3.1	1063	7.7	2009

3. الري:

رُوي الحقل بعد الزراعة مباشرة (ريّة الإنبات) ورُوي ثانيةً عند الترقيع، ثم رُوي المحصول في الريات اللاحقة بعد اكتمال الإنبات وفقاً لمحتوى التربة المائي المقيس في المعاملة الشاهد (CFI) باستعمال جهاز التشبت النيتروني. اعتمد العمق الفعّال لانتشار الجذور 30 سم حتى قمة الإزهار وبعد ذلك زيد إلى 60 سم (Janat 2004; Du *et al.* 2008). تضمنت الدراسة ثمانية معاملات ري (الشكل 4)، مكونة من عاملين هما نظام الري (عادي ومتناوب) ومستوى الري (100؛ 80؛ 65؛ 50% من كمية المياه المضافة للشاهد CFI). بالنسبة إلى نظام الري تم تركيب خمسة خطوط ري (خط ري لكل خط زراعة) في نظام الري العادي، بينما تم تركيب مجموعتين من الخطوط في نظام الري المتناوب؛ تتألف كل مجموعة من ثلاثة خطوط، حيث المسافة بين الخط والآخر 150 سم. وأجري تدخال بين مجموعتي الخطوط للحصول على ستة خطوط، المسافة بين الخط والآخر هي 75 سم، وتم تثبيت المجموعتين على رأس القطعة التجريبية؛ بحيث يتوضع خط الري في منتصف المسافة بين خطي الزراعة. لكل مجموعة من خطوط الري في نظام الري المتناوب سكر خاص بها، يؤمن ري أحد جانبي خط الزراعة في الريّة، وبُدل الجانب المروي في كل ريّة عندما كان العمق الفعّال للجذور 30 سم، بينما بُدل الجانب المروي كل ريتين بعد زيادة العمق الفعّال للجذور إلى 60 سم.

معاملات الري:

CFI	معاملة الري العادي المرويّة رياً كاملاً؛ المعاملة الشاهد.
DI80	معاملة الري الناقص العادي عند مستوى الري 80% من كمية المياه المضافة للشاهد.
DI65	معاملة الري الناقص العادي عند مستوى الري 65% من كمية المياه المضافة للشاهد.
DI50	معاملة الري الناقص العادي عند مستوى الري 50% من كمية المياه المضافة للشاهد.
AFI	معاملة الري المتناوب المرويّة رياً كاملاً.
PRD80	معاملة الري الجزئي المتناوب عند مستوى الري 80% من كمية المياه المضافة للشاهد.
PRD65	معاملة الري الجزئي المتناوب عند مستوى الري 65% من كمية المياه المضافة للشاهد.
PRD50	معاملة الري الجزئي المتناوب عند مستوى الري 50% من كمية المياه المضافة للشاهد.



الصورة (1) توضح كيفية تطبيق الري المتناوب في الحقل.



الصورة (2) توضح نتيجة تطبيق الري المتناوب في الحقل.

أما فيما يتعلق بمستوى الري فقد اعتمد على قياس المحتوى المائي باستعمال جهاز التشبت النيتروني في الشاهد (معاملة الري الكامل العادي CFI)، وعلى قياس نسبة التغطية النباتية في الخط الأوسط للزراعة في القطع التجريبية لهذه المعاملة. وأعطيت هذه المعاملة الاستهلاك المائي المحسوب كاملاً (مع مراعاة كفاءة نظام الري). أما بالنسبة لمعاملات الري الناقص العادي (DI50; DI65; DI80) فقد أعطيت نسبة 80، 65، 50% من المياه المضافة للشاهد على الترتيب. كما أعطيت معاملة الري الكامل المتناوب AFI ومعاملات الري الجزئي المتناوب (PRD50; PRD65; PRD80) نسبة 100، 80، 65، 50% من المياه المضافة للشاهد على الترتيب. حُسبت نسبة التغطية النباتية في القطع التجريبية للمعاملة CFI من بداية شهر حزيران عن طريق قياس عرض خط الزراعة في خمسة مناطق عشوائية على طول الخط الأوسط وقسمه الناتج على المسافة بين خطي الزراعة (75 سم). استعملت أنابيب الري ذات النقاطات الداخلية (من النوع GR) وكانت المسافة بين النقاطات 30 سم ومعدل تصريف النقطة 4 لتر/ساعة، وحُدثت كمية المياه المضافة بوساطة عداد مائي متصل مع بداية شبكة الري مع مراعاة تباين زمن الري للمعاملات المختلفة.

4. المؤشرات المدروسة:

4.1. مؤشرات الإنتاج ومكوناته، ومواصفات التيلة:

قُطف المحصول يدوياً على دفعتين، الدفعة الأولى عند تجاوز نسبة الجوزات المتفتحة إلى الجوزات المتشكلة على النباتات في المعاملة CFI 80%، والدفعة الثانية بعد قرابة 15 يوماً من القطفة الأولى. وقُدرت إنتاجية محصول القطن على أساس مجموع القطفتين. حُدثت نسبة التبكير على أنها النسبة المئوية لإنتاج القطفة الأولى إلى الإنتاج الكلي من القطن المحبوب. وحُسب دليل الحصاد بقسمة الإنتاجية الكلية لمحصول القطن على إنتاج المادة الجافة (إنتاج الكتلة الحية فوق سطح التربة). أخذت عند القطفة الأولى عينة عشوائية مؤلفة من عشرين جوزة ناضجة، جُمعت من أماكن متفرقة من النبات ومن كل قطعة تجريبية على حدة. وأُرسلت العينات إلى مختبر تحليل التيلة في إدارة بحوث القطن. وقد تضمن تقرير نتائج تحليل التيلة المؤشرات التالية: وزن الجوزة، وزن البذور، نسبة الحليج، الطول، نسبة التجانس، مؤشري المتانة (برسلي وستيلومتر)، الاستطالة، والنعومة (المايكرونير).

4.2. مؤشرات الاستهلاك المائي:

حُسب الاستهلاك المائي الموسمي ولكل طور من الأطوار الفينولوجية المميزة لمحصول القطن باستعمال معادلة الموازنة المائية وفقاً لـ (Kang et al. 2000):

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

حيث I كمية الماء المضافة (مم)، P كمية الأمطار خلال موسم النمو (مم)، DSW تمثل الفرق بين المحتوى المائي النهائي والمحتوى المائي الابتدائي (مم)، Dp الرشح العميق (مم)، Ro الجريان السطحي (مم). ونظراً للفعالية العالية لنظام الري (92-95%) اعتُبر الجريان السطحي معدوماً. كما بينت قياسات المحتوى المائي أن الرشح العميق كان مهماً.

وَحُسِبَت فَعَالِيَةُ اسْتِعْمَالِ الْمَاءِ (WUE) وَفَعَالِيَةُ اسْتِعْمَالِ مِيَاهِ الرِّيِّ (IWUE) بِالْمَعَادِلَاتِ التَّالِيَةِ وَفَقاً لـ (Kang *et al.* 2000):

$$WUE = Y/ET_c$$

$$IWUE = Y/I$$

حيث Y إنتاجية محصول القطن (كغ هـ⁻¹)، ETc الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن (م³)، I كمية المياه المضافة (م³).

4.3. المؤشرات الفيزيولوجية:

أُخذت عدة دفعات من العينات الورقية في مواسم النمو المختلفة بحيث تغطي أطوار نمو المحصول من نهاية مرحلة تشكل البراعم الزهرية وحتى مرحلة تفتح الجوزات والنضج. تتكون العينة من خمسة أوراق مأخوذة عشوائياً من نباتات الخط الأوسط في القطع التجريبية. تتصف الورقة المأخوذة في العينة بأنها ممثلة لحالة الأوراق على معظم النباتات في القطعة التجريبية، منبسطة (منفردة) بشكل كامل، وبأنها سليمة وكاملة، وهي الورقة الخامسة اعتباراً من قمة النبات (Burke 2007). استُعملت قراءات جهاز الـ SPAD (Model SPAD-502, Minolta Camera Crop) على هذه الأوراق قبل أخذها مباشرة كمؤشر على محتواها من اليخضور؛ حيث تُعبر قراءات الـ SPAD عن كثافة الضوء النافذ عبر الورقة بأطوال موجة 650-940 نانومتر. بينما قيسَت المساحة الورقية للأوراق مباشرة بعد أخذها باستعمال جهاز قياس المساحة الورقية (Area Meter AM100, ADC Bioscientific LTD). وبعد ذلك جُففت هذه العينات في المجفف على درجة حرارة 70 م° لمدة 48 ساعة على الأقل ثم طُحنت لتقدير محتواها من الآزوت الكلي.

4.4. مؤشرات النمو الخضري:

قيس ارتفاع عشرة نباتات في الخط الأوسط في كل القطع التجريبية وذلك مرة إلى مرتين شهرياً خلال موسم النمو. أما المساحة الورقية فقيست لعينات الورقة الخامسة كما أُشير سابقاً. حُدثت النسبة المئوية للتغطية النباتية ((Canopy cover percentage (CC %)) في مراحل النمو المختلفة لمحصول القطن بالمعادلة التالية (Ertek and Kanber 2003):

$$CC\% = \frac{a}{b} \times 100$$

حيث a هو قطر المجموع الخضري للنبات (سم)، و b هي المسافة بين خطوط الزراعة (سم).

4.5. تقدير الآزوت والكربون:

جُمعت عينات النبات الكامل من جميع القطع التجريبية الموسومة بالآزوت-15 عند مرحلة النضج الفيزيولوجي (الثالث الأخير من شهر آب)، وفُصلت إلى مكوناتها الأساسية مباشرة (أفرع، أوراق، وأجزاء ثمرية) لإجراء التحاليل اللازمة لكل جزء على حدة. وجففت العينات النباتية بدرجة حرارة 70 °C ولمدة 72 ساعة، ثم وزنت وطحنت للحصول على بودرة ناعمة. جرى تحديد تراكيز الأزوت الكلي والكربون الكلي إضافة إلى قيم $\delta^{15}\text{N}$ و

$\delta^{13}\text{C}$ في عينات أوزانها بحدود 7 مغ مادة جافة لتحليل الآزوت و 2 مغ مادة جافة لتحليل الكربون، وذلك باستعمال جهاز مطياف الكتلة ذو التدفق المتتابع (Integra-CN, PDZ Europea Scientific Instrument, UK).

عين التركيب النظيري للكربون باستعمال الوحدة δ (جزء بالألف) وفق المعادلة التالية:

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$$

R: نسبة $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

حُدِدت نسبة $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ اعتماداً على قيمة معيارية هي قيمة $\delta^{15}\text{N}$ الهواء، أمّا نسبة $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ في العينات النباتية فقد حُدِدت اعتماداً على القيمة القياسية *PDB.

*"حُدِدت قيمة هذا المعيار عالمياً في غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 المتشكل من تفاعل كربونات الكالسيوم لمستحاثة Belmtella Americana مع حمض الفسفور المركز. وجدير بالذكر أن هذه المستحاثة وجدت في طبقة رسوبية بحرية "تسمى Peedee belmintة" وتعود إلى العصر الكريتاسي وذلك في جنوب ولاية كارولينا من الولايات المتحدة الأمريكية".

وعلى الرغم من أن δ تعطي معلومات كافية حول تركيز $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ في الأنسجة النباتية، فقد جرت العادة استعمال قيمة التمييز النظيري للكربون (Δ) بتوظيف المعادلة التالية (Farquhar et al., 1982):

$$\Delta = (\delta^{13}\text{C}_{\text{air}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{sample}}) / (1 - \delta^{13}\text{C}_{\text{sample}}/1000)$$

حيث أن: $\delta^{13}\text{C}_{\text{air}}$ هي قيمة $\delta^{13}\text{C}$ في الهواء وتساوي (-8‰)، $\delta^{13}\text{C}_{\text{sample}}$ هي قيمة $\delta^{13}\text{C}$ المقاسة في العينة النباتية.

حُسبت القيمة النظرية $\delta^{13}\text{C} \text{‰}$ في كامل النبات اعتماداً على كل من قيمة $\delta^{13}\text{C} \text{‰}$ في الأوراق L وفي الأفرع S وفي الأجزاء الثمرية R وكمية الكربون الكلي C في كل منها وفق المعادلة التالية:

$$\text{Whole-plant } \delta^{13}\text{C} \text{‰} = [(L \delta^{13}\text{C} \times \text{LC}) + (S \delta^{13}\text{C} \times \text{SC}) + (R \delta^{13}\text{C} \times \text{RC})] / (\text{LC} + \text{SC} + \text{RC})$$

حُسبت نسبة الآزوت الممتص من السماد (Ndff) من المعادلة التالية:

$$\text{Ndff} \text{‰} = (\text{‰}^{15}\text{N} \text{ فوق السوية الطبيعية في العينة النباتية} / \text{‰}^{15}\text{N} \text{ فوق السوية الطبيعية في السماد}) \times 100$$

وحُسبت نسبة الآزوت الممتص من التربة (Ndfs) من المعادلة التالية:

$$\text{Ndfs} \text{‰} = \text{Ndff} \text{‰} - 100$$

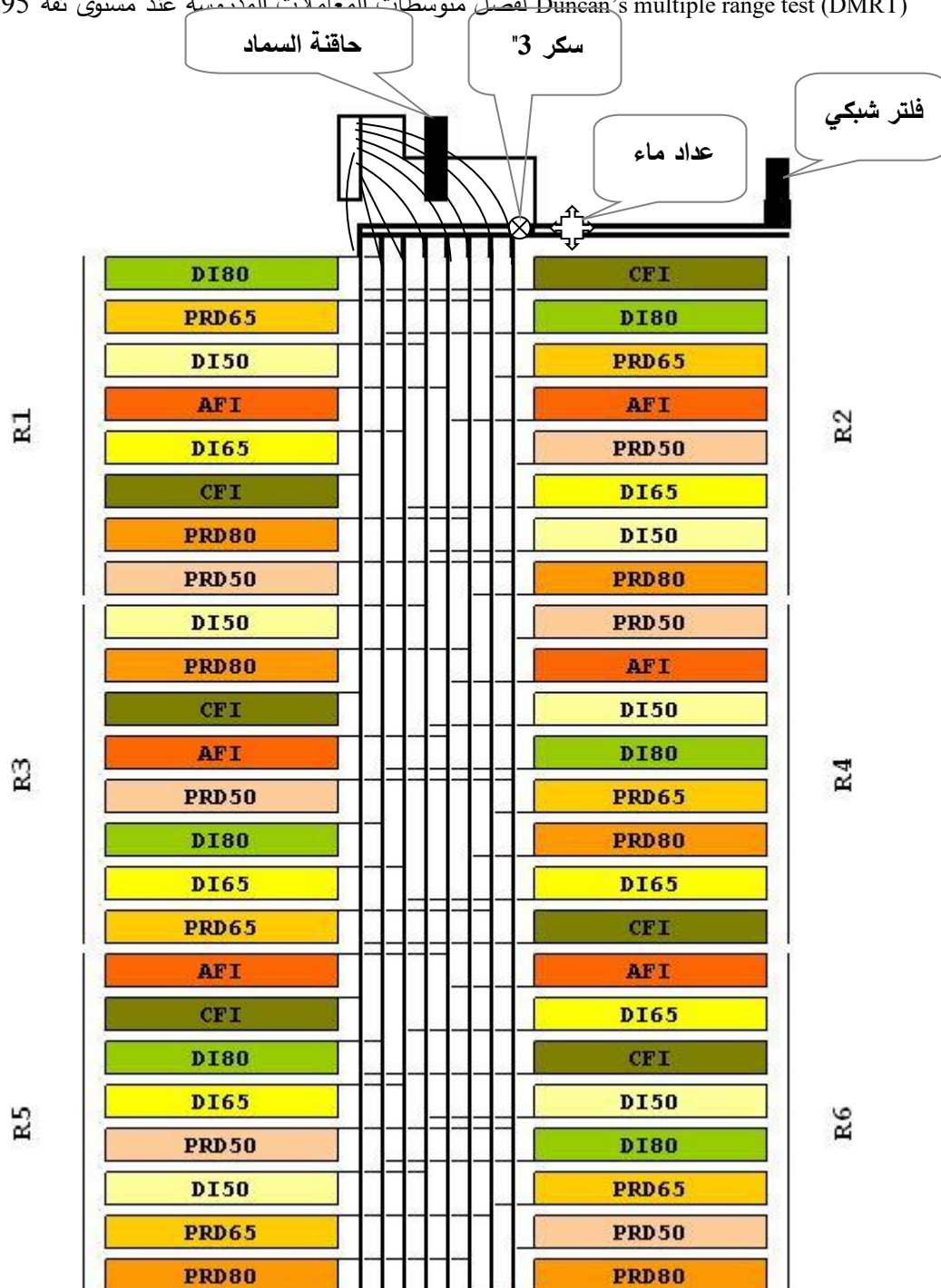
وقُدرت فعالية استعمال السماد الآزوتي بالمعادلة التالية:

$$\text{NUE} \text{‰} = (\text{كمية Ndff} / \text{معدل السماد المضاف}) \times 100$$

5. تصميم التجربة وتحليل النتائج:

نُفذت التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بستة مكررات وثمانية معاملات ري (الشكل 4)، فبلغ عدد القطع التجريبية 48 قطعة تجريبية بمساحة قدرها 75 م^2 ($3.75 \times 20 \text{ م}$) لكل قطعة تجريبية. تُركت مسافة 2 م بين القطع المتجاورة؛ لضمان عدم حدوث تداخل بين معاملات الري المختلفة نتيجة الحركة الجانبية للماء. حُلّت بيانات المؤشرات المدروسة إحصائياً باستعمال الإصدار 11.5 من البرنامج الإحصائي SPSS؛ حيث

خضعت إلى اختبار تحليل التباين ANOVA لتبيان معنوية الفروق، واستُخدم اختبار دنكن ذي المدى المتعدد Duncan's multiple range test (DMRT) لفصل متوسطات المعاملات المدخسة عند مستوى ثقة 95%.

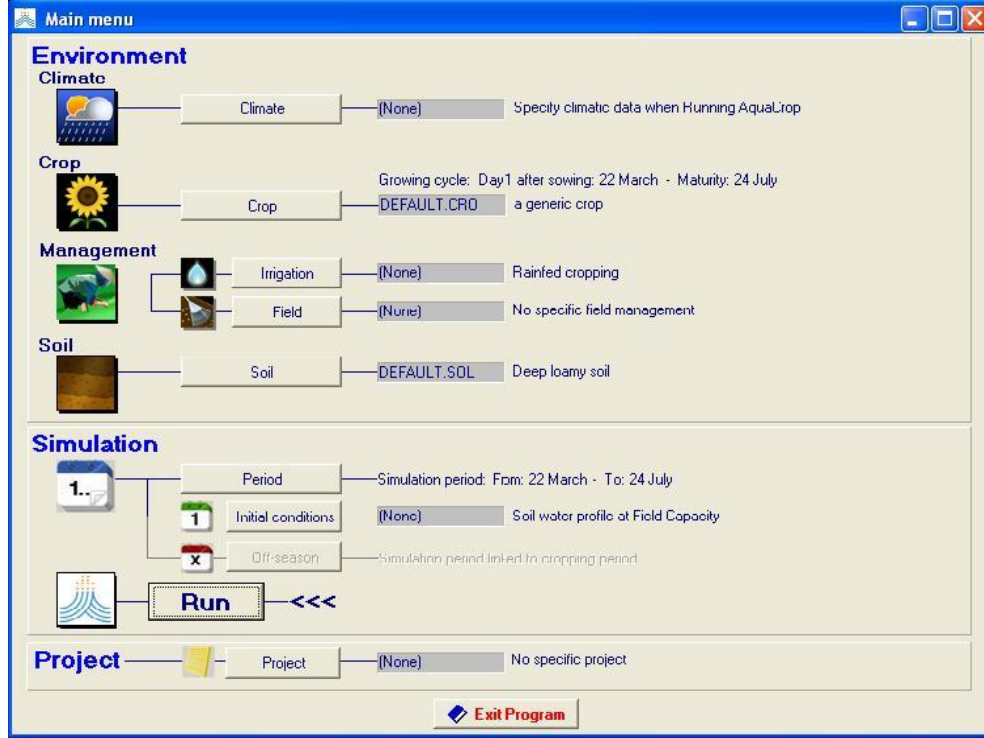


الشكل (4) مخطط التجربة - دير الحجر.

6. استعمال النموذج AquaCrop:

1. وصف النموذج:

أطلقت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) الإصدار الجديد (3.1) من النموذج AquaCrop في شهر كانون الثاني لعام 2010 (Raes et al. 2010). يمتاز النموذج بواجهة مستخدم لطيفة؛ مجموعة من النوافذ، تُستعمل القوائم المنسدلة للتنقل بينها (Raes et al. 2009). يمتاز النموذج AquaCrop بأنه ذو طابع تطبيقي؛ عبر محافظته على التوازن الصعب بين البساطة وقلة عدد المتغيرات الواجب إدخالها إلى النموذج من جهة، وبين رصانة البناء ودقة نتائج المحاكاة مقارنة مع القيم المقيسة من جهة أخرى (Raes et al. 2009, Steduto et al. 2009).



الصورة (3) تبين واجهة المستخدم في النموذج AquaCrop.

يُمثل الماء القوة الدافعة لمحرك النمو في AquaCrop حيث تُحول كمية النتج اليومية إلى الإنتاج اليومي من المادة الجافة باستعمال التبخر-نتج المرجعي reference evapotranspiration (ET_o) المحسوب وفقاً لمعادلة بنمان-مونتيث والإنتاجية المائية للمحصول (crop water productivity). يُحاكي النموذج تأثير الإجهاد المائي في المحصول عبر تحديد قيم حرجة للمحتوى المائي للتربة في منطقة انتشار الجذور؛ تتحكم في تراجع معدل النمو الخصري وانغلاق المسامات وتسريع توقف النمو (Steduto et al. 2009).

2. معايرة النموذج وتقييمه:

تعني المعايرة توليف أو تغيير قيم متغيرات دخل النموذج الممكن تغييرها ضمن مجال معين من أجل الحصول على توافق جيد بين القيم المقيسة والقيم المتوقعة لبعض المؤشرات الرئيسة وذلك في ظروف موقع الدراسة. حدد Farahani *et al.* (2009) قيم المؤشرات الخاصة بمحصول القطن (الصنف حلب 118) لاختبار أداء النموذج في محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن في المنطقة شبه الجافة بشمال سورية. تتبع معايرة النموذج للموقع، وللصنف النباتي بدرجة أقل، لذلك لابد من معايرة النموذج في منطقة الدراسة الحالية وللصنف حلب 1/33. عُوبر النموذج باستعمال البيانات المناخية والبيانات اللازمة من معاملات الري العادي فقط لموسم 2007، حيث عُوبر في البداية من أجل المعاملة CFI ومن ثم عُوبر من أجل المعاملة DI50 وهكذا حتى الوصول إلى محاكاة جيدة للمؤشرات الرئيسة في معاملات الري الأربعة (DI50، DI65، DI80، CFI). لقد كان ضرورياً إدخال بيانات من معاملات الري الناقص في المعايرة لتحسين أداء النموذج في محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن. تمثل الهدف الأول للمعايرة بالوصول إلى توافق جيد بين القيم المقيسة والقيم المتوقعة لنسبة التغطية النباتية في معاملات الري المختلفة، وبعد ذلك التحقق من جودة أداء النموذج بالنسبة لمؤشرات الاستهلاك المائي، إنتاج المادة الجافة وإنتاجية القطن. حُددت القيم التالية لمتغيرات الدخل الأساسية لمحصول القطن من خلال القياسات والملاحظات الحقلية:

- المدة من الزراعة إلى الإنبات 7 أيام، وإلى الإزهار 65 يوماً.
 - استمرت فترة الإزهار 40 يوماً
 - المدة اللازمة للوصول إلى نسبة التغطية العظمى ($CC_x = 98\%$) 113 يوماً، ولتوقف النمو الخضري 123 يوماً، وللنضج 169، 161، 151، 149 يوماً للمعاملات CFI، DI80، DI65، DI50 على الترتيب.
 - كانت نسبة السطح المبتل حوالي 30% في المعاملتين DI65 و DI50، و 40% في المعاملتين CFI و DI80.
 - قيمة معامل المحصول في منتصف موسم النمو ($KC_{top} = 1.10$).
- كما تم افتراض العمق الأعظمي للجذور 1.3 م في اليوم 113 من الزراعة وفقاً لـ (Farahani *et al.* 2009). ونظراً لعدم توفر القياسات الفعلية لبعض المتغيرات لذلك استعملت القيم الافتراضية لها، والمتوفرة في قاعدة بيانات النموذج، وأعطيت القيم التالية:
- نسبة التغطية للبادرة 7.0 سم².
 - عمق التربة الذي يساهم في الإنبات 0.15 م.
 - معامل الشكل لتعمق المجموع الجذري في التربة 1.2.
- ومن أهم متغيرات المحصول في النموذج AquaCrop هي الإنتاجية المائية (WP*) والتي يُفترض أن تكون ثابتة من أجل محصول معين (Steduto *et al.* 2009). وقد وُجد حديثاً أن قيمة WP* تتراوح بين 15-20 غ/م² في النباتات ذات مسار تثبيت الكربون من النمط C3 مثل القطن، وبين 30-35 غ/م² من أجل الأنواع النباتية ذات المسار C4 لتثبيت غاز CO₂ مثل الذرة العلفية (Raes *et al.* 2010). وقد غُيرت قيمة WP* حتى اعتمدت القيمة

15.8 غ/م² لها؛ ترافقت مع نتائج محاكاة جيدة لمعاملات الري المختلفة في موسم 2007. وأدخلت البيانات في الملفات المختلفة (المناخ، المحصول، الري، التربة، والمحتوى المائي الابتدائي للتربة) وفقاً لإعدادات النموذج (Raes et al. 2009, 2010).

كما قُيِّم النموذج بمقارنة النتائج المقيسة لمجموعة من المؤشرات (الإنتاجية، إنتاج المادة الجافة، الاستهلاك المائي، دليل الحصاد وتغيرات المحتوى المائي للتربة) في موسمي 2008 و 2009 مع قيمها المتوقعة باستعمال النموذج. يتطلب الإصدار (3.1) للنموذج AquaCrop قيم المتوسطات اليومية لعدد من المؤشرات المناخية، وقد جُمعت البيانات المناخية اللازمة من محطة مناخية قريبة من الحقل، وهي درجات الحرارة العظمى والصغرى، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، السطوع الشمسي والهطولات المطرية.

6.3. تحليل بيانات المحاكاة:

اعتمدت قيمة الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) root mean squared error وقيمة دليل التوافق index of agreement (d)؛ لمقارنة نتائج المحاكاة مع النتائج المقيسة، والوقوف على مدى دقة النموذج.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Si - Oi)^2}$$

حيث Si و Oi هما القيمة المتوقعة والقيمة المقيسة للمؤشر المدروس، و n عدد القياسات. ويتحسن أداء النموذج كلما اقتربت قيمة RMSE من الصفر.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Si - Oi)^2}{\sum_{i=1}^n (|Si - \bar{O}| + |Oi - \bar{O}|)^2} \quad (\text{Willmott 1982})$$

حيث $\bar{O}$ متوسط القيم المقيسة، ويتحسن أداء النموذج كلما اقتربت قيمة d من الواحد.

كما حُسبت نسبة الانحراف (deviation %) للقيم المتوقعة عن القيم المقيسة بالمعادلة التالية:

$$deviation\% = \frac{(Oi - Si)}{Oi} \times 100$$

1. الاحتياجات المائية وتوزعها:

تبين الجداول (5، 6، 7) الكميات الكلية لمياه الري المضافة فعلياً لمحصول القطن المروي بالتقريط، ومواعيد إضافتها في مواسم النمو الثلاثة. بلغ عدد الريات الكلية في كلا نظامي الري 34، 33 و 27 رية في مواسم 2007، 2008 و 2009 على الترتيب. وأعطيت الرية الأولى بعد الزراعة مباشرة، كما أُعطيت النسب المقترحة (80، 65، 50%) إلى معاملات الري الناقص اعتباراً من الرية الثالثة بعد إعطاء ريتي الإنبات والترقيع. نُفذ تناوب الريات بتواتر كل رية اعتباراً من أول رية في شهر حزيران في موسمي 2007 و 2008 وتأخر إلى الرية الثانية في شهر حزيران في موسم 2009، وغيّر تواتر التناوب إلى كل ريتين عند زيادة عمق المجموع الجذري الفعّال إلى 0.60 م. تراوحت كمية المياه الري المضافة بين 405، 411، 439 مم لمستوى الري 50% و 753، 792، 815 مم لمستوى الري 100% في مواسم النمو الثلاثة على التوالي.

تبين الجداول (8، 9، 10) الاستهلاك المائي الكلي (م³/هـ) موزعاً وفقاً للأطوار الفينولوجية المميزة، إضافة إلى عدد الريات وفترة كل طور لمحصول القطن المروي بنظام الري العادي. تراوحت قيم الاستهلاك المائي لمعاملات الري العادي بين 463، 466، 425 مم في المعاملة DI50 إلى 762، 797، 758 مم في المعاملة CFI في مواسم النمو الثلاثة على التوالي. ومن الملاحظ زيادة الاستهلاك المائي مع تطور المحصول؛ حيث سجل الاستهلاك المائي الأعظمي في طور الإزهار وتشكل الجوزات، ثم عاد لينخفض في طور النضج ومع اقتراب موعد القطاف.

تبين الجداول (11، 12، 13) الاستهلاك المائي الكلي (م³/هـ) موزعاً وفقاً للأطوار الفينولوجية المميزة إضافة إلى عدد الريات وفترة كل طور لمحصول القطن المروي بنظام الري المتناوب. حيث تراوحت قيم الاستهلاك المائي في معاملات الري المتناوب بين 458، 452، 433 مم في المعاملة PRD50 إلى 758، 795، 757 مم في المعاملة AFI في مواسم النمو الثلاثة على الترتيب. ويلاحظ هنا أيضاً زيادة الاستهلاك المائي مع تطور المحصول؛ حيث سجل الاستهلاك المائي الأعظمي في طور الإزهار وتشكل الجوزات، ثم عاد لينخفض في طور النضج مع اقتراب موعد القطاف.

الجدول (5) يبين مواعيد الريات وكمية الماء المضافة في الرية ومواعيد إضافة السماد الأزوتي (مظللة بالرمادي) في نظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2007.

كمية المياه المضافة (مم)								
معاملات الري المتناوب				معاملات الري العادي				التاريخ
PRD50	PRD65	PRD80	AFI	DI50	DI65	DI80	CFI	
30	30	30	30	30	30	30	30	07/4/23
28	28	28	28	28	28	28	28	07/5/7
8	10	13	16	8	10	13	16	07/5/23
6	8	10	13	6	8	10	13	07/5/31
6	7	9	11	6	7	9	11	07/6/4
3	4	5	6	3	4	5	6	07/6/7
6	7	9	11	6	7	9	11	07/6/11
3	5	6	7	3	5	6	7	07/6/14
6	7	9	11	6	7	9	11	07/6/18
3	4	5	6	3	4	5	6	07/6/21
4	5	6	8	4	5	6	8	07/6/25
3	5	6	7	3	5	6	7	07/6/28
11	14	17	21	11	14	17	21	07/7/2
7	10	12	15	7	10	12	15	07/7/5
13	17	21	26	13	17	21	26	07/7/9
10	13	16	20	10	13	16	20	07/7/12
27	35	43	54	27	35	43	54	07/7/16
7	10	12	15	7	10	12	15	07/7/19
19	24	30	37	19	24	30	37	07/7/23
7	8	10	13	7	8	10	13	07/7/26
20	26	32	40	20	26	32	40	07/7/30
5	7	8	10	5	7	8	10	07/8/2
24	31	38	47	24	31	38	47	07/8/6
4	6	7	9	4	6	7	9	07/8/9
24	31	38	47	24	31	38	47	07/8/13
7	8	10	13	7	8	10	13	07/8/16
19	25	31	39	19	25	31	39	07/8/20
7	9	11	14	7	9	11	14	07/8/23
15	19	23	29	15	19	23	29	07/8/27
10	13	16	20	10	13	16	20	07/8/30
23	30	37	46	23	30	37	46	07/9/3
11	14	17	21	11	14	17	21	07/9/6
21	28	34	43	21	28	34	43	07/9/10
10	13	16	20	10	13	16	20	07/9/13
405	509	614	753	405	509	614	753	المجموع

الجدول (6) يبين مواعيد الريات وكمية الماء المضافة في الريّة ومواعيد إضافة السماد الآزوتي (مظلة بالرمادي) في نظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2008.

كمية المياه المضافة (مم)								التاريخ
معاملات الري المتناوب				معاملات الري العادي				
PRD50	PRD65	PRD80	AFI	DI50	DI65	DI80	CFI	
19	19	19	19	19	19	19	19	08/4/14
11	11	11	11	11	11	11	11	08/4/28
15	20	24	30	15	20	24	30	08/5/15
4	5	6	8	4	5	6	8	08/5/19
15	20	24	30	15	20	24	30	08/5/26
16	20	25	31	16	20	25	31	08/6/5
5	6	7	9	5	6	7	9	08/6/9
3	4	5	6	3	4	5	6	08/6/12
6	7	9	11	6	7	9	11	08/6/16
4	5	6	7	4	5	6	7	08/6/19
5	6	7	9	5	6	7	9	08/6/23
4	5	6	7	4	5	6	7	08/6/26
11	14	17	21	11	14	17	21	08/6/30
8	10	13	16	8	10	13	16	08/7/3
12	16	19	24	12	16	19	24	08/7/7
10	12	15	19	10	12	15	19	08/7/10
41	53	66	82	41	53	66	82	08/7/14
9	12	14	18	9	12	14	18	08/7/17
20	26	32	40	20	26	32	40	08/7/21
6	8	10	12	6	8	10	12	08/7/24
22	28	34	43	22	28	34	43	08/7/28
5	7	8	10	5	7	8	10	08/7/31
23	29	36	45	23	29	36	45	08/8/4
5	6	7	9	5	6	7	9	08/8/7
25	32	39	49	25	32	39	49	08/8/11
7	8	10	13	7	8	10	13	08/8/14
22	29	35	44	22	29	35	44	08/8/18
10	12	15	19	10	12	15	19	08/8/21
15	20	24	30	15	20	24	30	08/8/25
10	12	15	19	10	12	15	19	08/8/28
14	16	22	28	14	16	22	28	08/9/1
20	26	32	40	20	26	32	40	08/9/8
16	21	26	33	16	21	26	33	08/9/15
411	525	640	792	411	525	640	792	المجموع

الجدول (7) يبين مواعيد الريات وكمية الماء المضافة في الريه ومواعيد إضافة السماد الآزوتي (مظلة بالرمادي) في نظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2009.

كمية المياه المضافة (مم)								التاريخ
معاملات الري المتناوب				معاملات الري العادي				
PRD50	PRD65	PRD80	AFI	DI50	DI65	DI80	CFI	
32	32	32	32	32	32	32	32	09/4/16
30	30	30	30	30	30	30	30	09/4/26
25	33	40	50	25	33	40	50	09/5/11
42	55	67	84	42	55	67	84	09/6/11
5	6	7	9	5	6	7	9	09/6/15
3	4	5	6	3	4	5	6	09/6/18
6	7	9	11	6	7	9	11	09/6/22
3	5	6	7	3	5	6	7	09/6/25
7	9	11	14	7	9	11	14	09/6/29
10	13	16	20	10	13	16	20	09/7/6
7	8	10	13	7	8	10	13	09/7/9
10	13	16	20	10	13	16	20	09/7/13
11	14	18	22	11	14	18	22	09/7/16
41	53	66	82	41	53	66	82	09/7/20
12	16	19	24	12	16	19	24	09/7/23
20	26	32	40	20	26	32	40	09/7/27
15	20	24	30	15	20	24	30	09/7/30
21	27	34	42	21	27	34	42	09/8/3
14	18	22	28	14	18	22	28	09/8/6
17	22	27	34	17	22	27	34	09/8/10
14	18	22	28	14	18	22	28	09/8/13
20	26	32	40	20	26	32	40	09/8/17
10	13	16	20	10	13	16	20	09/8/20
17	22	27	34	17	22	27	34	09/8/24
23	30	37	46	23	30	37	46	09/8/31
20	25	31	39	20	25	31	39	09/9/7
5	7	8	10	5	7	8	10	09/9/14
439	551	664	815	439	551	664	815	المجموع

الجدول (8) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2007.

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
CFI					
					موعد الزراعة 2007-04-23
7620	220	4690	1510	1200	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	62	20	16	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
169	21	67	31	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	10.5	70.0	48.7	24.0	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.0	7.0	4.9	2.4	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	287	134	164	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
34	-	18	9	7	عدد الريات
DI80					
6520	260	3900	1240	1120	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	4	60	19	17	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
161	18	62	31	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	14.4	62.9	40.0	22.4	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.4	6.3	4.0	2.2	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	160	234	108	147	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
34	1	17	9	7	عدد الريات
DI65					
5560	440	3080	980	1060	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	8	55	18	19	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
151	16	57	28	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	27.5	54.0	35.0	21.2	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.8	5.4	3.5	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	180	184	83	134	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
34	3	16	8	7	عدد الريات
DI50					
4630	380	2390	830	1030	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	8	52	18	22	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
149	14	57	28	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	27.1	41.9	29.6	20.6	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.7	4.2	3.0	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	140	142	61	124	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
34	3	16	8	7	عدد الريات

الجدول (9) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2008.

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
CFI					
					موعد الزراعة 2008-04-13
7970	220	4930	1450	1370	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	62	18	17	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
175	20	67	35	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	11.0	73.6	41.4	25.8	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.1	7.4	4.1	2.6	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	314	129	215	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
33	-	17	10	6	عدد الريات
DI80					
6710	560	3810	1120	1220	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	8	57	17	18	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
162	17	59	33	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	32.9	64.6	33.9	23.0	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	3.3	6.5	3.4	2.3	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	290	239	100	182	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
33	2	16	9	6	عدد الريات
DI65					
5760	610	3160	860	1130	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	10.6	54.9	14.9	19.6	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
153	15	55	30	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	40.7	57.5	28.7	21.3	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	4.1	5.7	2.9	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	210	194	71	158	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
33	3	16	8	6	عدد الريات
DI50					
4660	610	2435	585	1030	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	13	52	13	22	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
150	14	53	30	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	43.6	45.9	19.5	19.4	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	4.4	4.6	2.0	1.9	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	150	152	54	133	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
33	4	15	8	6	عدد الريات

الجدول (10) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط العادي عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2009.

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
CFI					
					موعد الزراعة 2009-04-16
7580	200	4650	1190	1540	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	61	16	20	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
170	18	63	32	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	11.1	73.8	37.2	27.0	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.1	7.4	3.7	2.7	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	346	125	490	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	-	15	8	4	عدد الريات
DI80					
6280	190	3990	750	1350	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	64	12	21	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
161	16	58	30	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	11.9	68.8	25.0	23.7	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.2	6.9	2.5	2.4	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	80	282	91	423	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	1	15	7	4	عدد الريات
DI65					
5260	360	3080	610	1210	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	6.8	58.6	11.6	23	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
151	13	53	28	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	27.7	58.1	21.8	21.2	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.8	5.8	2.2	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	160	227	74	375	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	2	14	7	4	عدد الريات
DI50					
4250	500	2190	480	1080	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	12	52	11	25	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
149	12	52	28	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	41.7	42.1	17.1	18.9	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	4.2	4.2	1.7	1.9	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	157	171	59	323	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	3	13	7	4	عدد الريات

الجدول (11) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2007.

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
AFI					
موعد الزراعة 2007-04-23					
7580	220	4730	1450	1180	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	62	19	16	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
169	21	67	31	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	10.5	70.6	46.8	23.6	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.0	7.1	4.7	2.4	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	287	134	164	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
34	-	18	9	7	عدد الريات
PRD80					
6380	255	3850	1165	1110	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	4	60.3	18.3	17.4	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
161	18	62	31	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	14.2	62.1	37.6	22.2	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.4	6.2	3.8	2.2	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	160	234	108	147	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
34	1	17	9	7	عدد الريات
PRD65					
5520	400	3165	910	1045	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	7.3	57.3	16.5	18.9	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
151	16	57	28	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	25.0	55.5	32.5	20.9	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.5	5.6	3.3	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	180	184	83	134	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
34	3	16	8	7	عدد الريات
PRD50					
4580	360	2410	780	1030	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	8	53	17	22	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
149	14	57	28	50	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	25.7	42.3	27.9	20.6	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.6	4.2	2.8	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	140	142	61	124	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
34	3	16	8	7	عدد الريات

الجدول (12) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتنقيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2008.

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
AFI					
					موعد الزراعة 2008-04-13
7950	220	4965	1410	1355	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	62	18	17	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
175	20	67	35	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	11.0	74.1	40.3	25.6	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.1	7.4	4.0	2.6	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	314	129	215	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
33	-	17	10	6	عدد الريات
PRD80					
6680	510	3895	1070	1205	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	8	58	16	18	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
162	17	59	33	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	30.0	66.0	32.4	22.7	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	3.0	6.6	3.2	2.3	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	290	239	100	182	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
33	2	16	9	6	عدد الريات
PRD65					
5600	515	3190	795	1100	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	9	57	14	20	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
153	15	55	30	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	34.3	58.0	26.5	20.8	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	3.4	5.8	2.7	2.1	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	210	194	71	158	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
33	3	16	8	6	عدد الريات
PRD50					
4520	580	2420	510	1010	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	13	54	11	22	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي
150	14	53	30	53	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	41.4	45.7	17.0	19.1	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	4.1	4.6	1.7	1.9	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	150	152	54	133	المعدل الوسطي للرية (م ³ /هـ)
33	4	15	8	6	عدد الريات

الجدول (13) الإحتياجات المائية وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بطريقة الري بالتقسيط المتناوب عند مستويات الري المختلفة، دير الحجر 2009.

الأطوار الفينولوجية					المؤشرات
المجموع	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
AFI					
					موعد الزراعة 2009-04-16
7570	200	4845	1125	1400	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	3	64	15	18	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
170	18	63	32	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	11.1	76.9	35.2	24.6	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	1.1	7.7	3.5	2.5	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	-	346	125	490	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	-	15	8	4	عدد الريات
PRD80					
6170	145	4055	675	1295	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	2	66	11	21	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
161	16	58	30	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	9.1	69.9	22.5	22.7	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	0.9	7.0	2.3	2.3	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	80	282	91	423	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	1	15	7	4	عدد الريات
PRD65					
5260	360	3170	580	1150	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	7	60	11	22	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
151	13	53	28	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	27.7	59.8	20.7	20.2	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	2.8	6.0	2.1	2.0	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	160	227	74	375	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	2	14	7	4	عدد الريات
PRD50					
4330	500	2390	430	1010	الاستهلاك المائي (م ³ /هـ)
100	12	55	10	23	النسبة من الاستهلاك المائي الكلي (%)
149	12	52	28	57	استمرارية الطور الفينولوجي (يوم)
	41.7	46.0	15.4	17.7	الاستهلاك المائي اليومي (م ³ /هـ)
	4.2	4.6	1.5	1.8	الاستهلاك المائي اليومي (مم)
-	157	171	59	323	المعدل الوسطي للري (م ³ /هـ)
27	3	13	7	4	عدد الريات

تبين الجداول (14، 15، 16) تطور قيم معامل المحصول (K_c) وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بالتنقيط في نظامي الري العادي والمتنوب، والنسبة المئوية لانحراف القيم المقيسة لهذا المعامل مقارنة مع القيم المقترحة له من قبل منظمة الأغذية والزراعة في النشرة 33 (FAO 1979). بينت نشرة الـ FAO رقم (33) أن قيم معامل المحصول K_c لمحصول القطن هي 0.45 في مرحلة الإنبات والنمو، و0.75 في مرحلة تشكل البراعم الزهرية، و1.15 في مرحلة الإزهار وتشكل الجوزات و0.75 في مرحلة النضج. يدل الانخفاض النسبي في قيمة هذا المعامل في المعاملات المروية رياً كاملاً على انخفاض الاستهلاك المائي لمحصول القطن تبعاً لطريقة الري المتبعة؛ وهي الري بالتنقيط. كما يلاحظ انخفاض قيم معامل المحصول مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وعموماً سلكت قيم K_c في معاملات الري الناقص العادي والري الجزئي المتنوب منحى مغايراً لمنحى K_c في المعاملتين المرويتين رياً كاملاً حيث بدأت قيم K_c مرتفعة نسبياً في طور الإنبات والنمو، ثم أخذت بالانخفاض تدريجياً حتى نهاية شهر حزيران في طور البراعم الزهرية، وعادت للارتفاع في منتصف موسم النمو وذلك في شهري تموز وآب، لتعود للانخفاض في نهاية الموسم.

الجدول (14) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتنوب، دير الحجر 2007.

المتوسط	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
0.78	0.75	1.15	0.75	0.45	معامل المحصول (Kc) حسب الـ FAO
	94	385	202	299.4	التخزين المرجعي (مم) (ETo)
CFI					
	22	469	151	120	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.69	0.56	1.12	0.67	0.40	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-11.1	-24.8	-2.4	-10.9	-10.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI80					
	26	390	124	112	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.59	0.46	0.97	0.55	0.37	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-23.9	-38.1	-15.4	-26.8	-16.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI65					
	44	308	98	106	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.53	0.47	0.80	0.49	0.35	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-32.0	-37.6	-30.4	-35.3	-21.3	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI50					
	38	239	83	103	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.44	0.40	0.62	0.41	0.34	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-42.6	-46.1	-46.0	-45.2	-23.6	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
AFI					
	22	473	145	118	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.68	0.56	1.13	0.64	0.39	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-11.9	-24.8	-1.6	-14.5	-12.4	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD80					
	25.5	385	116.5	111	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.58	0.46	0.96	0.52	0.37	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-25.8	-39.3	-16.5	-31.3	-17.6	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD65					
	40	316.5	91	104.5	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.51	0.43	0.82	0.45	0.35	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-34.0	-43.3	-28.5	-39.9	-22.4	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD50					
	36	241	78	103	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.43	0.38	0.63	0.39	0.34	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-43.9	-48.9	-45.6	-48.5	-23.6	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO

الجدول (15) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2008.

المتوسط	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
0.78	0.75	1.15	0.75	0.45	معامل المحصول (Kc) حسب الـ FAO
	140	396	198	322	التخزين المرجعي (مم) (ETo)
CFI					
	22	493	145	137	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.73	0.84	1.07	0.58	0.43	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-5.8	12.0	-6.6	-22.4	-5.5	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI80					
	56	381	112	122	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.58	0.50	0.96	0.49	0.38	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-24.7	-33.3	-16.3	-34.2	-15.8	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI65					
	61	316	86	113	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.50	0.44	0.80	0.43	0.35	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-34.9	-41.9	-30.6	-42.1	-22.0	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI50					
	61	243.5	58.5	103	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.41	0.38	0.65	0.30	0.32	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-47.0	-49.8	-43.4	-60.6	-28.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
AFI					
	22	496.5	141	135.5	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.73	0.84	1.08	0.57	0.42	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-6.2	12.0	-5.9	-24.5	-6.5	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD80					
	51	389.5	107	120.5	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.57	0.46	0.98	0.47	0.37	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-26.3	-39.3	-14.5	-37.2	-16.8	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD65					
	51.5	319	79.5	110	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.48	0.37	0.81	0.40	0.34	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-38.2	-51.0	-30.0	-46.5	-24.1	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD50					
	58	242	51	101	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.39	0.36	0.65	0.26	0.31	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-49.2	-52.3	-43.7	-65.7	-30.3	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO

الجدول (16) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية لنبات القطن المروي بنظامي الري بالتنقيط العادي والمتناوب، دير الحجر 2009.

المتوسط	النضج	الإزهار وتشكل الجوز	البراعم الزهرية	الإنبات والنمو	
0.78	0.75	1.15	0.75	0.45	معامل المحصول (Kc) حسب الـ FAO
	80.3	357	204.5	334	التخزين المرجعي (مم) (ETo)
CFI					
	20	465	119	154	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.69	0.67	1.14	0.51	0.46	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-10.5	-11.1	-0.9	-32.2	2.5	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI80					
	19	399	75	135	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.56	0.49	1.00	0.37	0.40	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-27.2	-35.0	-13.0	-51.1	-10.2	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI65					
	36	308	61	121	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.49	0.45	0.86	0.30	0.36	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-36.4	-40.2	-25.0	-60.2	-19.5	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
DI50					
	50	219	48	108	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.42	0.41	0.70	0.23	0.32	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-46.4	-45.4	-39.5	-68.7	-28.1	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
AFI					
	20	484.5	112.5	140	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.69	0.67	1.19	0.48	0.42	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-11.2	-11.1	3.3	-35.9	-6.9	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD80					
	14.5	405.5	67.5	129.5	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.53	0.37	1.02	0.33	0.39	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-32.1	-50.4	-11.6	-56.0	-13.8	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD65					
	36	317	58	115	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.49	0.45	0.89	0.28	0.34	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-36.6	-40.2	-22.8	-62.2	-23.5	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO
PRD50					
	50	239	43	101	الاستهلاك المائي (مم) (ETc)
0.42	0.41	0.76	0.21	0.30	قيم معامل المحصول (Kc) المحسوبة
-45.8	-45.4	-34.0	-72.0	-32.8	انحراف Kc المحسوبة عن Kc-FAO

2. الإنتاجية الكلية لمحصول القطن:

موسم نمو 2007:

يلاحظ في هذا الموسم وبجلاء مدى استجابة إنتاجية محصول القطن لنظامي الري ولمستويات الري المختلفة (الجدول 17). يُلاحظ في القطفة الأولى انخفاض الإنتاجية مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أن الفرق لم يكن معنوياً بين مستويي الري 100 و 80% في نظامي الري كليهما. وتفوقت معاملات الري المتناوب معنوياً على موافقتها في مستوى الري من معاملات الري العادي باستثناء المعاملتين PRD80 و DI80 عند مستوى الري 80%. تراوحت قيم الإنتاجية في القطفة الأولى في نظام الري العادي بين 2762 كغ/هـ في المعاملة DI50 و 4150 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 3140 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و 4427 كغ/هـ في المعاملة AFI. وكذلك في القطفة الثانية يُلاحظ أيضاً انخفاض الإنتاجية مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. ولكن يلاحظ في هذه القطفة غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقتها من معاملات الري العادي. تراوحت قيم الإنتاجية في القطفة الثانية في نظام الري العادي بين 102 كغ/هـ في المعاملة DI50 و 821 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 96 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و 773 كغ/هـ في المعاملة AFI.

الجدول (17) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر 2007.

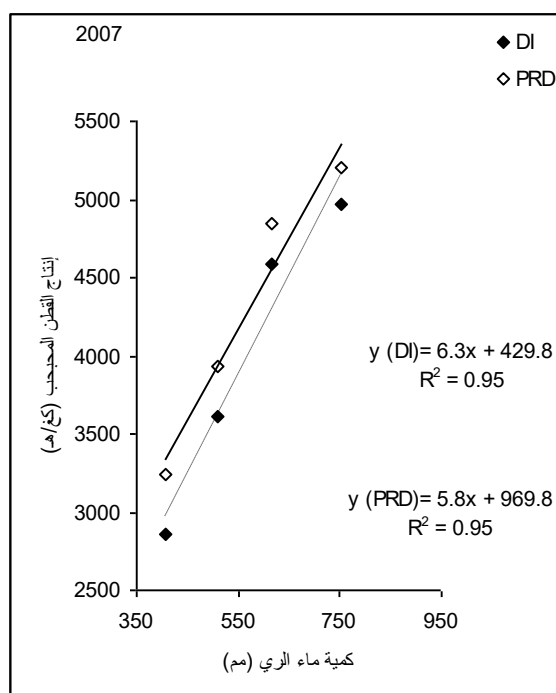
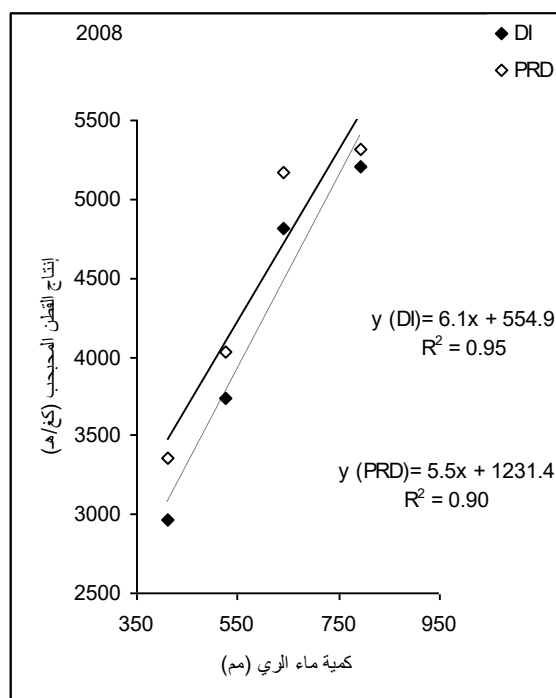
المعاملة	القطفة الأولى كغ/هـ	القطفة الثانية كغ/هـ	الإنتاجية كغ/هـ	نسبة التبرير %
CFI	4150 b	821 a	4971 b	83.5 d
DI80	4094 b	495 b	4589 c	89.2 c
DI65	3436 d	179 c	3615 e	95.0 b
DI50	2762 f	102 d	2858 g	96.6 ab
AFI	4427 a	773 a	5200 a	85.1 d
PRD80	4340 ab	502 b	4842 b	89.6 c
PRD65	3739 c	190 c	3929 d	95.1 b
PRD50	3140 e	96 d	3235 f	97.0 a
نظام الري	***	ns	***	ns
مستوى الري	***	***	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns
المعاملة	***	***	***	***

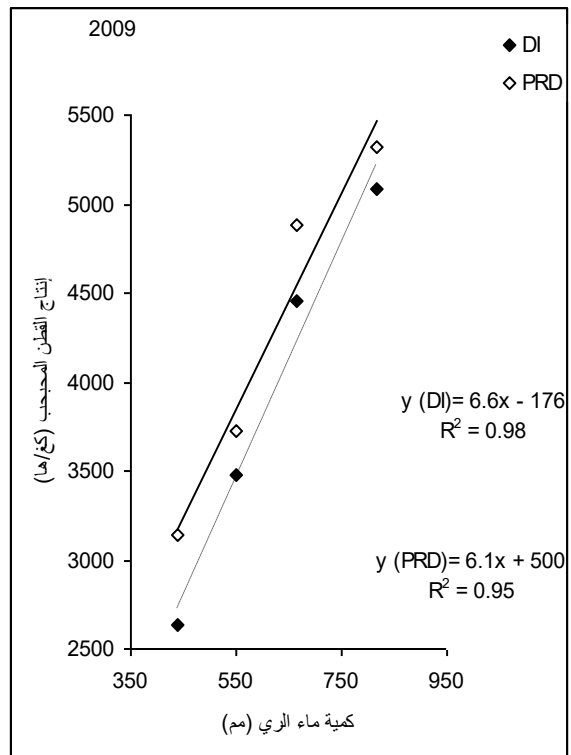
لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

أما بالنسبة للإنتاجية الكلية فقد تفوقت معاملات الري المتناوب كلها على مثيلاتها عند مستوى الري ذاته من معاملات الري العادي. كما يلاحظ وجود زيادة معنوية في إنتاجية محصول القطن مع زيادة كمية المياه

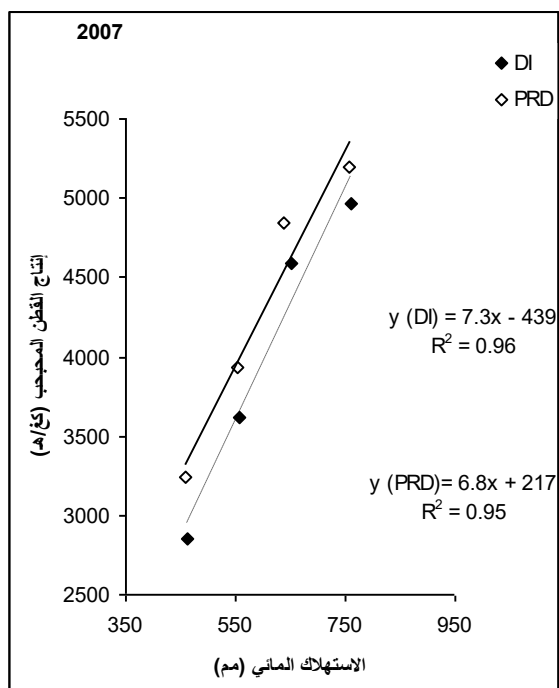
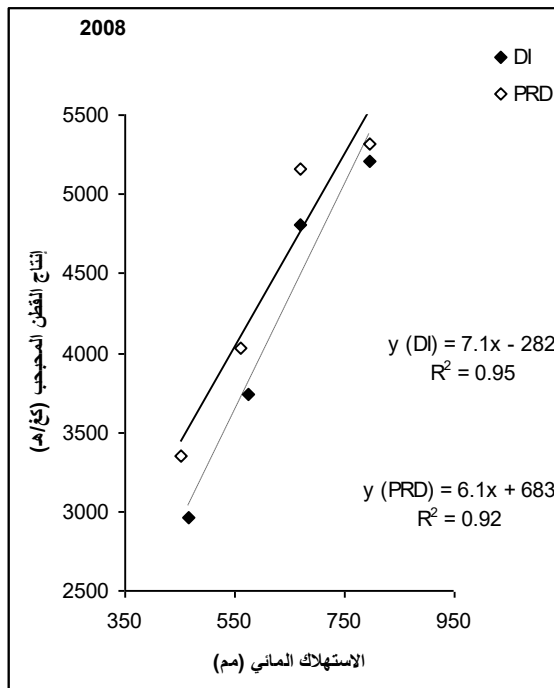
المضافة والاستهلاك المائي الموسمي، وكانت الفروق معنوية بدلالة احصائية مؤكدة ($P < 0.05$) بين معاملات الري ضمن النظام الواحد (الشكلين 5 و6). يُلاحظ من الجدول (17) تفوق المعاملة AFI احصائياً على جميع المعاملات؛ حيث سجلت الإنتاجية الأعلى 5200 كغ/هـ، في حين سجلت معاملة الري الناقص العادي عند مستوى ري 50% (DI50) الإنتاجية الأدنى (2858 كغ/هـ)، تلتها معاملة الري الجزئي المتناوب عند مستوى الري 50% (PRD50) التي بلغت إنتاجيتها 3235 كغ/هـ.

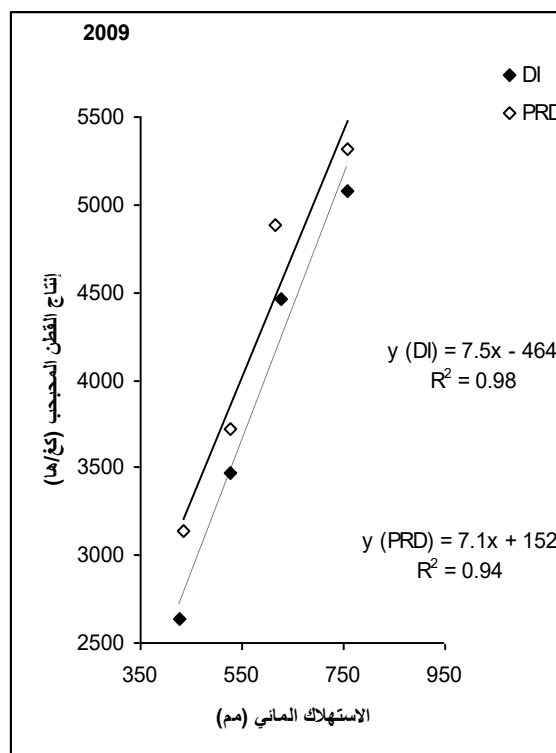
كما يُلاحظ وجود زيادة معنوية في نسبة التبكير مع انخفاض كمية المياه المضافة، باستثناء المعاملتين DI50 وDI65 في نظام الري العادي. ويُلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين المعاملات في نظام الري المتناوب ومثيلاتها في نظام الري العادي. تراوحت نسبة التبكير في نظام الري العادي بين 83.5% في المعاملة CFI و96.6% في المعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 85.1% في المعاملة AFI و97.0% في المعاملة PRD50.





الشكل (5) علاقة إنتاج القطن المحجب بكمية المياه المضافة عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.





الشكل (6) علاقة إنتاج القطن المحجب بالاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

موسم نمو 2008:

يبين الجدول (18) إنتاجية محصول القطن في القطعتين الأولى والثانية والإنتاجية الكلي في معاملات الري المختلفة بالإضافة إلى نسبة التبريد في موسم 2008. أما في القطعة الأولى فيلاحظ زيادة إنتاجية محصول القطن مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أن الفروق لم تكن معنوية بين مستويي الري 100 و80% في نظامي الري كليهما. وتفاوتت معاملات الري المتناوب على موافقتها في مستوى الري من معاملات الري العادي إلا أن الفروق لم تكن معنوية عند مستويي الري 100 و65%. تراوحت قيم الإنتاجية في القطعة الأولى في نظام الري العادي بين 2819 كغ/هـ في المعاملة DI50 و4532 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 3209 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و4738 كغ/هـ في المعاملة AFI. ويُلاحظ في القطعة الثانية أيضاً وجود زيادة معنوية في الإنتاجية مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. وتفاوتت معاملات الري الكامل العادي CFI معنوياً على معاملة الري الكامل المتناوب AFI، بينما لوحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب وموافقاتها من معاملات الري الناقص العادي. تراوحت قيم الإنتاجية في القطعة الثانية في نظام الري العادي بين 141 كغ/هـ في المعاملة DI50 و676 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 145 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و580 كغ/هـ في المعاملة AFI.

الجدول (18) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر 2008.

المعاملة	القطفة الأولى كغ/ هـ	القطفة الثانية كغ/ هـ	الإنتاجية كغ/ هـ	نسبة التبرير %
CFI	4532 ab	676 a	5208 a	87.0 d
DI80	4295 b	517 bc	4812 b	89.2 cd
DI65	3476 cd	257 d	3733 d	93.1 ab
DI50	2819 e	141 e	2959 f	95.2 a
AFI	4738 a	580 b	5318 a	89.0 cd
PRD80	4699 a	464 c	5163 a	90.9 bc
PRD65	3774 c	252 d	4026 c	93.7 a
PRD50	3209 d	145 e	3354 e	95.6 a
نظام الري	***	**	***	***
مستوى الري	***	***	***	***
التفاعل	**	*	***	*
المعاملة	***	***	***	***

لا توجد فروقات معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

سلكت الإنتاجية الكلية في هذا الموسم سلوكاً مشابهاً لسلوكها في موسم 2007، باستثناء غياب الفرق المعنوي بين المعاملتين CFI و AFI المرويتين رياً كاملاً؛ حيث بلغت إنتاجيتهما 5208 و 5318 كغ/هـ على التوالي (الجدول 18). يلاحظ من الجدول تفوق جميع معاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري الناقص العادي. كما يُلاحظ وجود زيادة معنوية في الإنتاجية الكلية مع زيادة كمية المياه المضافة والاستهلاك المائي الموسمي في كل نظام ري على حدة (الشكلين 5 و 6). بينما يُلاحظ وجود زيادة في نسبة التبرير مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. ويُلاحظ في هذا الموسم أيضاً غياب الفروق المعنوية بين المعاملات في نظام الري المتناوب ومثيلاتها في نظام الري العادي. تراوحت قيم نسبة التبرير في نظام الري العادي بين 87.0% في المعاملة CFI و 95.2% في المعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 89.0% في المعاملة AFI و 95.6% في المعاملة PRD50.

موسم نمو 2009:

يبين الجدول (19) إنتاجية محصول القطن في القطفتين الأولى والثانية والإنتاجية الكلية في معاملات الري المختلفة، بالإضافة إلى نسبة التبرير في موسم 2009. يلاحظ في القطفة الأولى زيادة الإنتاجية مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أن الفروق لم تكن معنوية بين المعاملتين AFI و PRD80 في نظام الري المتناوب. وتوقفت معاملات الري المتناوب على موافقتها في مستوى الري من معاملات الري العادي، إلا أن الفروق لم تكن معنوية عند مستويي الري 100 و 65%. تراوحت قيم الإنتاجية في القطفة الأولى في نظام

الري العادي بين 2602 كغ/هـ في المعاملة DI50 و 4794 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 3096 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و 5040 كغ/هـ في المعاملة AFI. ويلاحظ في القطعة الثانية أيضاً زيادة الإنتاجية مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي. تراوحت قيم الإنتاجية في القطعة الثانية في نظام الري العادي بين 33 كغ/هـ في المعاملة DI50 و 286 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 46 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و 278 كغ/هـ في المعاملة AFI. ومن الملاحظ عموماً انخفاض الإنتاجية في القطعة الثانية لمعاملات الري كافة في موسم 2009 مقارنة بالموسمين السابقين.

تفوقت معاملات الري المتناوب في الإنتاجية الكلية على مثيلاتها من معاملات الري العادي (الجدول 19)، إلا أن الفروق لم تكن معنوية عند المستويين 100% (المعاملتين CFI و AFI) و 65% (المعاملتين DI65 و PRD65). يُلاحظ وجود زيادة معنوية في الإنتاجية الكلية مع زيادة كمية المياه المضافة والاستهلاك المائي الموسمي في كل نظام ري على حدة (الشكلين 5 و 6). تراوحت قيم الإنتاجية الكلية في نظام الري العادي بين 2635 كغ/هـ في المعاملة DI50 و 5079 كغ/هـ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 3142 كغ/هـ في المعاملة PRD50 و 5318 كغ/هـ في المعاملة AFI.

الجدول (19) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاجية محصول القطن ونسبة التبرير، دير الحجر 2009.

المعاملة	القطعة الأولى كغ/هـ	القطعة الثانية كغ/هـ	الإنتاجية كغ/هـ	نسبة التبرير %
CFI	4794 a	286 a	5079 ab	94.3 c
DI80	4289 b	171 ab	4459 c	96.1 abc
DI65	3398 cd	74 bc	3472 d	97.8 ab
DI50	2602 e	33 c	2635 f	98.7 a
AFI	5040 a	278 a	5318 a	94.7 bc
PRD80	4713 a	172 ab	4885 b	96.4 abc
PRD65	3636 c	90 bc	3726 d	97.5 ab
PRD50	3096 d	46 c	3142 e	98.5 a
نظام الري	**	ns	***	ns
مستوى الري	***	***	***	**
التفاعل	ns	ns	ns	ns
المعاملة	***	***	***	***

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

ازدادت نسبة التبرير مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، كما يُلاحظ في هذا الموسم غياب الفروق المعنوية بين المعاملات في نظام الري المتناوب وموافقاتها في نظام الري العادي. تراوحت قيم نسبة التبرير في نظام الري العادي بين 94.3% في المعاملة CFI و98.7% في المعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 94.7% في المعاملة AFI و98.5% في المعاملة PRD50.

3. مكوّنات الإنتاج:

موسم نمو 2007:

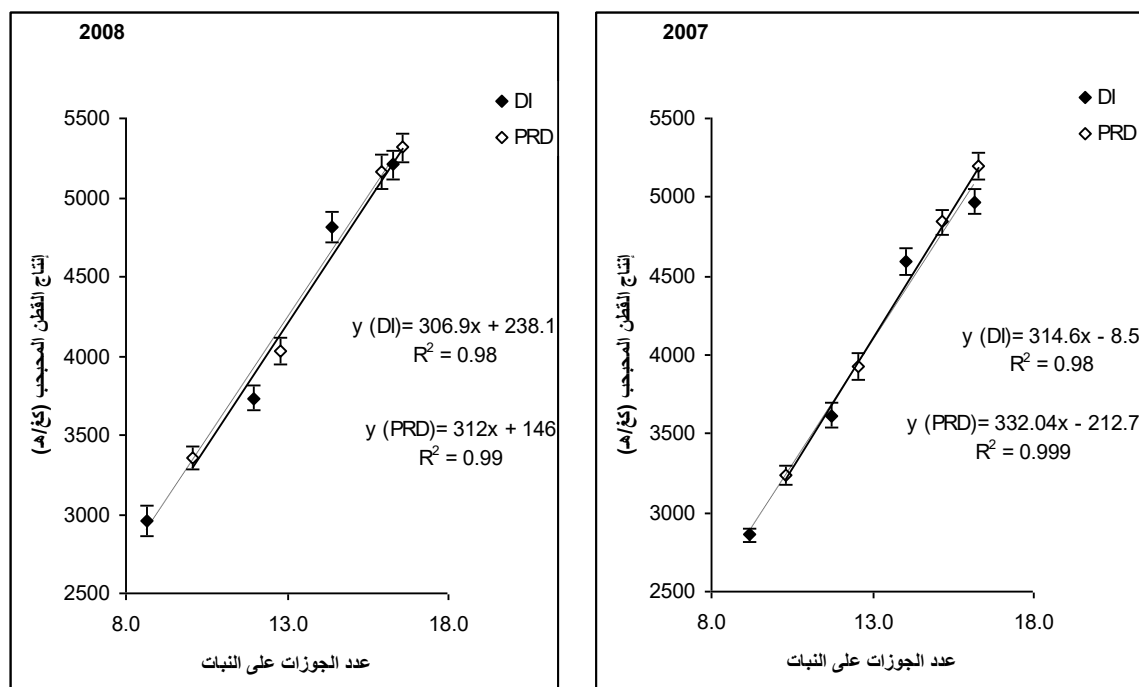
يبين الجدول (20) مكوّنات الإنتاج لمحصول القطن في معاملات الري المختلفة في موسم 2007. يظهر الشكل (7) وجود علاقة إيجابية وثيقة بين الإنتاجية الكلية والعدد الكلي للجوزات على نبات القطن. ومن الملاحظ ازدياد العدد الكلي للجوزات على النبات مع زيادة كمية المياه المضافة (الشكل 8)، وكانت الفروق معنوية بدلالة احصائية مؤكدة ($P < 0.05$) بين معاملات الري ضمن كل نظام ري على حدة. تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب معنوياً على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي، إلا أنّ الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين AFI وCFI المرويتين رياً كاملاً. تراوح العدد الكلي للجوزات على النبات في نظام الري العادي بين 9.2 في المعاملة DI50 و16.2 جوزة/نبات في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 10.3 في المعاملة PRD50 و16.3 جوزة/نبات في المعاملة AFI.

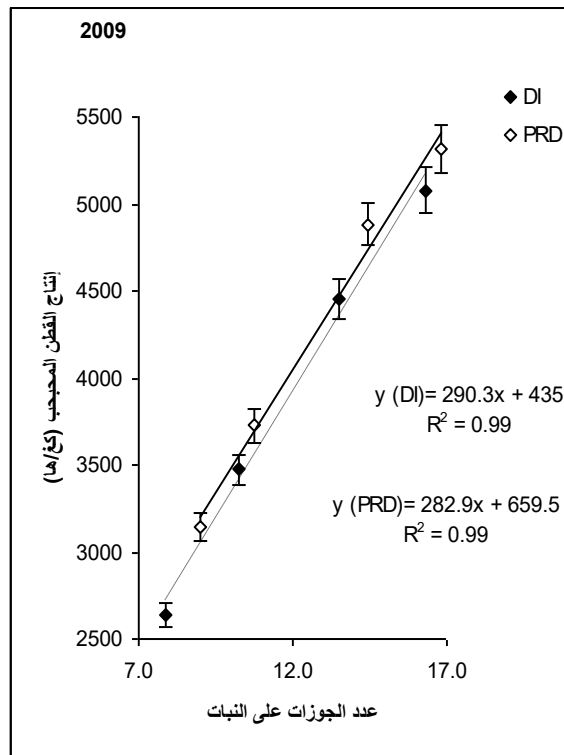
الجدول (20) تأثير معاملات الري المختلفة في مكوّنات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر 2007.

المعاملة	عدد الجوزات على النبات		وزن الجوزة		وزن البذور	
	الكلية	المتفتحة	غ	غ	غ	غ
CFI	16.2 a	10.2 ab	6.3 a	3.8 a		
DI80	14.0 c	9.6 b	6.0 abc	3.5 b		
DI65	11.7 e	8.3 cd	5.7 c	3.33 cd		
DI50	9.2 g	6.3 e	5.6 c	3.28 d		
AFI	16.3 a	10.9 a	6.2 ab	3.6 b		
PRD80	15.2 b	10.4 a	6.1 ab	3.5 b		
PRD65	12.6 d	8.7 c	6.0 abc	3.5 bc		
PRD50	10.3 f	7.8 d	5.8 bc	3.27 d		
نظام الري	***	***	ns	ns		
مستوى الري	***	***	**	***		
التفاعل	ns	ns	ns	ns		
المعاملة	***	***	**	***		

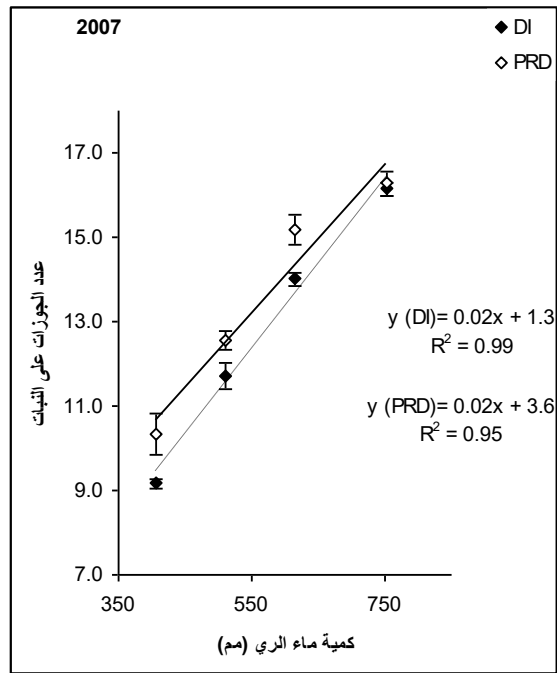
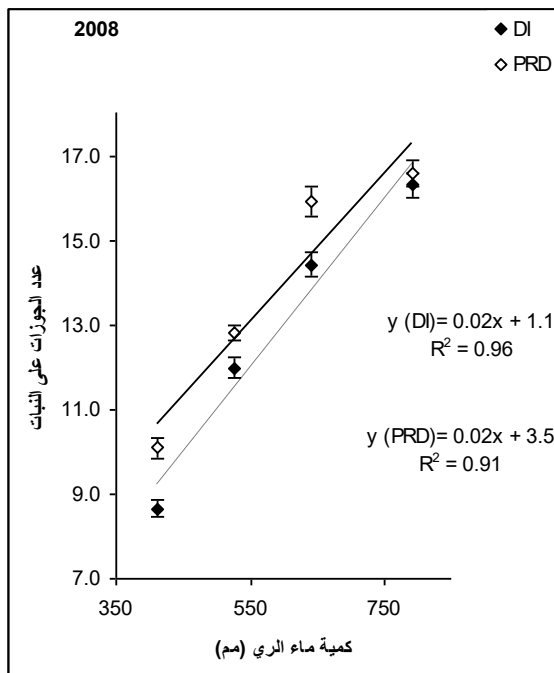
لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

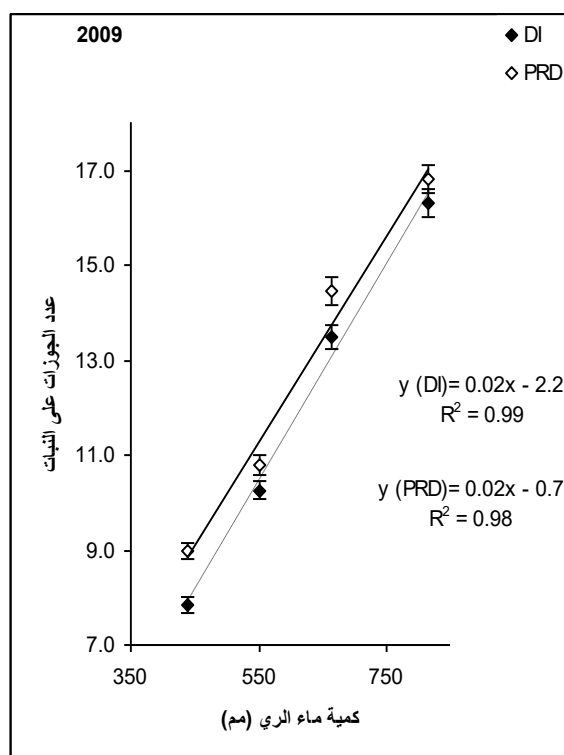
أما بالنسبة إلى عدد الجوزات المتفتحة على النبات عند القطعة الأولى فقد لوحظ أيضاً وجود زيادة في هذا العدد مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أن الفروق لم تكن معنوية عند المستويين 100 و80%. وتفاوتت معاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها عند مستوى الري ذاته من معاملات الري الناقص العادي، إلا أن الفروق لم تكن معنوية عند مستويي الري 100 و65%. تراوح عدد الجوزات المتفتحة على النبات في نظام الري العادي بين 6.3 في المعاملة DI50 و10.2 جوزة/نبات في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 7.8 في المعاملة PRD50 و10.9 جوزة/نبات في المعاملة AFI.





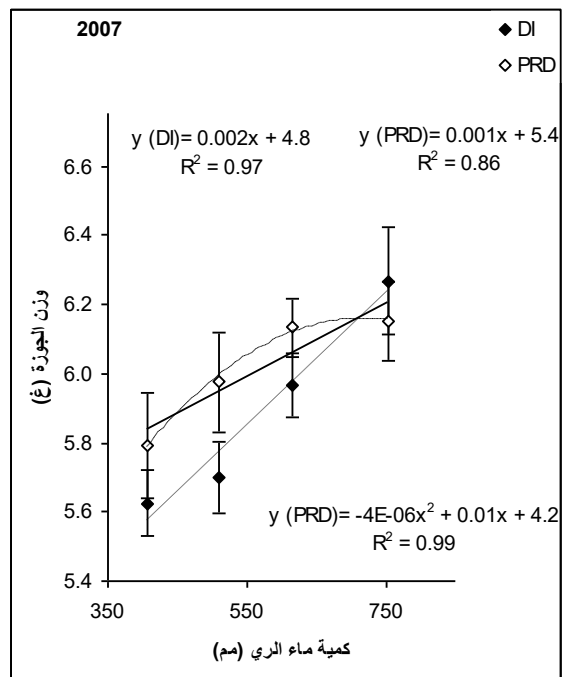
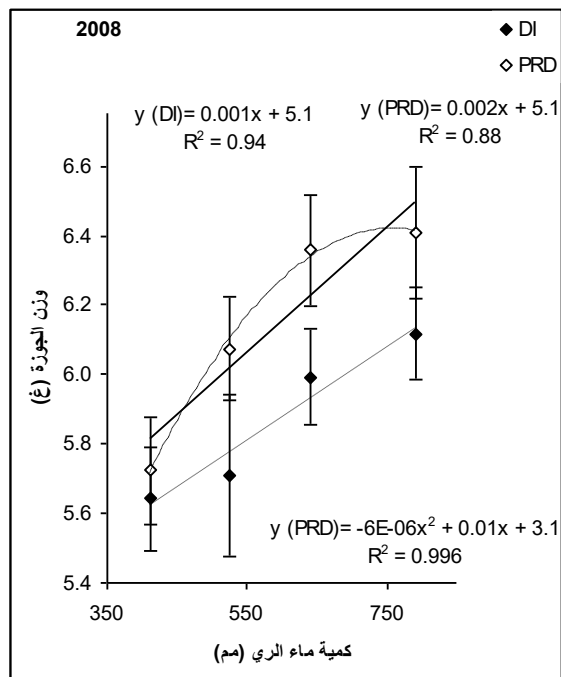
الشكل (7) علاقة إنتاج القطن المحجب بالعدد الكلي للجوزات على نبات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

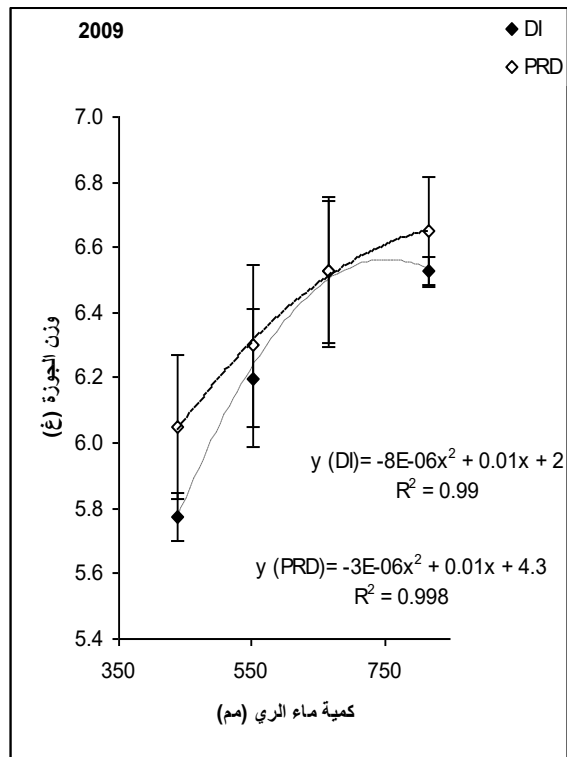




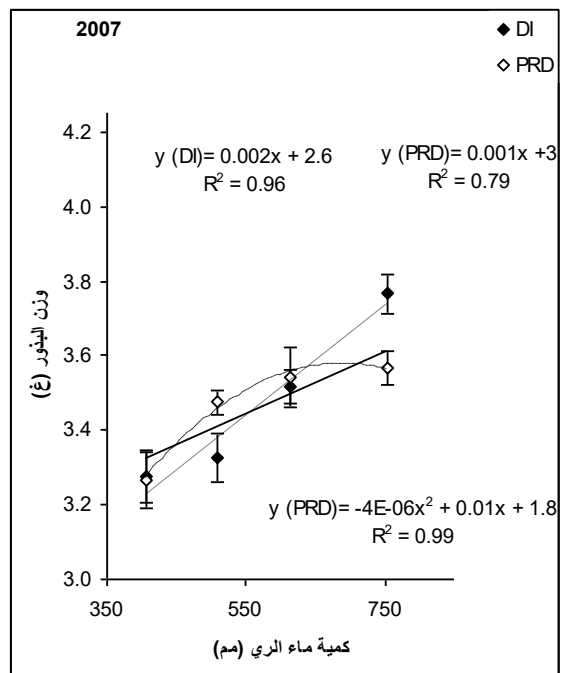
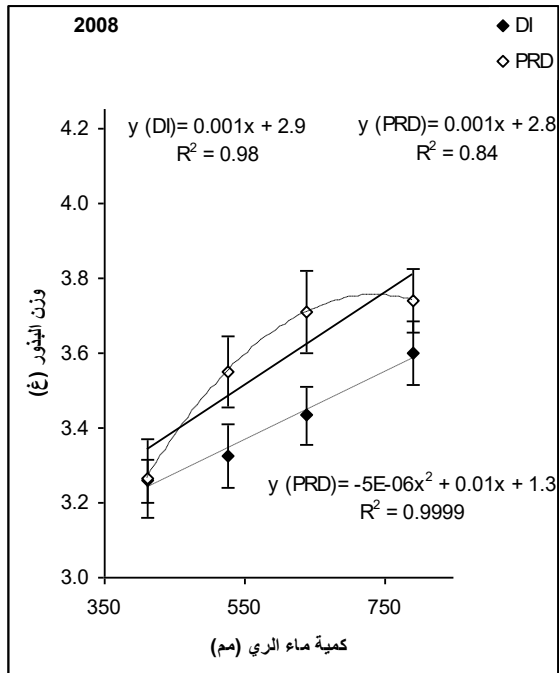
الشكل (8) علاقة العدد الكلي للجوزات على نبات القطن بكمية مياه الري المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.

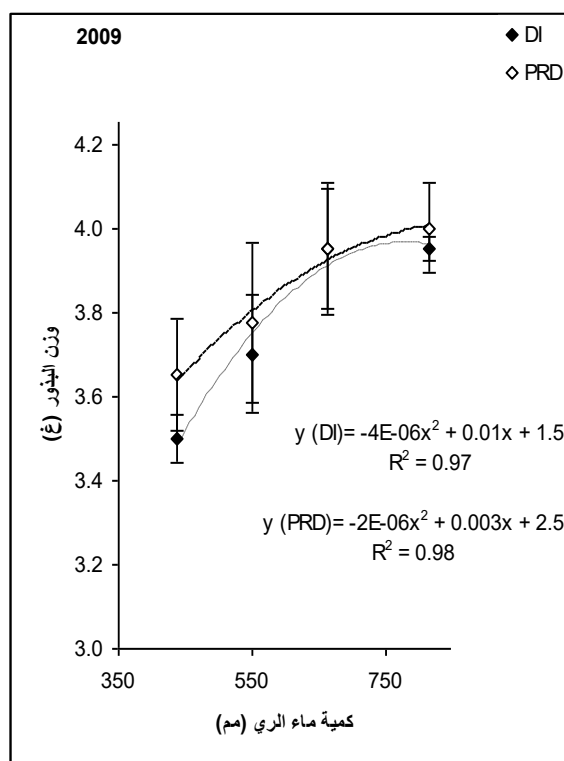
يُلاحظ أيضاً انخفاض وزن جورة القطن مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 9)، إلا أنَّ هذا الانخفاض لم يكن معنوياً في معاملات الري المتناوب. كما يلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي. تراوح وزن الجورة في نظام الري العادي بين 5.6 غ في المعاملة DI50 و 6.3 غ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 5.8 غ في المعاملة PRD50 و 6.2 غ في المعاملة AFI. أما بالنسبة لوزن البذور في الجورة فيلاحظ انخفاض وزن البذور مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 10)، ولم تكن الفروق معنوية بين معاملات الري المتناوب باستثناء المعاملة PRD50 التي انخفض وزن البذور فيها معنوياً مقارنة مع باقي معاملات الري المتناوب. كما يلاحظ أيضاً عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي، باستثناء المعاملتين AFI و CFI. سجلت أعلى قيمة لوزن البذور 3.8 غ/جورة في المعاملة CFI التي تفوقت معنوياً على باقي المعاملات، بينما سجلت أدنى قيمة لوزن البذور 3.3 غ/جورة في المعاملتين PRD50 و DI50.





الشكل (9) علاقة وزن جوزة القطن بكمية المياه المضافة عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.





الشكل (10) علاقة وزن البذور في الجوزة بكمية المياه المضافة عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

موسم نمو 2008:

يبين الجدول (21) مكونات الإنتاج لمحصول القطن في معاملات الري المختلفة في موسم 2008. يُلاحظ وجود زيادة معنوية في العدد الكلي للجوزات على النبات مع زيادة كمية المياه المضافة (الشكل 8)، وكانت الفروق معنوية بين معاملات الري ضمن كل نظام ري على حدة، باستثناء المعاملتين AFI و PRD80 في نظام الري المتناوب. وتفاوتت معاملات الري المتناوب معنوياً على مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أنَّ الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين AFI و CFI المرويتين رياً كاملاً. تراوح عدد الجوزات الكلي على النبات في نظام الري العادي بين 8.7 في المعاملة DI50 و 16.3 جوزة/نبات في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 10.1 في المعاملة PRD50 و 16.6 جوزة/نبات في المعاملة AFI. كما يُلاحظ وجود زيادة في عدد الجوزات المتفتحة على النبات عند القطفة الأولى مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أنَّ الفروق لم تكن معنوية عند المستويين 100 و 80%. وتفاوتت معاملات الري المتناوب على مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أنَّ الفروق لم تكن معنوية عند مستويي الري 100 و 65%. تراوح عدد الجوزات المتفتحة على النبات في نظام الري العادي بين 6.5 في المعاملة DI50 و 10.9 جوزة/نبات في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 7.7 في المعاملة PRD50 و 11.5 جوزة/نبات في المعاملة AFI.

الجدول (21) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر 2008.

وزن البذور	وزن الجوزة	عدد الجوزات في النبات			المعاملة
		المتفتحة	الكلية		
3.6 abc	6.1 ab	10.9 ab	16.3 a		CFI
3.4 bcd	6.0 ab	10.3 b	14.4 b		DI80
3.33 cd	5.7 b	8.8 c	12.0 d		DI65
3.26 d	5.6 b	6.5 e	8.7 f		DI50
3.71 a	6.4 a	11.5 a	16.6 a		AFI
3.74 ab	6.4 a	11.4 a	15.9 a		PRD80
3.6 abc	6.1 ab	9.3 c	12.8 c		PRD65
3.27 d	5.7 b	7.7 d	10.1 e		PRD50
*	*	***	***		نظام الري
**	**	***	***		مستوى الري
ns	ns	ns	***		التفاعل
**	*	***	***		المعاملة

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

كما يُلاحظ أيضاً انخفاض وزن جوزة القطن مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 9)، إلا أن هذا الانخفاض لم يكن معنوياً في نظامي الري كليهما، باستثناء المعاملة PRD50 بالمقارنة مع المعاملتين AFI و PRD80 في نظام الري المتناوب. كما يلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي. تراوح وزن الجوزة في نظام الري العادي بين 5.6 غ في المعاملة DI50 و 6.1 غ في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 5.7 غ في المعاملة PRD50 و 6.4 غ في المعاملة AFI. أما بالنسبة لوزن البذور في الجوزة فيلاحظ انخفاض وزن البذور مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 10)، ولم تكن الفروق معنوية بين معاملات الري المتناوب، باستثناء المعاملة PRD50 التي انخفض وزن البذور فيها معنوياً مقارنة مع باقي معاملات الري المتناوب. كما يُلاحظ أيضاً عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي. تراوح وزن البذور في نظام الري العادي بين 3.3 في المعاملة DI50 و 3.6 غ/جوزة في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوح بين 3.3 في المعاملة PRD50 و 3.7 غ/جوزة في المعاملة AFI.

موسم نمو 2009:

يبين الجدول (22) مكونات الإنتاج لمحصول القطن في معاملات الري المختلفة في موسم 2009. يُلاحظ وجود زيادة معنوية في العدد الكلي للجوزات على النبات مع زيادة كمية المياه المضافة (الشكل 8)؛ حيث كانت الفروق معنوية بين معاملات الري ضمن كل نظام ري على حدة. وتفاوتت معاملات الري المتناوب على مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أن الفرق لم يكن معنوياً عند المستويين 100 و 65%. تراوح العدد الكلي للجوزات على النبات في نظام الري العادي بين 7.9 في المعاملة DI50 و 16.3 جوزة/نبات في المعاملة CFI،

أما في نظام الري المتناوب فقد تراوح بين 9.0 في المعاملة PRD50 و16.8 جوزة/نبات في المعاملة AFI. كما يُلاحظ وجود زيادة في عدد الجوزات المتفتحة على النبات عند القطفة الأولى مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أن الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين AFI وPRD80 في نظام الري المتناوب.

وتفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي، إلا أن الفروق لم تكن معنوية عند مستويي الري 100 و65%. تراوح عدد الجوزات المتفتحة على النبات في نظام الري العادي بين 5.8 في المعاملة DI50 و10.7 جوزة/نبات في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوح بين 6.9 في المعاملة PRD50 و11.2 جوزة/نبات في المعاملة AFI. يُلاحظ أيضاً انخفاض وزن جوزة القطن مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 9)، إلا أن هذا الانخفاض لم يكن معنوياً في نظامي الري كليهما، باستثناء المعاملة DI50 مقارنة مع المعاملتين CFI وDI80 في نظام الري العادي. كما يلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي. تراوح وزن الجوزة في نظام الري العادي بين 5.8 غ في المعاملة DI50 و6.5 غ في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوح بين 6.1 غ في المعاملة PRD50 و6.7 غ في المعاملة AFI. يُلاحظ بالنسبة لوزن البذور في الجوزة انخفاض وزن البذور مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 10)، باستثناء المستويين 100 و80% في نظامي الري كليهما. كما يلاحظ أيضاً عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الري المختلفة. تراوح وزن البذور في نظام الري العادي بين 3.5 في المعاملة DI50 و4.0 غ/جوزة في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوح بين 3.7 في المعاملة PRD50 و4.0 غ/جوزة في المعاملة AFI.

الجدول (22) تأثير معاملات الري المختلفة في مكونات الإنتاج لمحصول القطن، دير الحجر 2009.

المعاملة	عدد الجوزات في النبات		وزن الجوزة	وزن البذور
	الكلية	المتفتحة		
CFI	16.3 a	10.7 a	6.5 a	4.0
DI80	13.5 c	9.5 b	6.5 a	4.0
DI65	10.3 d	7.6 cd	6.2 ab	3.7
DI50	7.9 f	5.8 e	5.8 b	3.5
AFI	16.8 a	11.2 a	6.7 a	4.0
PRD80	14.5 b	10.5 a	6.5 a	4.0
PRD65	10.8 d	8.1 c	6.3 ab	3.8
PRD50	9.0 e	6.9 d	6.1 ab	3.7
نظام الري	***	**	ns	ns
مستوى الري	***	***	**	**
التفاعل	ns	ns	ns	ns
المعاملة	***	***	*	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

4. المواصفات التكنولوجية للألياف:

موسم 2007:

يبين الجدول (23) تحليل التيلة في العينات المأخوذة من المعاملات المختلفة عند القطعة الأولى في موسم 2007. يُلاحظ غياب الفروق المعنوية في نسبة الحليج بين معاملات الري المختلفة، كما يُلاحظ عدم وجود منحى عام لتغير نسبة الحليج مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. يُلاحظ في هذا الموسم انخفاض طول الألياف مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 11). وكان الانخفاض معنوياً في نظام الري العادي. بينما لوحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات في نظام الري المتناوب، باستثناء المعاملة PRD50؛ حيث كانت قيمة طول الألياف فيها أقل معنوياً من باقي المعاملات في هذا النظام.

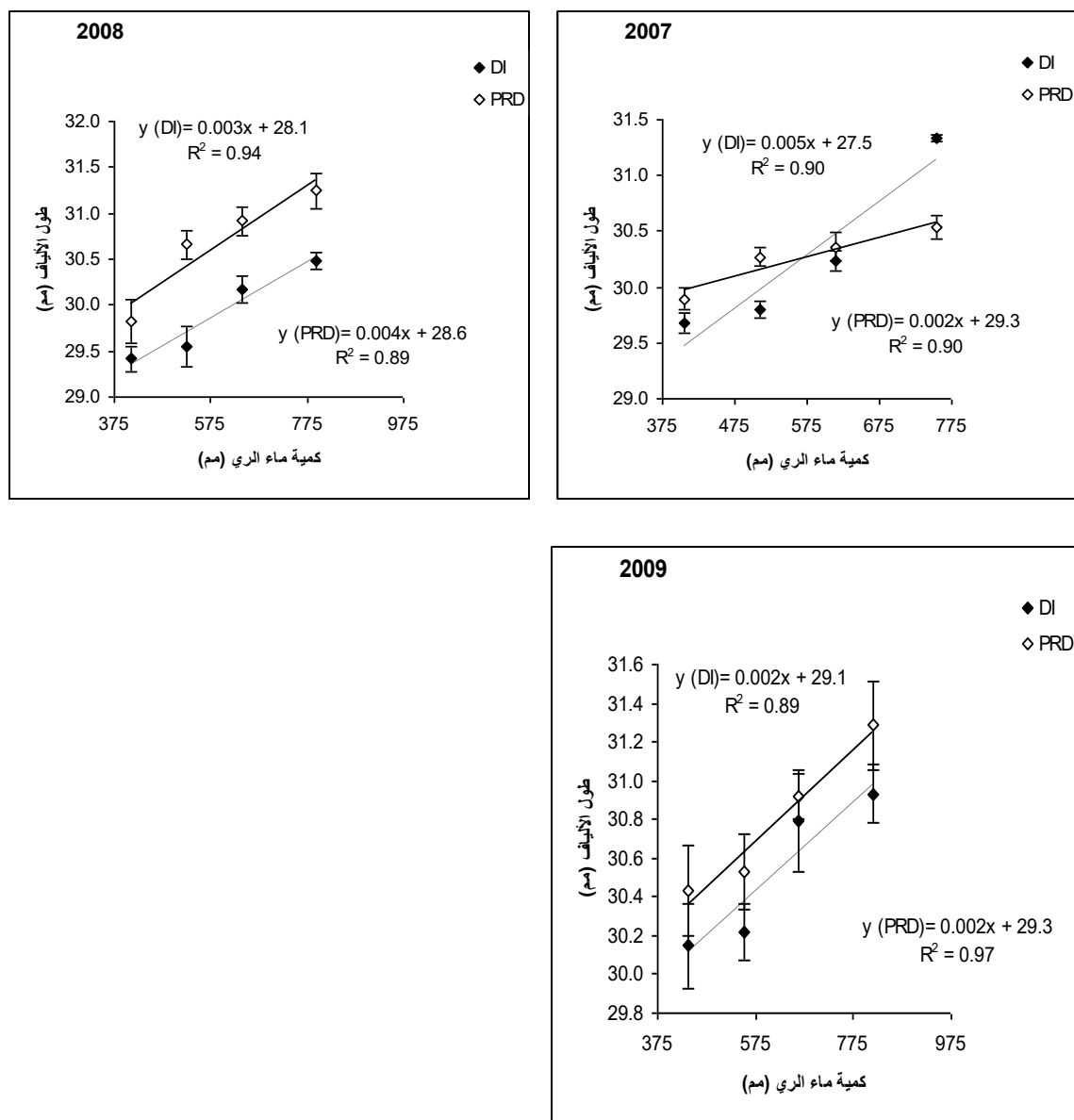
وبالمقارنة بين نظامي الري يلاحظ غياب الفروق المعنوية عند المستويين 80 و 50%، وتفاوتت معاملة الري الكامل العادي CFI معنوياً على معاملة الري الكامل المتناوب AFI، بينما تفاوتت معاملة الري المتناوب PRD65 معنوياً على معاملة الري العادي DI65. تراوحت قيم طول الألياف في نظام الري العادي بين 29.7 مم في المعاملة DI50 و 31.3 مم في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوحت بين 29.9 مم في المعاملة PRD50 و 30.5 مم في المعاملة AFI.

الجدول (23) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر 2007.

معدل الحليج	الطول	نسبة التجانس	المتانة (برسلي)	المتانة (ستيلوميتز)	الاستطالة	النوعية
%	مم	%	غ/تكس	%	مايكرونير	المعاملة
ns	***	ns	ns	*	ns	**
40.8	31.3 a	52.6	9.7	26.7 abc	4.9	4.5 d
41.3	30.2 c	53.0	10.0	26.8 abc	5.0	4.7 bc
41.7	29.8 d	52.6	10.2	26.3 bc	4.9	4.8 abc
40.7	29.7 d	52.1	9.9	26.3 bc	4.9	4.8 abc
42.0	30.5 b	52.3	9.6	26.6 abc	5.0	4.6 cd
42.3	30.4 bc	52.6	10.2	27.2 ab	5.2	4.7 cd
41.7	30.3 bc	52.2	9.8	26.1 c	5.0	4.8 ab
43.5	29.9 d	52.9	9.9	27.6 a	5.0	4.9 a
*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
نظام الري						

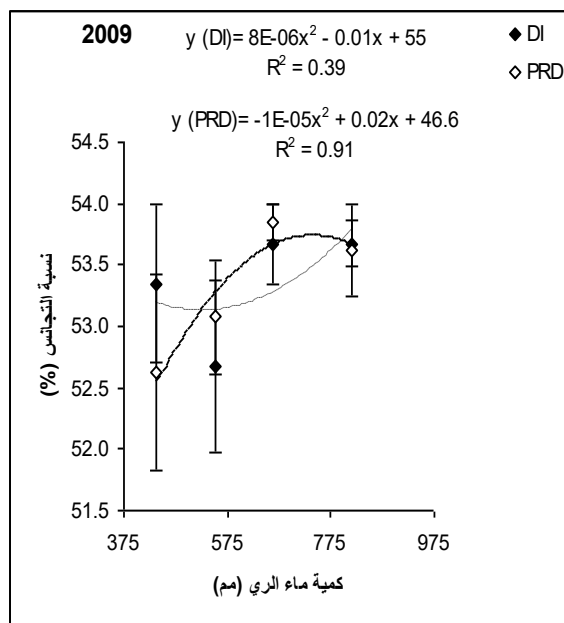
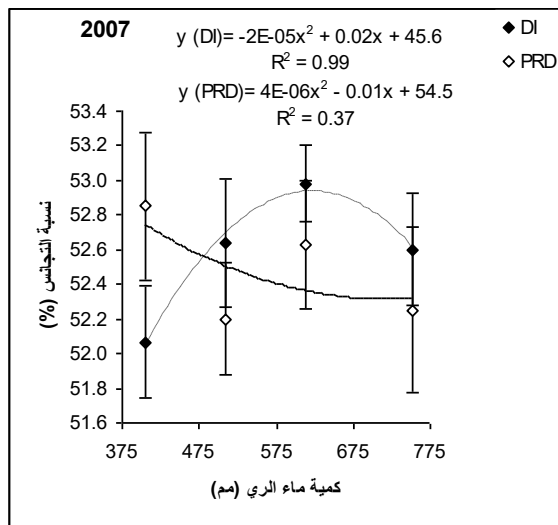
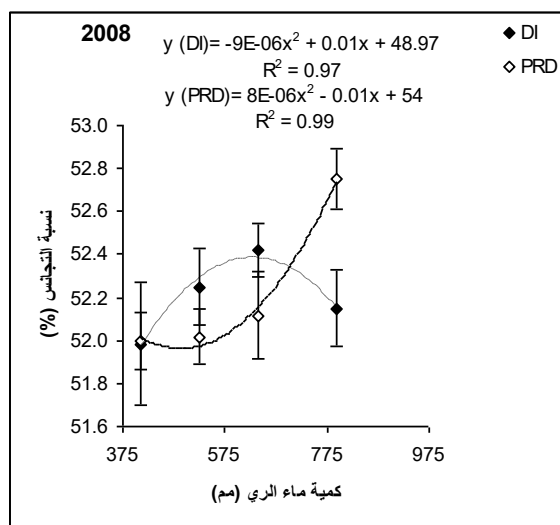
***	ns	ns	ns	ns	***	ns	مستوى الري
ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	التفاعل

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT



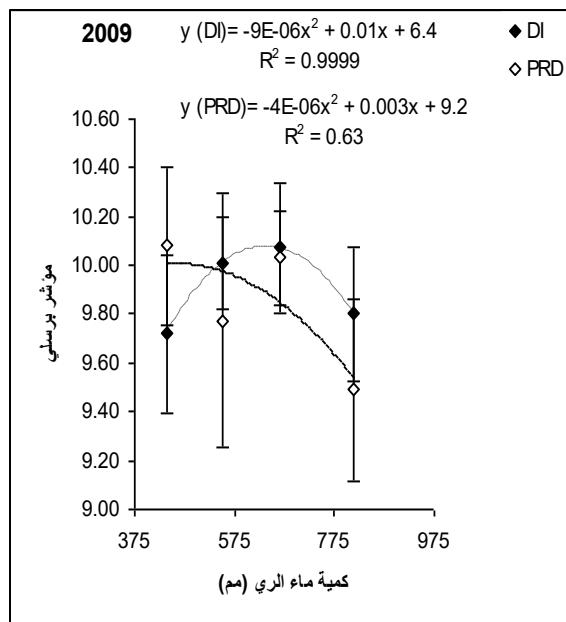
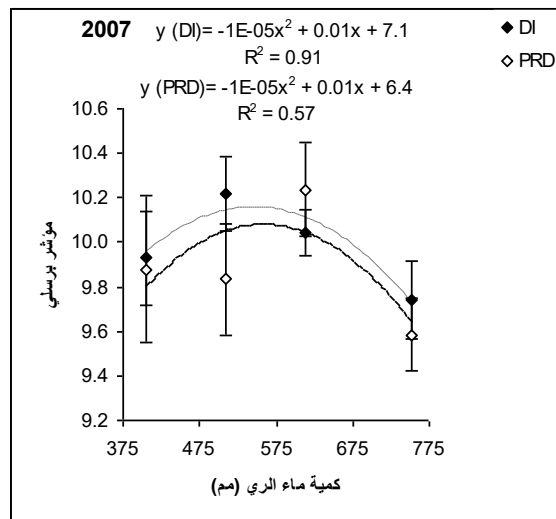
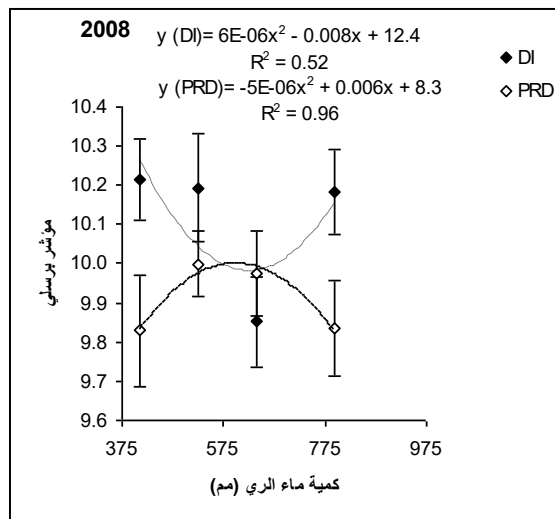
الشكل (11) علاقة طول ألياف تيلة القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.

أما فيما يتعلق بنسبة التجانس فيُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، وعدم وجود منحنى عام ينظم متوسطات المعاملات ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 12). تراوحت قيم نسبة التجانس في نظام الري العادي بين 52.1% في المعاملة DI50 و 53.0% في المعاملة DI80، وفي نظام الري المتناوب تراوحت بين 52.2% في المعاملة PRD65 و 52.9% في المعاملة PRD80. كما يُلاحظ بالنسبة لمؤشر برسلي لمتانة الألياف غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، ووجود منحنى عام لزيادة قيمته مع انخفاض كمية المياه المضافة إلى حدٍ معين، ومن ثم يعود لينخفض ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 13). تراوحت قيم مؤشر برسلي في نظام الري العادي بين 9.7 في المعاملة CFI و 10.2 في المعاملة DI65، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 9.6 في المعاملة AFI و 10.2 في المعاملة PRD80. وكذلك الأمر بالنسبة لمؤشر الستيلومتر لمتانة الألياف يلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، باستثناء المعاملة PRD65 حيث انخفضت قيمة الستيلومتر فيها معنوياً بالمقارنة مع معاملتي الري الجزئي المتناوب PRD80 و PRD50. كما يلاحظ أيضاً عدم وجود منحنى عام ينظم متوسطات المعاملات ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 14). تراوحت قيم مؤشر الستيلومتر في نظام الري العادي بين 26.3 في المعاملتين DI65 و DI50 و 26.8 غ/تكس في المعاملة DI80، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 27.6 في المعاملة PRD80 و 26.1 غ/تكس في المعاملة PRD65.



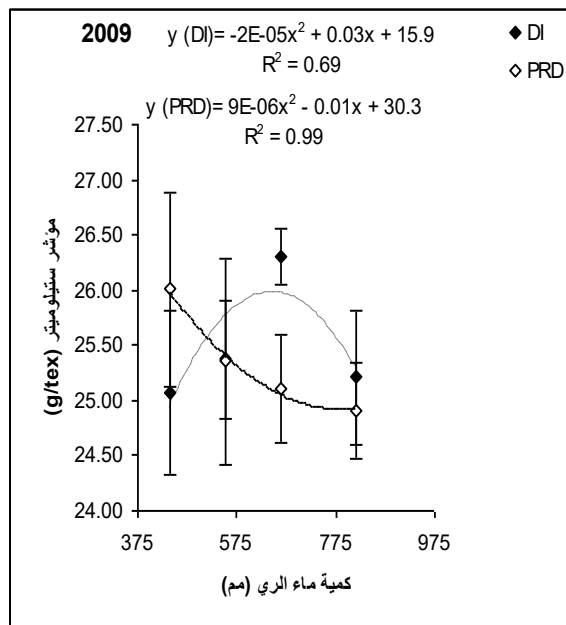
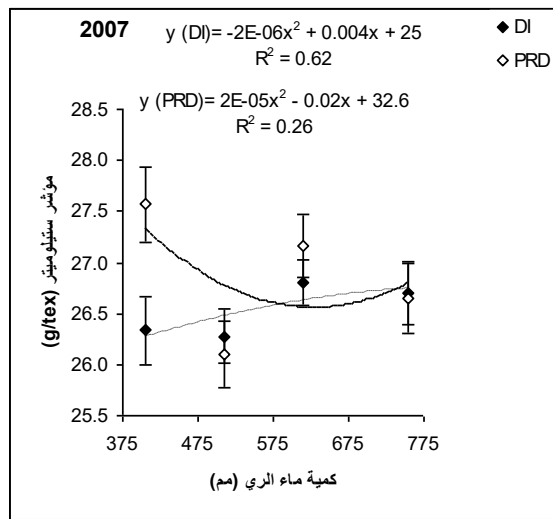
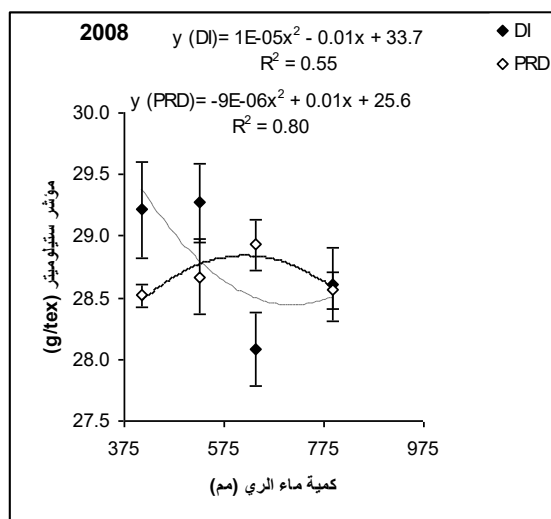
الشكل (12) علاقة نسبة تجانس ألياف تيلة القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.

ويُلاحظ أيضاً بالنسبة لمؤشر استطالة الألياف غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، ووجود منحنى عام لزيادة قيمته مع انخفاض كمية المياه المضافة إلى حد معين ومن ثم يعود لينخفض ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 15).

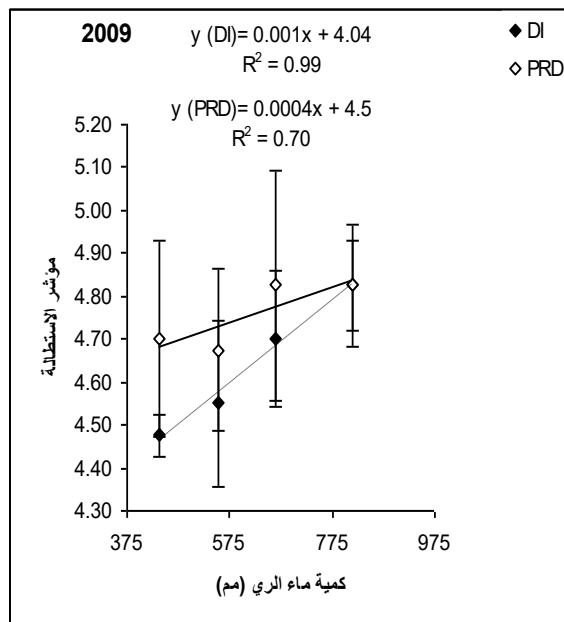
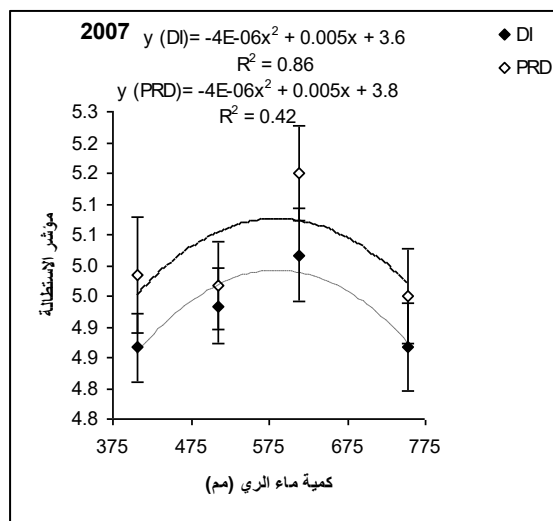
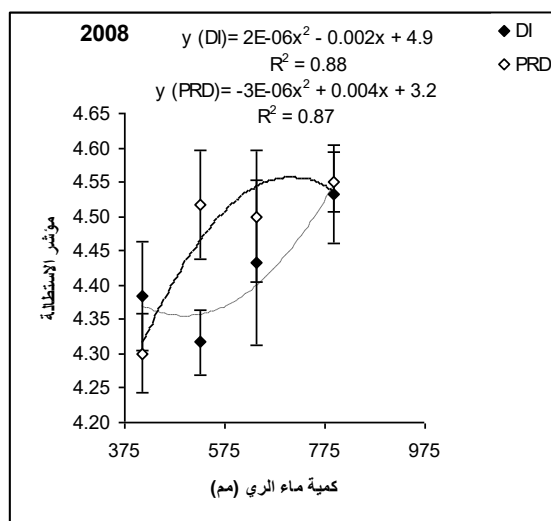


الشكل (13) علاقة مؤشر برسلي لمتانة ألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.

تراوحت قيم مؤشر الاستطالة في نظام الري العادي بين 4.9% في المعاملات (DI50 و DI65 و CFI) و 5.0% في المعاملة DI80، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 5.0% في المعاملات (PRD65 و AFI) و 5.2% في المعاملة PRD80.

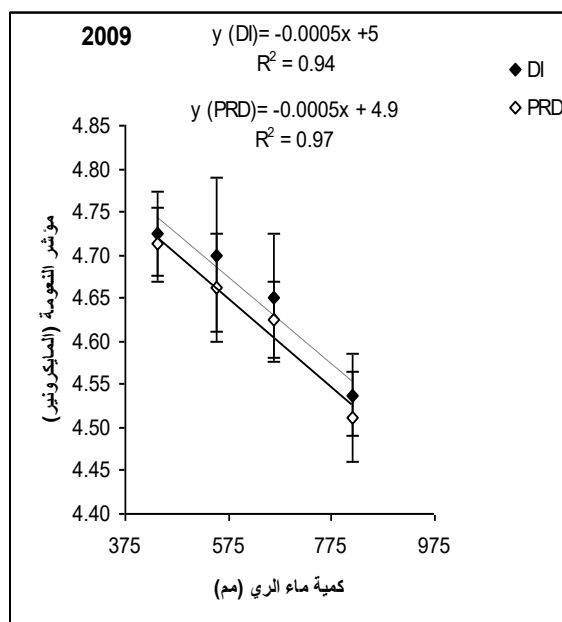
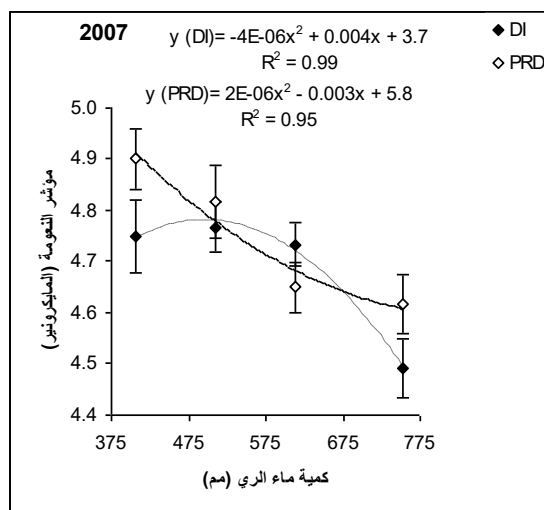
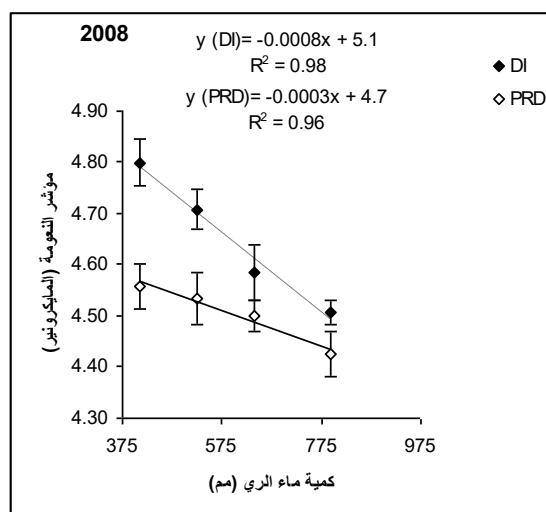


الشكل (14) علاقة مؤشر الستيلوميتير لمتانة ألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.



الشكل (15) علاقة مؤشر الاستطالة لألياف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.

يُلاحظ ازدياد قيمة مؤشر المايكرونير مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 16). ويُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي.



الشكل (16) علاقة مؤشر النعومة (المايكرونير) لأنباف القطن بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب. تراوحت قيم المايكرونير في نظام الري العادي بين 4.5 في المعاملة CFI و 4.8 في المعاملتين DI50 و DI150، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت قيمته بين 4.6 في المعاملة AFI و 4.9 في المعاملة PRD50.

موسم 2008:

يبين الجدول (24) تحليل التيلة في العينات المأخوذة عند القطفة الأولى من المعاملات المختلفة في موسم 2008. ويُلاحظ في هذا الموسم أيضاً غياب الفروق المعنوية في نسبة الحليج بين معاملات الري المختلفة، لكن يُلاحظ وجود منحنى عام لزيادة نسبة الحليج مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. يُلاحظ في هذا الموسم انخفاض طول الألياف مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 11)، مع ملاحظة غياب الفروق المعنوية بين المستويين 100 و80%، وكذلك بين المستويين 65 و50% في نظامي الري كليهما. وبالمقارنة بين نظامي الري يلاحظ تفوق معاملات الري المتناوب جميعها معنوياً على مثيلاتها من معاملات الري العادي. تراوحت قيم طول الألياف في نظام الري العادي بين 29.4 مم في المعاملة DI50 و30.5 مم في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 29.8 مم في المعاملة PRD50 و31.2 مم في المعاملة AFI. أما فيما يتعلق بنسبة التجانس فيلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، ولكن هناك منحنى عام غير واضح بجلاء لانخفاض نسبة التجانس مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 12). تراوحت قيم نسبة التجانس في نظام الري العادي بين 52.0% في المعاملة DI50 و52.4% في المعاملة DI80، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 52.0% في المعاملتين PRD65 وPRD50 و52.8% في المعاملة AFI.

الجدول (24) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر 2008.

معدل الحليج	الطول	نسبة التجانس	المتانة (برسلي)	المتانة (ستييومتر)	الاستطالة	النوعمة
%	مم	%	غ/تكس	%	مايكرونير	المعاملة
ns	***	ns	ns	ns	ns	***
40.9	30.5 cd	52.2	10.2	28.6	4.53	4.51 bc CFI
40.9	30.2 de	52.4	9.9	28.1	4.43	4.58 b DI80
41.0	29.5 fg	52.3	10.2	29.3	4.32	4.71 a DI65
41.7	29.4 g	52.0	10.2	29.2	4.38	4.80 a DI50
41.2	31.2 a	52.8	9.8	28.6	4.55	4.43 c AFI
41.2	30.9 ab	52.1	10.0	28.9	4.50	4.50 bc PRD80
41.6	30.7 bc	52.0	10.0	28.7	4.52	4.53 bc PRD65
42.4	29.8 ef	52.0	9.8	28.5	4.30	4.56 bc PRD50
ns	***	ns	*	ns	ns	***
*	***	ns	ns	ns	ns	***
ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

كما يُلاحظ أيضاً بالنسبة لمؤشر برسلي لمتانة الألياف غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، وعدم وجود منحنى عام ينظم متوسطات المعاملات في نظامي الري (الشكل 13). تراوحت قيم مؤشر برسلي في

نظام الري العادي بين 9.9 في المعاملة DI80 و 10.2 في المعاملات الثلاثة الباقية (CFI و DI65 و DI50)، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 9.8 في المعاملتين AFI و PRD50 و 10.0 في المعاملتين PRD80 و PRD65. وكذلك الأمر بالنسبة لمؤشر الستيلومتر لمتانة الألياف يلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، كما يلاحظ أيضاً عدم وجود منحى عام ينظم متوسطات المعاملات في كلا نظامي الري (الشكل 14). تراوحت قيم مؤشر الستيلومتر في نظام الري العادي بين 28.1 في المعاملة DI80 و 29.3 غ/تكس في المعاملة DI65، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 28.5 في المعاملة PRD50 و 28.9 غ/تكس في المعاملة PRD80. ويُلاحظ أيضاً بالنسبة لمؤشر استطالة الألياف غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، ووجود منحى عام غير واضح بجلاء يتمثل في انخفاض قيم مؤشر الاستطالة مع انخفاض كمية مياه الري المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 15). تراوحت قيم مؤشر الاستطالة في نظام الري العادي بين 4.3% في المعاملة DI65 و 4.5% في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 4.3% في المعاملة PRD50 و 4.6% في المعاملة AFI. أما بالنسبة لمؤشر المايكرونير فيلاحظ زيادة قيمته مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 16). كما يُلاحظ زيادة قيمته في معاملات الري العادي مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري المتناوب، وكانت الزيادة معنوية عند المستويين 65 و 50%. تراوحت قيم المايكرونير في نظام الري العادي بين 4.5 في المعاملة CFI و 4.8 في المعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت قيمته بين 4.4 في المعاملة AFI و 4.6 في المعاملة PRD50.

موسم 2009:

يبين الجدول (25) تحليل التيلة في العينات المأخوذة عند القطعة الأولى من المعاملات المختلفة في موسم 2009. يُلاحظ في هذا الموسم أيضاً غياب الفروق المعنوية في نسبة الحليج بين معاملات الري المختلفة كما في الموسمين السابقين، ولكن يُلاحظ وجود منحى عام لزيادة نسبة الحليج مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظام الري المتناوب فقط. يُلاحظ في هذا الموسم انخفاض طول الألياف مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 11)، مع ملاحظة غياب الفروق المعنوية بين المعاملات في نظامي الري كليهما. كما يلاحظ زيادة قيم الطول في معاملات الري المتناوب مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أن هذه الزيادة لم تكن معنوية.

تراوحت قيم طول الألياف في نظام الري العادي بين 30.1 مم في المعاملة DI50 و 30.9 مم في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 30.4 مم في المعاملة PRD50 و 31.3 مم في المعاملة AFI. أما فيما يتعلق بنسبة التجانس فيلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، ووجود منحى عام لانخفاض قيم هذا المؤشر مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 12). تراوحت قيم نسبة التجانس في نظام الري العادي بين 52.7% في المعاملة DI65 و 53.7% في المعاملتين CFI و DI80، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 52.6% في المعاملة PRD50 و 53.9% في المعاملة PRD80. كما يلاحظ أيضاً بالنسبة لمؤشر برسلي لمتانة الألياف غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري

المختلفة، وعدم وجود منحى عام ينظم متوسطات المعاملات في نظامي الري كليهما (الشكل 13). تراوحت قيم مؤشر برسلي في نظام الري العادي بين 9.7 في المعاملة DI50 و 10.1 في DI80، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 9.5 في المعاملة AFI و 10.1 في المعاملة PRD50.

الجدول (25) تأثير معاملات الري المختلفة في معدل الحليج وبعض المواصفات التكنولوجية للتيلة، دير الحجر 2009.

معدل الحليج	الطول	نسبة التجانس	المتانة (برسلي)	المتانة (ستيلوميتير)	الاستطالة	النوعومة	المعاملة
%	مم	%		غ/تكس	%	مايكرونير	
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
38.6	30.9	53.7	9.80	25.21	4.83	4.54	CFI
39.4	30.8	53.7	10.07	26.31	4.70	4.65	DI80
40.2	30.2	52.7	10.01	25.38	4.55	4.70	DI65
38.7	30.1	53.4	9.72	25.07	4.48	4.73	DI50
39.1	31.3	53.6	9.49	24.92	4.83	4.51	AFI
39.5	30.9	53.9	10.03	25.10	4.83	4.63	PRD80
39.6	30.5	53.1	9.77	25.35	4.68	4.66	PRD65
39.8	30.4	52.6	10.08	26.01	4.70	4.71	PRD50
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	نظام الري
*	*	ns	ns	ns	ns	**	مستوى الري
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	التفاعل

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

وكذلك الأمر بالنسبة لمؤشر الستيلومتر لمتانة الألياف يلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، كما يلاحظ أيضاً عدم وجود منحى عام ينظم متوسطات المعاملات في نظامي الري كليهما (الشكل 14). تراوحت قيم مؤشر الستيلومتر في نظام الري العادي بين 25.1 في المعاملة DI50 و 26.3 غ/تكس في المعاملة DI80، وفي نظام الري المتناوب تراوحت بين 24.9 في المعاملة AFI و 26.0 غ/تكس في المعاملة PRD50. ويُلاحظ أيضاً بالنسبة لمؤشر استطالة الألياف غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، ووجود منحى عام لانخفاض قيم مؤشر الاستطالة مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 15). تراوحت قيم مؤشر الاستطالة في نظام الري العادي بين 4.5% في المعاملة DI50 و 4.8% في المعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوحت بين 4.7% في المعاملتين PRD50 و PRD65 و 4.8% في المعاملة AFI. أما بالنسبة لمؤشر المايكرونير فيلاحظ ازدياد قيمته مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 16). كما يلاحظ عدم وجود أية فروق في قيم المايكرونير بين معاملات الري العادي ومثيلاتها من معاملات الري المتناوب. تراوحت قيم المايكرونير في نظام الري العادي بين 4.5 في

المعاملة CFI و 4.7 في المعاملتين DI65 و DI50، وأيضاً في نظام الري المتناوب تراوحت قيمته بين 4.5 في المعاملة AFI و 4.7 في المعاملتين PRD65 و PRD50.

5. إنتاج المادة الجافة ومعدل الاستفادة من السماد الآزوتي:

موسم نمو 2007:

يبين الجدول (26) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة، محتوى النبات من الآزوت، امتصاص الآزوت، ونسبة الآزوت المستجر من السماد Ndff والتربة Ndfs ومعدل الاستفادة من السماد الآزوتي عند مرحلة النضج الفيزيولوجي.

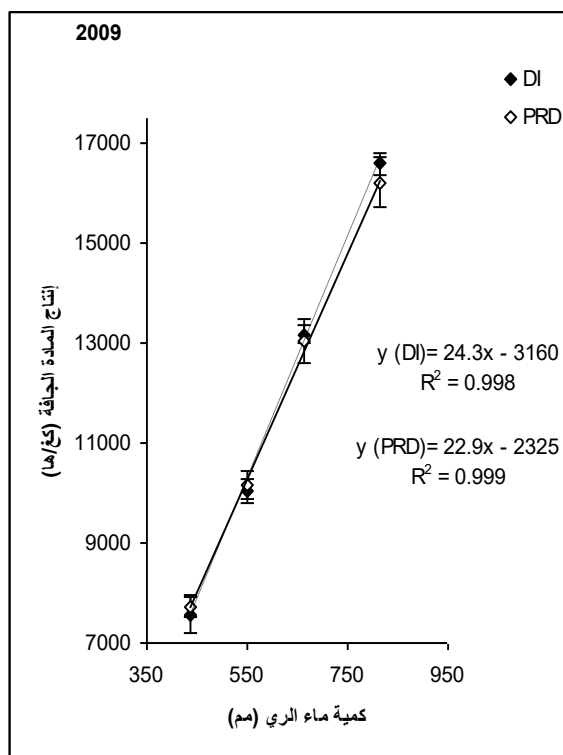
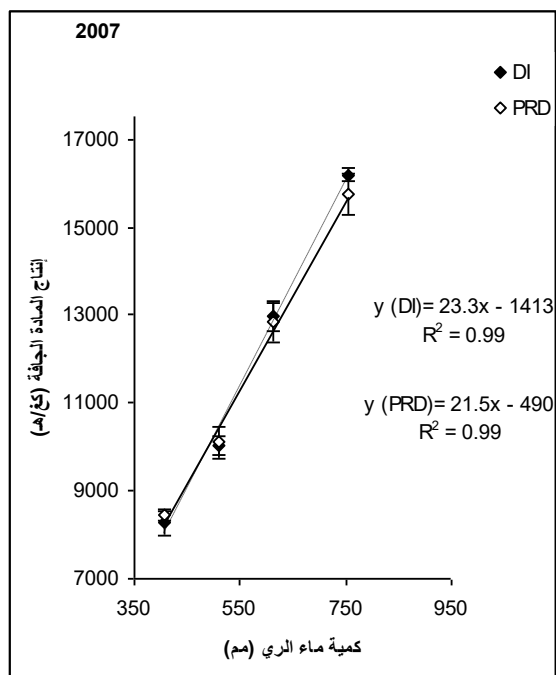
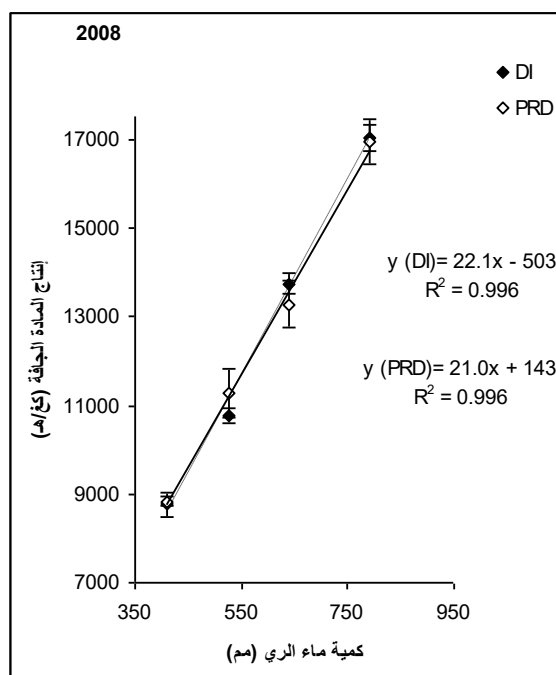
يُلاحظ وجود منحى واضح لزيادة إنتاج المادة الجافة مع زيادة كمية المياه المضافة (الشكل 17) والاستهلاك المائي الموسمي (الشكل 18) ضمن كل نظام ري على حدة، إلا أنّ الفروق لم تكن معنوية بين المستويين 65 و 50% في نظامي الري كليهما. كما يلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتوافقة في مستوى الري من نظامي الري العادي والمتناوب. بلغ أعلى إنتاج للمادة الجافة في نظام الري العادي حوالي 16.2 طن/هـ بالنسبة للمعاملة CFI، في حين بلغ أدنى إنتاج للمادة الجافة حوالي 8.3 طن/هـ بالنسبة للمعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد سجل أعلى إنتاج للمادة الجافة 15.7 طن/هـ للمعاملة AFI وأخفضه 8.4 طن/هـ للمعاملة PRD50. وفيما يتعلق بمؤشر الآزوت الكلي فيلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، وعدم وجود منحى عام ينظم قيم الآزوت الكلي ضمن كل نظام ري على حدة. سلك مؤشر الآزوت الكلي الممتص منحىً مشابهاً لإنتاج المادة الجافة لمستويات الري المختلفة في نظامي الري كليهما (الشكل 19)، ويلاحظ هنا أيضاً غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة من النظامين عند مستوى الري ذاته.

تراوحت كمية الآزوت الكلي الممتص في نظام الري العادي بين 158 كغ/هـ للمعاملة DI50 و 308 كغ/هـ للمعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب تراوحت بين 168 كغ/هـ للمعاملة PRD50 و 314 كغ/هـ للمعاملة AFI. كذلك يُلاحظ أنّ محصول القطن اعتمد على آزوت التربة بشكل أكبر من اعتماده على السماد المضاف لسد احتياجاته من عنصر الآزوت. وهذا ما عكسته بشكل واضح نسبة الآزوت المستمد من التربة (%Ndfs) إذ تراوحت هذه النسبة في نظام الري العادي بين 76.1 للمعاملة DI65 و 77.5% للمعاملتين DI50 و DI80، وفي نظام الري المتناوب بين 74.5 للمعاملة AFI و 75.9% للمعاملة PRD50. وقد انعكس ذلك بشكل جلي على نتائج معدل الاستفادة من السماد الآزوتي إذ تراوحت في نظام الري العادي بين 34.0% للمعاملة DI50 و 69.5% للمعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب بين 38.7% للمعاملة PRD50 و 76.4% للمعاملة AFI. ويُلاحظ انخفاض معدل الاستفادة من السماد الآزوتي مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 20). كما يلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي.

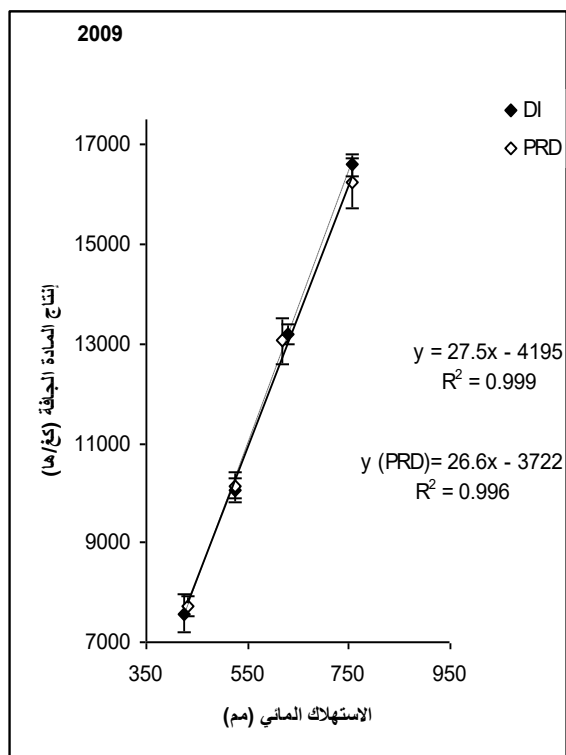
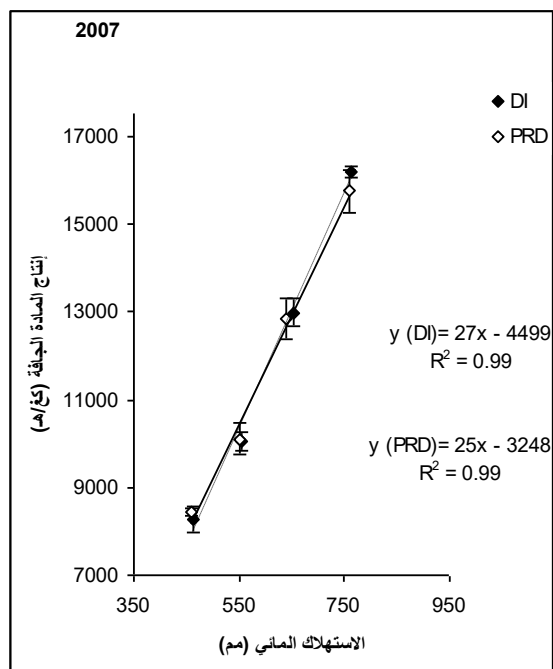
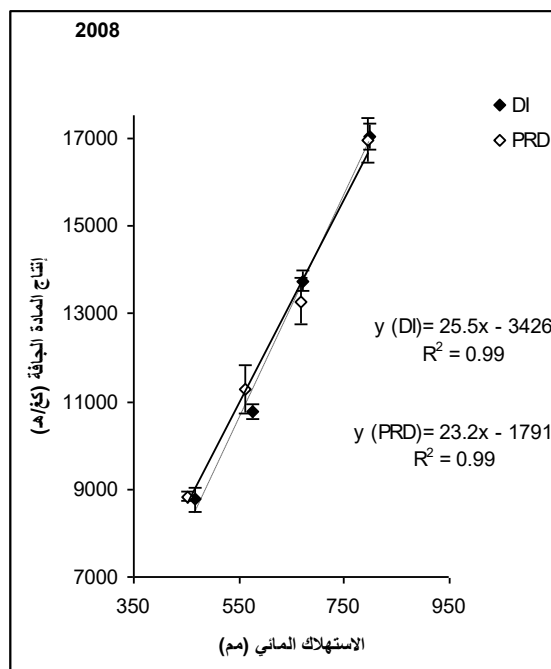
الجدول (26) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الآزوت وفعالية الاستفادة من السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2007.

المعاملة	المادة الجافة	الأزوت الكلي	الأزوت الممتص	Ndff	Ndfs	N-fert yield	معدل الاستفادة من السماد الأزوتي
	كغ/ هـ	%	كغ/ هـ	%	%	كغ/ هـ	%
	***	ns	***	ns	ns	***	***
CFI	16198 a	1.90	308 a	23.6	76.4	72.9 ab	69.5 ab
DI80	12971 b	1.79	233 b	22.5	77.5	52.8 cd	50.3 cd
DI65	10045 c	1.85	186 cd	23.9	76.1	44.8 de	42.7 de
DI50	8287 c	1.90	158 d	22.5	77.5	35.7 e	34.0 e
AFI	15745 a	2.00	314 a	25.5	74.5	80.2 a	76.4 a
PRD80	12853 b	1.95	250 b	25.1	74.9	63.1 bc	60.1 bc
PRD65	10112 c	1.93	196 c	24.7	75.3	48.3 de	46.0 de
PRD50	8440 c	1.99	168 cd	24.1	75.9	40.6 de	38.7 de
نظام الري	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
مستوى الري	***	ns	***	ns	ns	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

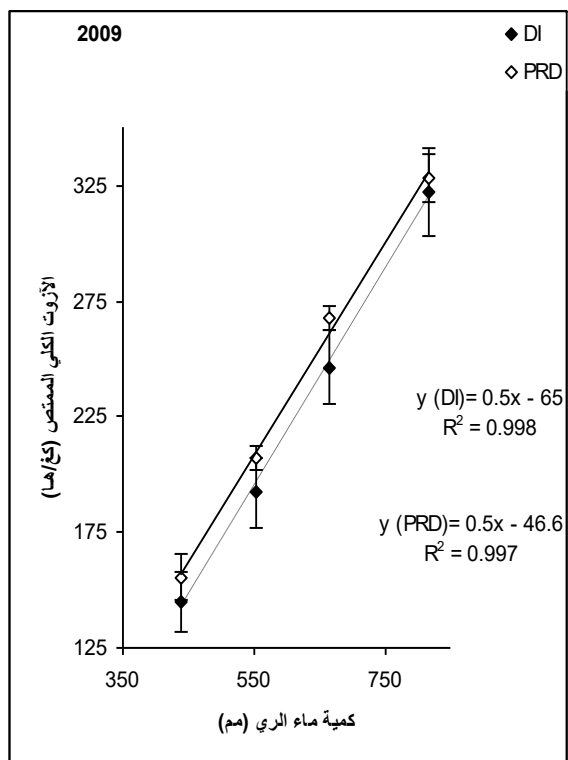
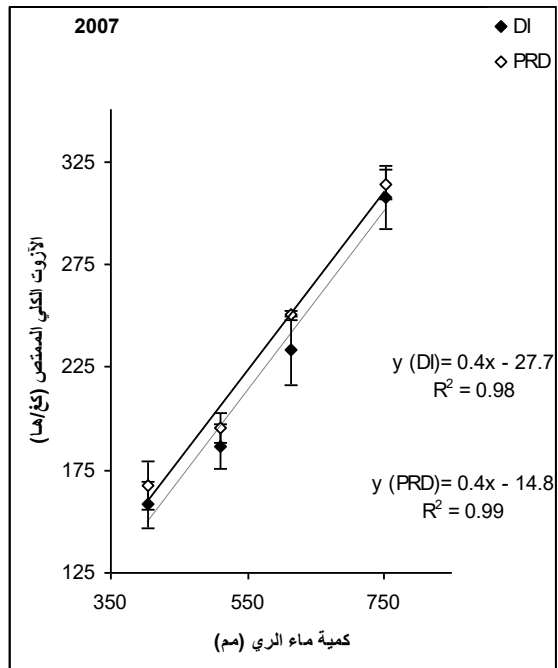
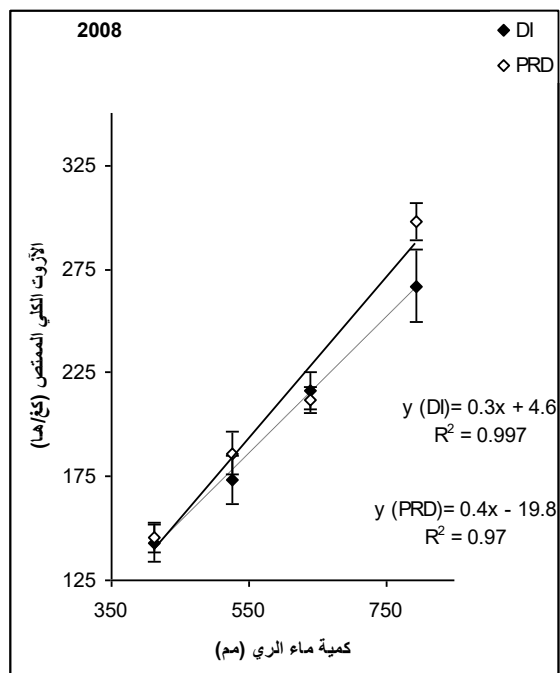
لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT



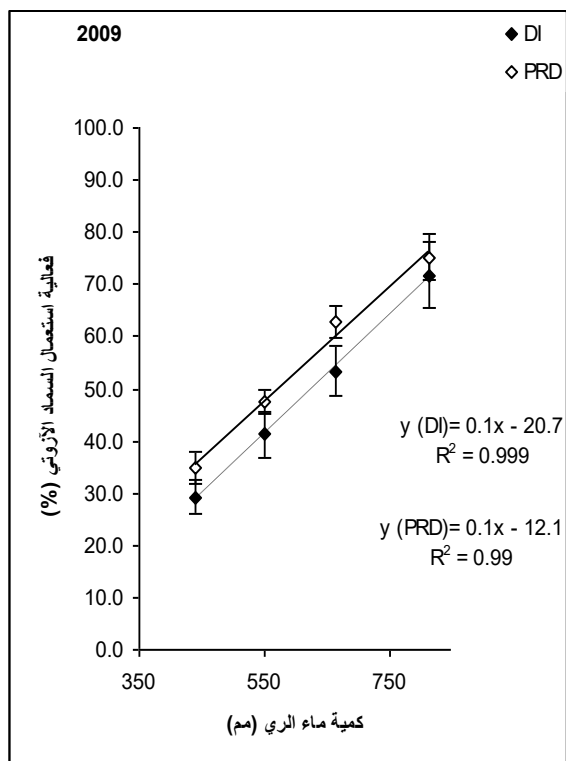
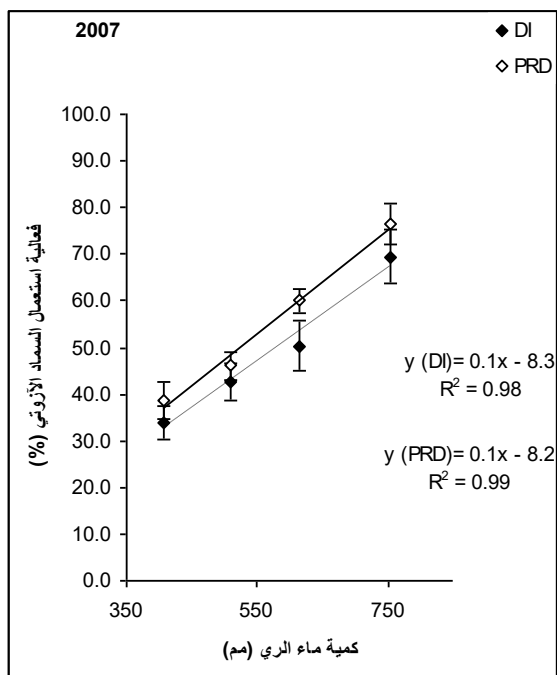
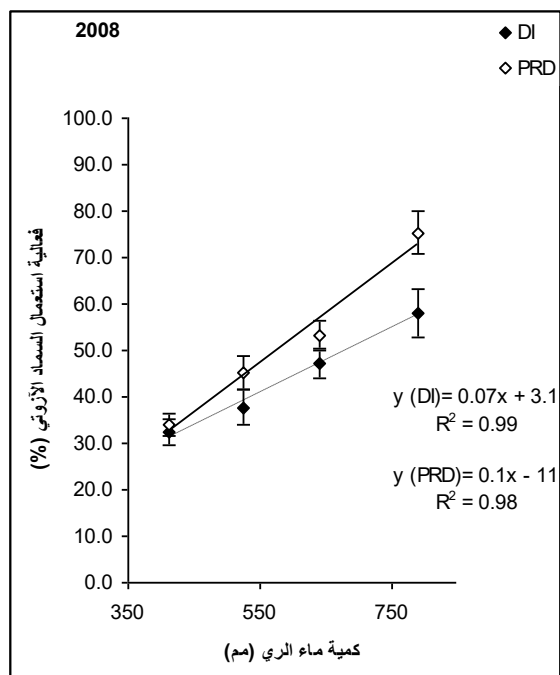
الشكل (17) علاقة إنتاج محصول القطن من المادة الجافة بكمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب.



الشكل (18) علاقة إنتاج المادة الجافة بالاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن في نظامي الري العادي والمتناوب.



الشكل (19) علاقة كمية الآزوت الكلي الممتص بكمية المياه المضافة لمحصول القطن في نظامي الري العادي والمتناوب.



الشكل (20) علاقة فعالية استعمال السماد الأزوتي بكمية المياه المضافة لمحصول القطن في نظامي الري العادي والمتناوب.

يشير الجدول (27) إلى الإنتاج الكلي للمادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لنبات القطن في معاملات الري المختلفة إضافة إلى نسبة الأجزاء الثمرية إلى الأجزاء الخضرية (RVR) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي.

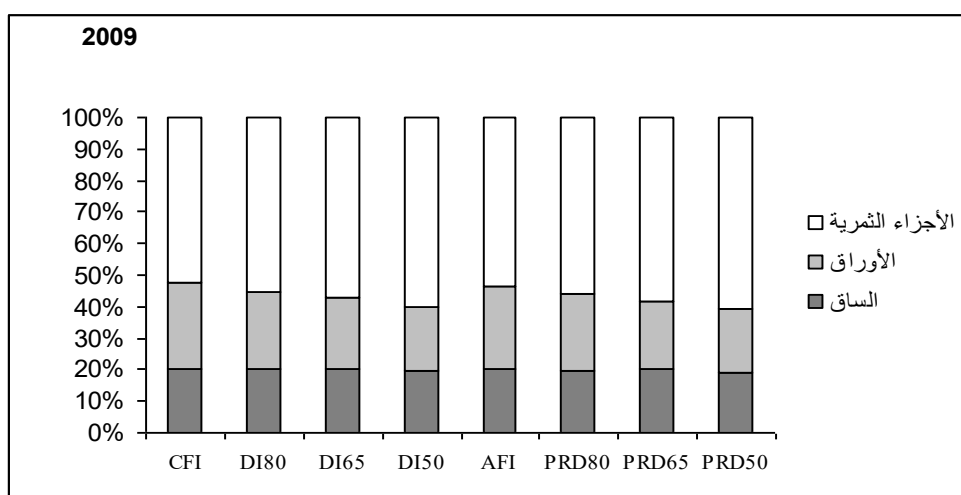
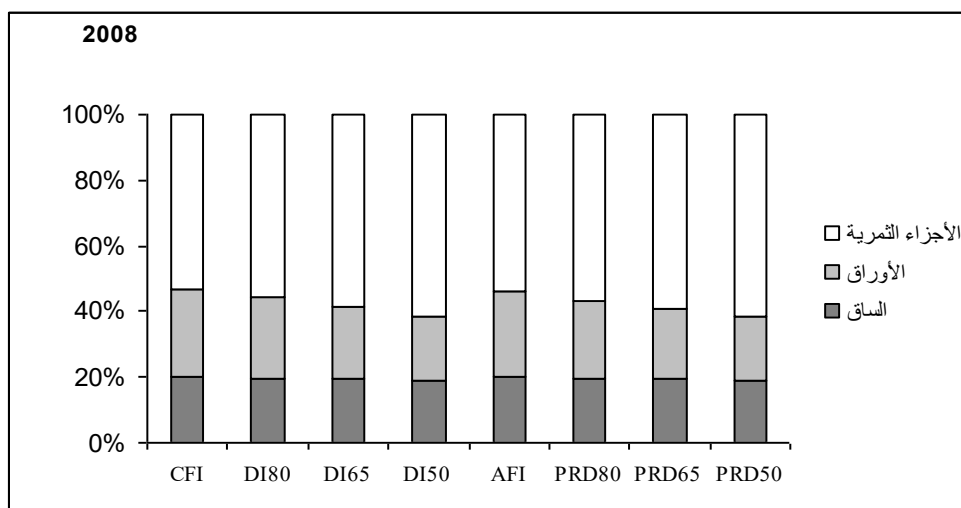
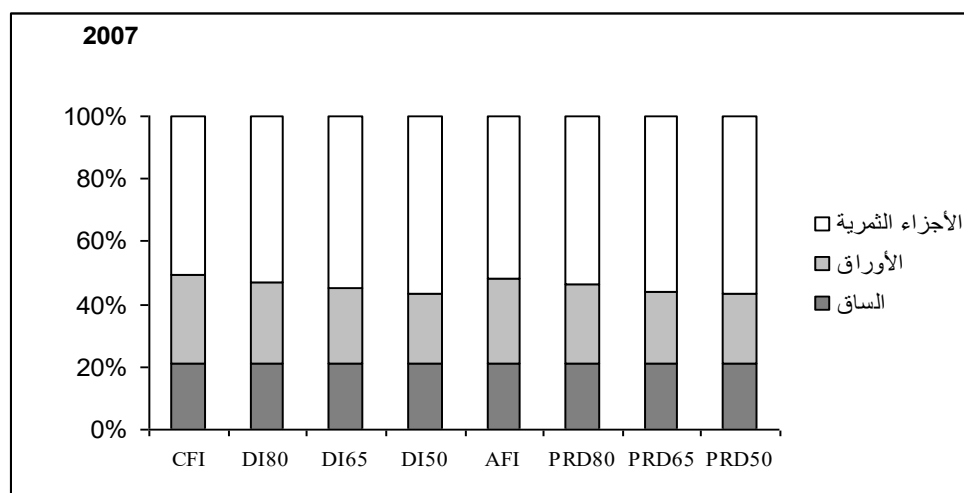
توزعت المادة الجافة في الأنسجة النباتية لمعاملات نظام الري العادي كالتالي: الأوراق بين 22.3% للمعاملة DI50 و 28.2% للمعاملة CFI، أما السوق فتراوحت بين 21.0% للمعاملات CFI, DI80, DI65 و 21.1% للمعاملة DI50، والأجزاء الثمرية بين 50.8% للمعاملة CFI و 56.7% للمعاملة DI50. ويُلاحظ أنَّ نسبة توزع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة في نظام الري المتناوب كانت متقاربة جداً مع نظام الري العادي وسلكت المنحنى ذاته تقريباً. ولكن يُلاحظ في كلا نظامي الري أن الجزء الأكبر من المادة الجافة قد تركز في المكونات الثمرية. كما يُلاحظ وجود زيادة في نسبة المكونات الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة وكانت هذه الزيادة على حساب نسبة الأوراق في المادة الجافة (الشكل 21). وتدل على ذلك أيضاً زيادة نسبة المكونات الثمرية إلى الخضرية (RVR) مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما.

الجدول (27) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزيعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر 2007.

المعاملة	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمارية	النبات الكامل	RVR
	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	%
	***	***	***	***	ns
CFI	4569 a (28.2%)	3406 a (21.0%)	8223 a (50.8%)	16198 a	1.03
DI80	3402 b (26.2%)	2729 b (21.0%)	6841 b (52.7%)	12971 b	1.12
DI65	2434 c (24.2%)	2113 cd (21.0%)	5499 c (54.7%)	10045 c	1.21
DI50	1845 c (22.3%)	1745 d (21.1%)	4696 c (56.7%)	8287 c	1.31
AFI	4284 a (27.2%)	3310 a (21.0%)	8150 a (51.8%)	15745 a	1.07
PRD80	3242 b (25.2%)	2704 bc (21.0%)	6907 b (53.7%)	12853 b	1.16
PRD65	2349 c (23.2%)	2127 cd (21.0%)	5636 c (55.7%)	10112 c	1.26
PRD50	1878 c (22.3%)	1777 d (21.1%)	4785 c (56.7%)	8440 c	1.31
نظام الري	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	***	***	***	*
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد

DMRT



الشكل (21) توزع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة لمحصول القطن في معاملات الري العادي والمتناوب.

موسم نمو 2008:

يبين الجدول (28) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة، محتوى النبات من الآزوت، امتصاص الآزوت، ونسبة الآزوت المستجر من السماد والتربة ومعدل الاستفادة من السماد الآزوتي عند مرحلة النضج الفيزيولوجي في موسم 2008.

الجدول (28) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الآزوت وفعالية الاستفادة من السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2008.

المعاملة	المادة الجافة	الأزوت الكلي	الأزوت الكلي الممتص	Ndff	Ndfs	N-fert yield	معدل الاستفادة من السماد الآزوتي
	كغ/ هـ	%	كغ/ هـ	%	%	كغ/ هـ	%
CFI	17027 a	1.56	267 a	21.7 c	78.3 a	58.0 b	***
DI80	13739 ab	1.58	216 b	21.7 c	78.3 a	47.0 bcd	***
DI65	10775 bc	1.61	173 cd	21.7 c	78.3 a	37.8 def	***
DI50	8763 c	1.63	143 d	22.5 bc	77.5 ab	32.4 f	***
AFI	16949 a	1.76	298 a	25.2 a	74.8 c	75.4 a	***
PRD80	13283 abc	1.60	212 b	25.2 a	74.8 c	53.3 bc	***
PRD65	11288 bc	1.66	186 bc	24.2 ab	75.8 bc	45.3 cde	***
PRD50	8837 c	1.65	146 d	23.3 abc	76.7 abc	33.9 ef	***
نظام الري	ns	ns	ns	***	***	**	**
مستوى الري	***	ns	***	ns	ns	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

حيث يُلاحظ انخفاض إنتاج المادة الجافة مع انخفاض كمية المياه المضافة في كل نظام ري على حدة (الشكل 17)، إلا أن الفروق لم تكن معنوية بين كل مستويي ري متتاليين في نظامي الري كليهما. كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة من نظامي الري عند مستوى الري ذاته. بلغ أعلى إنتاج للمادة الجافة في نظام الري العادي 17.0 طن/هـ للمعاملة CFI، في حين بلغ أدنى إنتاج للمادة الجافة 8.8 طن/هـ للمعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد سجل أعلى إنتاج للمادة الجافة 16.9 طن/هـ للمعاملة AFI وأخفضه 8.8 طن/هـ للمعاملة PRD50. ويُلاحظ في هذا الموسم أيضاً عدم وجود فروق معنوية في مؤشر الآزوت الكلي بين معاملات الري المختلفة، ووجود منحى عام يتمثل بصورة زيادة طفيفة غير معنوية في قيم الآزوت الكلي مع انخفاض مستوى الري في نظام الري العادي فقط. بينما سلك مؤشر الآزوت الكلي الممتص منحىً مشابهاً لإنتاج المادة الجافة لمستويات الري المختلفة في نظامي الري كليهما؛ حيث يلاحظ انخفاض كمية الآزوت الممتص مع انخفاض كمية المياه المضافة (الشكل 19). ويُلاحظ هنا أيضاً غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة

من النظامين عند مستوى الري ذاته. تراوحت كمية الآزوت الكلي الممتص في نظام الري العادي ما بين 143 كغ/هـ للمعاملة DI50 و 267 كغ/هـ للمعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت ما بين 146 كغ/هـ للمعاملة PRD50 و 298 كغ/هـ للمعاملة AFI. الشيء الملاحظ في هذا الموسم أيضاً أنّ محصول القطن قد اعتمد على آزوت التربة بشكل أكبر من اعتماده على السماد المضاف لسد احتياجاته من عنصر الآزوت. وهذا ما عكسته بشكل واضح نسبة الآزوت المستمد من التربة ($Ndfs\%$)؛ إذ تراوحت هذه النسبة في نظام الري العادي بين 78.3% للمعاملات CFI، DI80، DI65 و 77.5% للمعاملة DI50، وفي نظام الري المتناوب بين 74.8% للمعاملتين AFI، PRD80 و 76.7% للمعاملة PRD50. وقد انعكس ذلك بشكل واضح وجليّ على نتائج معدل الاستفادة من السماد الآزوتي؛ إذ تراوحت في نظام الري العادي بين 32.4% للمعاملة DI50 و 58.0% للمعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب بين 33.9% للمعاملة PRD50 و 75.4% للمعاملة AFI. ويُلاحظ انخفاض معدل الاستفادة من السماد الآزوتي مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 20)، كما يلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي باستثناء تفوق معاملة الري المتناوب AFI معنوياً على معاملة الري العادي CFI.

يشير الجدول (29) إلى الإنتاج الكلي للمادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لنبات القطن في معاملات الري المختلفة إضافة إلى نسبة الأجزاء الثمرية إلى الأجزاء الخضرية (RVR) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي في موسم 2008.

توزعت المادة الجافة في الأنسجة النباتية لمعاملات نظام الري العادي كالتالي: الأوراق بين 19.7% للمعاملة DI50 و 26.9% للمعاملة CFI، أما السوق فتراوحت بين 19.0% للمعاملة DI50 و 20.0% للمعاملة CFI، والمكونات الثمرية بين 53.1% للمعاملة CFI و 61.3% للمعاملة DI50. يُلاحظ في نظام الري المتناوب أنّ نسبة توزع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة كانت متقاربة جداً مع نظام الري العادي، وسلكت المنحى ذاته تقريباً. ولكن يُلاحظ في كلا نظامي الري أنّ الجزء الأكبر من المادة الجافة قد تركز في المكونات الثمرية. كما يُلاحظ وجود زيادة في نسبة المكونات الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة على حساب نسبة الأوراق في المادة الجافة بشكل رئيسي (الشكل 21). وتدل على ذلك أيضاً زيادة نسبة المكونات الثمرية إلى الخضرية (RVR) مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما، إلا أنّ هذه الزيادة لم تكن معنوية.

الجدول (29) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر 2008.

المعاملة	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمارية	النبات الكامل	RVR
	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	%
	***	***	***	***	ns
CFI	4583 a (26.9%)	3399 a (20.0%)	9045 a (53.1%)	17027 a	1.13
DI80	3383 ab (24.6%)	2709 ab (19.7%)	7647 ab (55.7%)	13739 ab	1.26
DI65	2394 bc (22.2%)	2087 b (19.4%)	6293 b (58.4%)	10775 bc	1.40
DI50	1731 c (19.7%)	1664 b (19.0%)	5368 b (61.3%)	8763 c	1.58
AFI	4391 a (25.9%)	3382 a (20.0%)	9176 a (54.1%)	16949 a	1.18
PRD80	3129 b (23.6%)	2612 ab (19.7%)	7542 ab (56.8%)	13283 abc	1.31
PRD65	2402 bc (21.3%)	2193 b (19.4%)	6692 ab (59.3%)	11288 bc	1.46
PRD50	1745 c (19.8%)	1678 b (19.0%)	5413 b (61.3%)	8837 c	1.58
نظام الري	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	***	***	***	*
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

موسم نمو 2009:

يبين الجدول (30) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة، محتوى النبات من الآزوت، امتصاص الآزوت، ونسبة الآزوت المستجر من السماد والتربة ومعدل الاستفادة من السماد الآزوتي عند مرحلة النضج الفيزيولوجي في موسم 2009.

الجدول (30) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وامتصاص الآزوت وفعالية الاستفادة من السماد عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2009.

المعاملة	المادة الجافة	الأزوت الكلي	الأزوت الكلي الممتص	Ndff	Ndfs	N-fert yield	معدل الاستفادة من السماد الآزوتي
	كغ/هـ	%	كغ/هـ	%	%	كغ/هـ	%
	***	ns	***	*	*	***	***
CFI	16600 a	1.94	322 a	24.5 bc	75.5 bc	79.0 a	71.8 a
DI80	13188 b	1.87	246 b	23.7 abc	76.3 abc	58.7 bc	53.4 bc
DI65	10047 c	1.91	192 cd	23.4 bc	76.6 ab	45.3 cde	41.2 cde
DI50	7565 d	1.90	145 e	22.1 c	77.9 a	32.2 e	29.3 e
AFI	16236 a	2.03	328 a	25.2 ab	74.8 bc	82.8 a	75.3 a
PRD80	13056 b	2.06	268 b	25.8 a	74.2 c	69.3 ab	62.9 ab
PRD65	10156 c	2.05	207 c	25.1 ab	74.9 bc	52.2 cd	47.5 cd
PRD50	7716 d	2.02	156 de	24.6 ab	75.4 bc	38.5 de	35.0 de
نظام الري	ns	ns	ns	**	**	*	*
مستوى الري	***	ns	***	ns	ns	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

حيث يُلاحظ من الجدول (30) وجود زيادة معنوية في إنتاج المادة الجافة مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 17). كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتوافقة في مستوى الري من نظامي الري العادي والمتناوب. بلغ أعلى إنتاج للمادة الجافة في نظام الري العادي 16.6 طن/هـ للمعاملة CFI، في حين بلغ أدنى إنتاج 7.6 طن/هـ للمعاملة DI50، أما في نظام الري المتناوب فقد سجل أعلى إنتاج للمادة الجافة 16.2 طن/هـ للمعاملة AFI وأخفضه 7.7 طن/هـ للمعاملة PRD50. وفيما يتعلق بمؤشر الآزوت الكلي يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، وعدم وجود منحنى عام ينظم قيم الآزوت الكلي ضمن كل نظام ري على حدة. سلك مؤشر الآزوت الكلي الممتص منحنىً مشابهاً لإنتاج المادة الجافة لمستويات الري المختلفة في نظامي الري كليهما؛ حيث يُلاحظ وجود زيادة معنوية في كمية الآزوت

المتنص مع زيادة كمية المياه المضافة (الشكل 19). ويُلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة من النظامين عند مستوى الري ذاته. تراوحت كمية الأزوت الكلي المتنص في نظام الري العادي ما بين 145 كغ/هـ للمعاملة DI50 و322 كغ/هـ للمعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت ما بين 156 كغ/هـ للمعاملة PRD50 و328 كغ/هـ للمعاملة AFI. كذلك يُلاحظ اعتماد محصول القطن على أزوت التربة بشكل أكبر من اعتماده على السماد المضاف لسد احتياجاته من عنصر الأزوت. وهذا ما عكسته بوضوح نسبة الأزوت المستمد من التربة (Ndfs%)؛ إذ تراوحت هذه النسبة في نظام الري العادي بين 75.5% للمعاملة CFI و77.9% للمعاملة DI50، وفي نظام الري المتناوب بين 74.2% للمعاملة PRD80 و75.4% للمعاملة PRD50. وقد انعكس ذلك جلياً على نتائج معدل الاستفادة من السماد الأزوتي؛ إذ تراوحت في نظام الري العادي بين 32.2% للمعاملة DI50 و79.0% للمعاملة CFI، وفي نظام الري المتناوب بين 38.5% للمعاملة PRD50 و82.8% للمعاملة AFI. ويُلاحظ انخفاض معدل الاستفادة من السماد الأزوتي مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 20). كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي.

يشير الجدول (31) إلى الإنتاج الكلي للمادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لنبات القطن في معاملات الري المختلفة، إضافة إلى نسبة الأجزاء الثمرية إلى الأجزاء الخضرية (RVR) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي في موسم نمو 2009. توزعت المادة الجافة في الأنسجة النباتية لمعاملات نظام الري العادي كالتالي: الأوراق بين 20.5% للمعاملة DI50 و27.1% للمعاملة CFI، أما السوق فتراوحت بين 19.4% للمعاملة DI50 و20.5% للمعاملة CFI، والمكونات الثمرية بين 52.5% للمعاملة CFI و60.1% للمعاملة DI50. يُلاحظ أنّ توزيع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة في نظام الري المتناوب كان متقارباً جداً مع نظام الري العادي، وسلك المنحى ذاته تقريباً. ولكن يُلاحظ في كلا نظامي الري أنّ الجزء الأكبر من المادة الجافة قد تركز في المكونات الثمرية. كما يُلاحظ وجود زيادة في نسبة المكونات الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة وكانت هذه الزيادة على حساب نسبة الأوراق في المادة الجافة بشكل رئيسي (الشكل 21). وتدل على ذلك أيضاً زيادة نسبة المكونات الثمرية إلى الخضرية (RVR) مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما.

الجدول (31) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وتوزعها في أجزاء النبات المختلفة، دير الحجر 2009.

المعاملة	الأوراق	المساق	الأجزاء الثمارية	النبات الكامل	RVR
	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	كغ/ هـ	%
	***	***	***	***	*
CFI	4491 a (27.1%)	3402 a (20.5%)	8707 a (52.5%)	16600 a	1.10 d
DI80	3261 b (24.7%)	2660 b (20.2%)	7267 b (55.1%)	13188 b	1.23 bcd
DI65	2246 c (22.4%)	2053 c (20.4%)	5748 c (57.2%)	10047 c	1.34 abcd
DI50	1552 d (20.5%)	1465 d (19.4%)	4548 d (60.1%)	7565 d	1.51 ab
AFI	4249 a (26.2%)	3270 a (20.1%)	8717 a (53.7%)	16236 a	1.16 cd
PRD80	3176 b (24.3%)	2548 b (19.5%)	7332 b (56.2%)	13056 b	1.28 abcd
PRD65	2207 c (21.7%)	2029 c (20.0%)	5920 c (58.3%)	10156 c	1.40 abc
PRD50	1575 d (20.4%)	1464 d (19.0%)	4677 d (60.6%)	7716 d	1.54 a
نظام الري	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	***	***	***	**
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

6. مؤشرات النمو الخضري:

بالإضافة إلى دراسة إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة في نهاية موسم النمو، دُرِس تطور ارتفاع نبات القطن في موسم النمو كما دُرِسَت تغيرات قيم المساحة الورقية بين معاملات الري المختلفة في مواعيد اعتيان مختلفة، بغية تحديد تأثير الري الناقص العادي والجزئي المتناوب في تطور المجموع الخضري لنبات القطن.

6.1. تطور ارتفاع نبات القطن:

موسم نمو 2007:

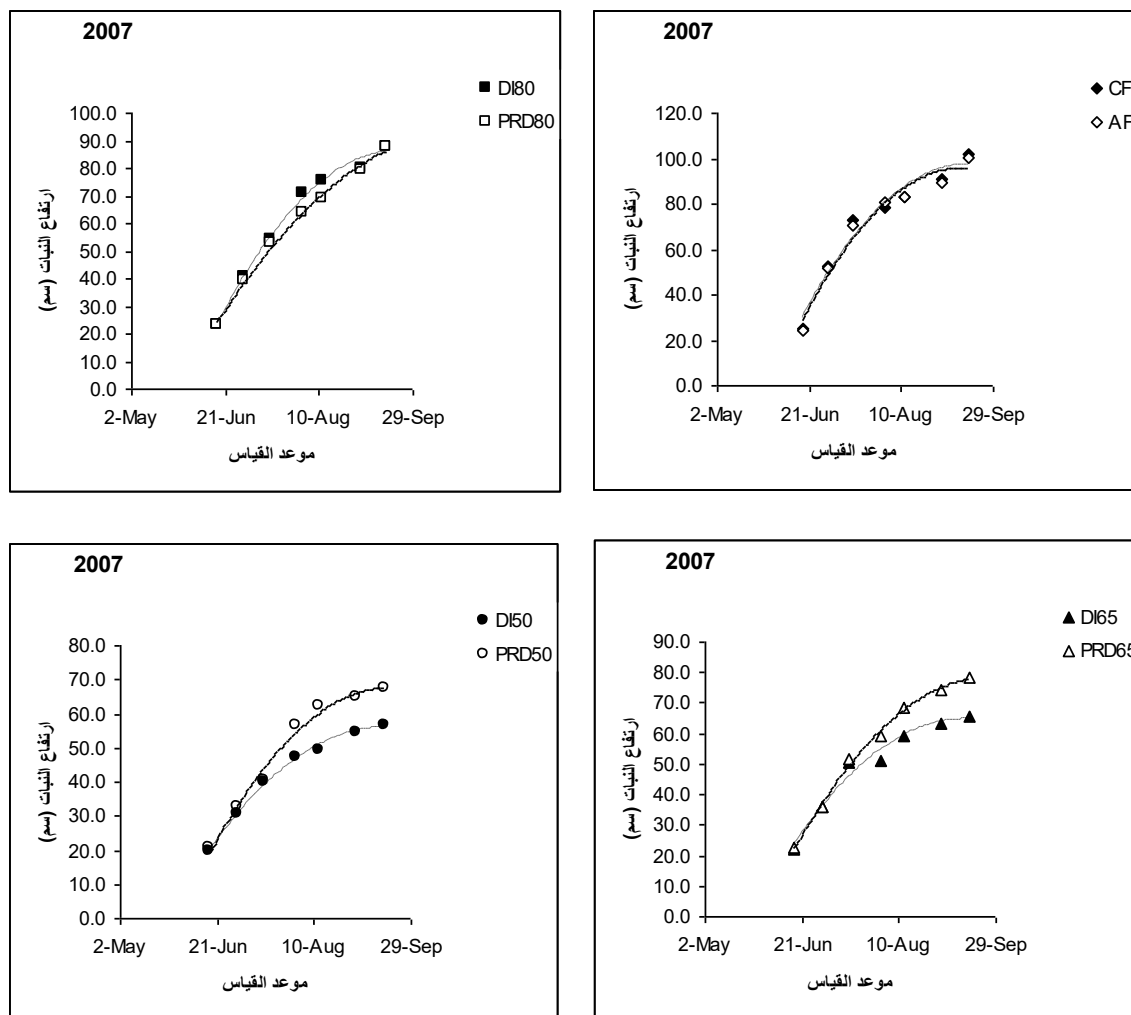
يبين الجدول (32) والشكل (22) تطور ارتفاع نبات القطن في معاملات الري المختلفة في موسم نمو 2007 حسب مواعيد القياس المختلفة.

الجدول (32) تأثير معاملات الري المختلفة في تطور ارتفاع نباتات القطن (سم) خلال موسم النمو في مواعيد القياس المختلفة، دير الحبر 2007.

المعاملة	موعد القياس	6/17	7/1	7/15	8/1	8/12	9/1	9/15
CFI	ns	24.9	52.7 a	72.9 a	80.5 a	83.3 a	91.3 a	102.0 a
DI80	23.5	40.7 b	54.1 b	71.0 b	75.5 b	80.0 b	88.0 b	88.0 b
DI65	22.3	35.9 cd	50.4 b	51.3 ef	59.3 d	63.3 d	65.8 d	65.8 d
DI50	19.5	30.5 e	40.0 c	47.3 fg	49.5 e	54.5 e	56.8 e	56.8 e
AFI	24.6	52.2 a	71.0 a	78.5 a	83.3 a	89.5 a	100.5 a	100.5 a
PRD80	23.2	39.6 bc	52.7 b	64.0 c	69.3 c	79.3 b	88.0 b	88.0 b
PRD65	22.5	36.1 cd	51.9 b	59.3 cd	68.5 c	74.5 c	78.3 c	78.3 c
PRD50	20.6	32.6 de	40.4 c	56.5 de	62.3 d	64.8 d	67.5 d	67.5 d
نظام الري	ns	ns	ns	*	**	***	*	*
مستوى الري	*	***	***	***	***	***	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	**	***	***	*	*

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P > 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

يُلاحظ بوضوح زيادة طول النبات مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة في مواعيد القياس المختلفة. لم تكن الفروق معنوية بين معاملات الري المختلفة في بداية موسم النمو، ولكنّها أصبحت معنوية في القياسات اللاحقة في كلا نظامي الري. يُلاحظ وجود تدرج في انخفاض طول النبات مع انخفاض كمية المياه المضافة وهكذا حتى القياسين الأخيرين؛ حيث ظهر في المراحل المتأخرة من موسم النمو تأثير مستوى الري جلياً في التفوق المعنوي لكل مستوى ري على المستوى الأقل منه مباشرةً.



الشكل (22) تطور ارتفاع نباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب، موسم نمو 2007.

كما يُلاحظ في منتصف موسم النمو في شهر تموز غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة من نظامي الري. أما في شهر آب فقد ظهر فرق معنوي عند المستوى 80% تمثل في تفوق معاملة الري العادي DI80 معنوياً على معاملة الري المتناوب PRD80، وعند المستويين 65 و 50% حيث كانت نباتات المعاملتين PRD65 و PRD50 أطول معنوياً من نباتات المعاملتين DI65 و DI50 على التوالي. وفي المراحل المتأخرة من موسم النمو غابت الفروق المعنوية في طول النبات عند المستوى 80%، بينما بقيت الفروق معنوية عند المستويين 65 و 50% حتى نهاية موسم النمو. تراوحت قيم الارتفاع النهائي لنباتات القطن بين 56.8 سم في المعاملة DI50 و 102.0 سم في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 67.5 سم في المعاملة PRD50 و 100.5 سم في المعاملة AFI.

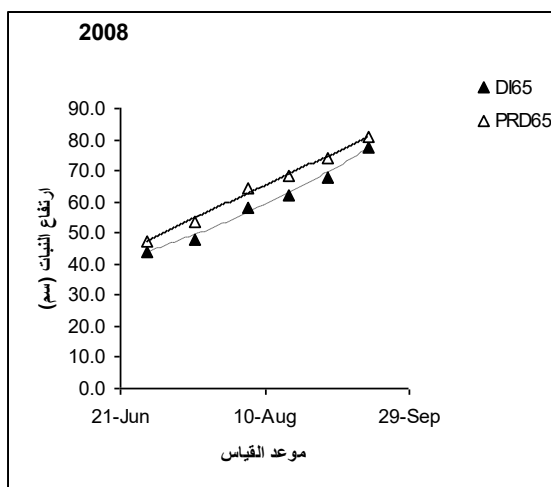
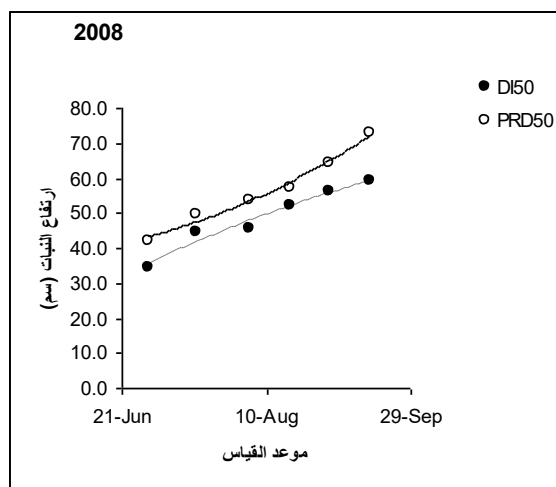
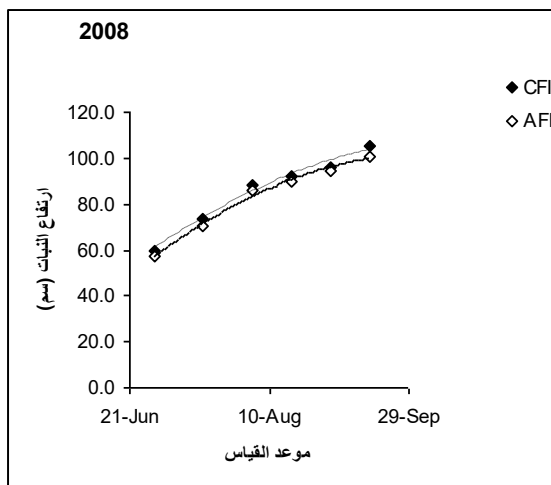
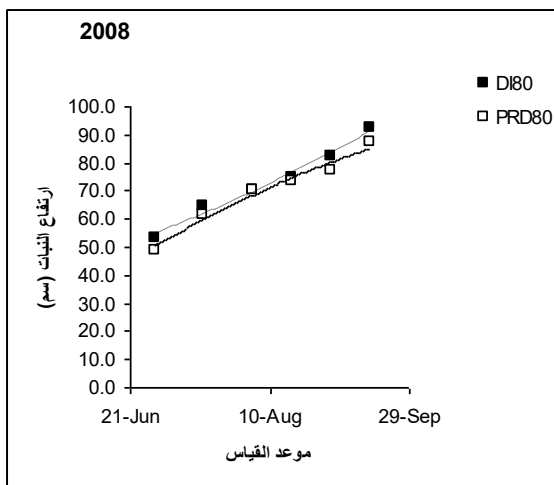
موسم نمو 2008:

يبين الجدول (33) والشكل (23) تطور ارتفاع نبات القطن في معاملات الري المختلفة في موسم نمو 2008. يُلاحظ بجلاء زيادة طول النبات مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة في مواعيد القياس المختلفة. وعموماً يمكن القول أنّ نباتات القطن عند المستويين 100 و80% في نظام الري المتناوب (المعاملتين AFI وPRD80) كانت أقصر من مثيلاتها في نظام الري العادي (المعاملتين CFI وDI80). بينما يُلاحظ عكس ذلك تماماً عند المستويين 65 و50%؛ حيث كانت نباتات المعاملتين PRD65 وPRD50 أطول من نباتات المعاملتين DI65 وDI50 على التوالي. تراوحت قيم الارتفاع النهائي لنباتات القطن بين 59.2 سم في المعاملة DI50 و105.5 سم في المعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 73.0 سم في المعاملة PRD50 و101.0 سم في المعاملة AFI.

الجدول (33) تأثير معاملات الري المختلفة في تطور ارتفاع نباتات القطن (سم) خلال موسم النمو في مواعيد القياس المختلفة، دير الحجر 2008.

المعاملة	موعد القياس	6/30	7/17	8/4	8/18	9/1	9/15
CFI	***	60.0 a	73.8 a	87.9 a	92.2 a	95.7 a	105.5 a
DI80	***	53.3 bc	64.5 c	70.2 b	74.5 b	82.1 b	92.4 c
DI65	***	44.0 ef	48.0 f	58.1 d	62.4 d	67.7 d	77.7 e
DI50	***	34.5 g	44.5 g	45.7 f	51.9 f	56.2 e	59.2 g
AFI	***	57.0 ab	70.8 b	85.9 a	89.6 a	94.5 a	101.0 b
PRD80	***	49.0 cd	61.5 d	70.3 b	73.3 b	77.0 c	87.3 d
PRD65	***	47.5 de	53.8 e	64.3 c	68.2 c	74.0 c	81.0 e
PRD50	***	42.3 f	49.5 f	53.8 e	57.5 e	64.5 d	73.0 f
نظام الري	ns	ns	*	**	ns	*	ns
مستوى الري	***	***	***	***	***	***	***
التفاعل	**	**	***	**	***	***	***

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P > 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT



الشكل (23) تطور ارتفاع نباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب، موسم نمو 2008.

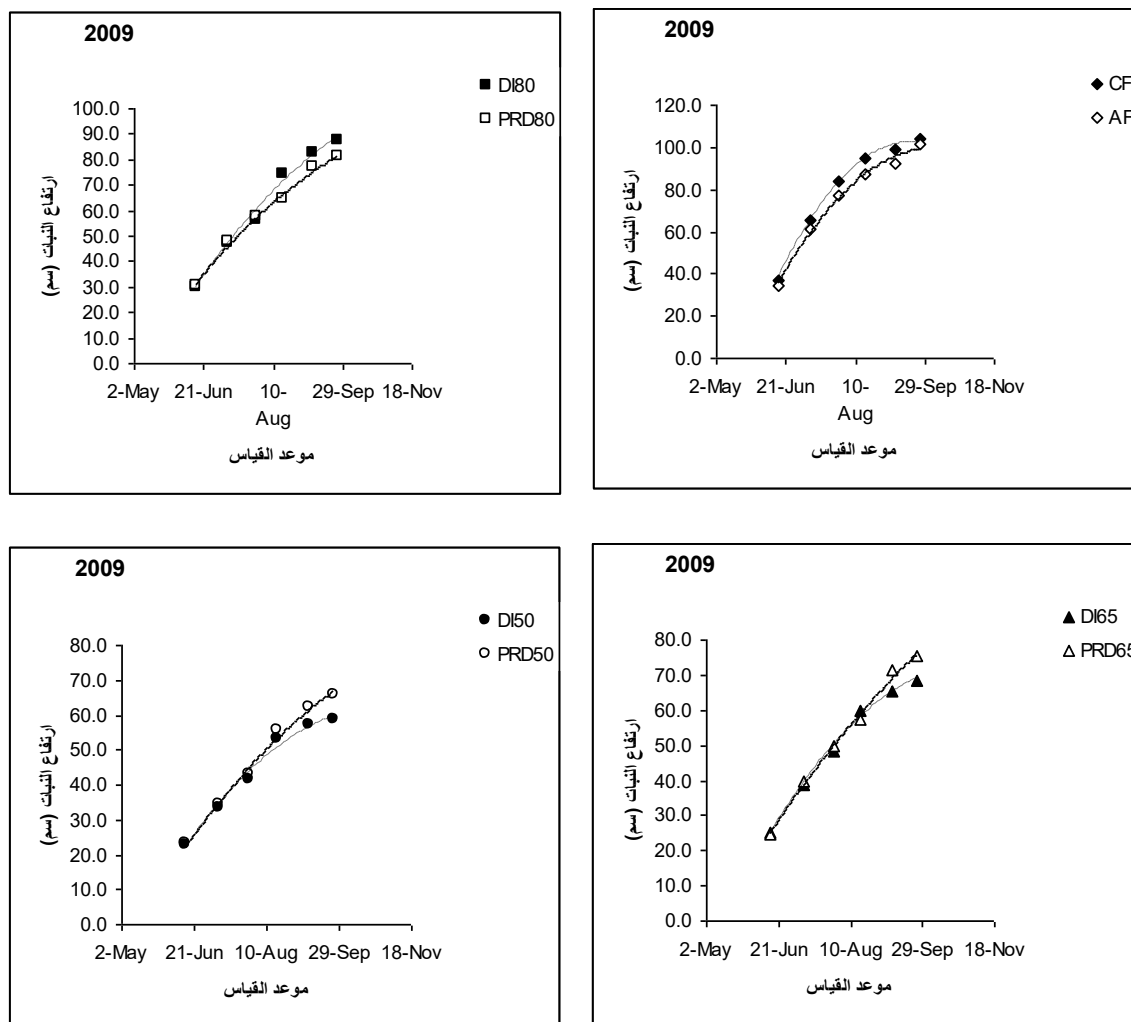
موسم نمو 2009:

يبين الجدول (34) والشكل (24) تطور ارتفاع نبات القطن في معاملات الري المختلفة في موسم نمو 2009. يُلاحظ بوضوح زيادة طول النبات مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة في مواعيد القياس المختلفة. ويُلاحظ بعد منتصف موسم النمو أنَّ نباتات القطن عند المستويين 100 و 80% في نظام الري المتناوب (المعاملتين AFI و PRD80) كانت أقصر من مثيلاتها في نظام الري العادي (المعاملتين CFI و DI80). بينما يُلاحظ عكس ذلك تماماً عند المستويين 65 و 50%؛ حيث كانت نباتات المعاملتين PRD65 و PRD50 أطول من نباتات المعاملتين DI65 و DI50 على التوالي. تراوحت قيم الارتفاع النهائي لنباتات القطن بين 58.7 سم في المعاملة DI50 و 104.0 سم في المعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 65.9 سم في المعاملة PRD50 و 101.7 سم في المعاملة AFI.

الجدول (34) تأثير معاملات الري المختلفة في تطور ارتفاع نباتات القطن (سم) خلال موسم النمو في مواعيد القياس المختلفة، دير الحجر 2009.

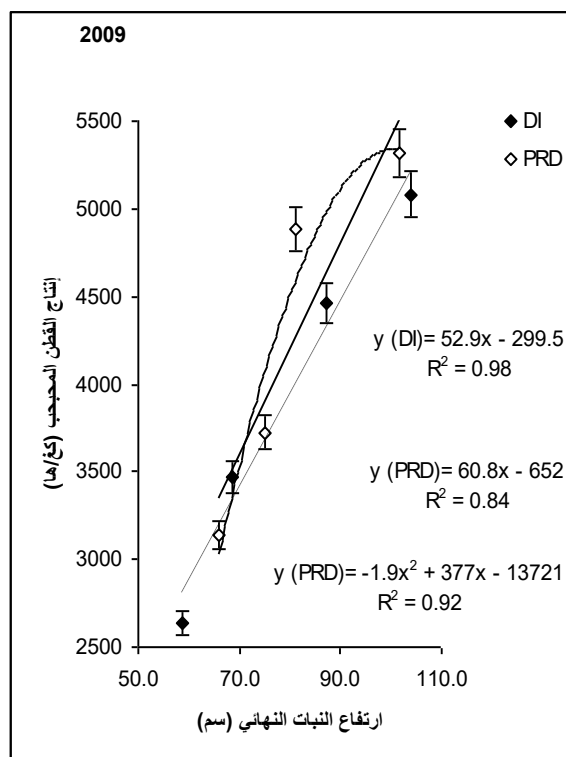
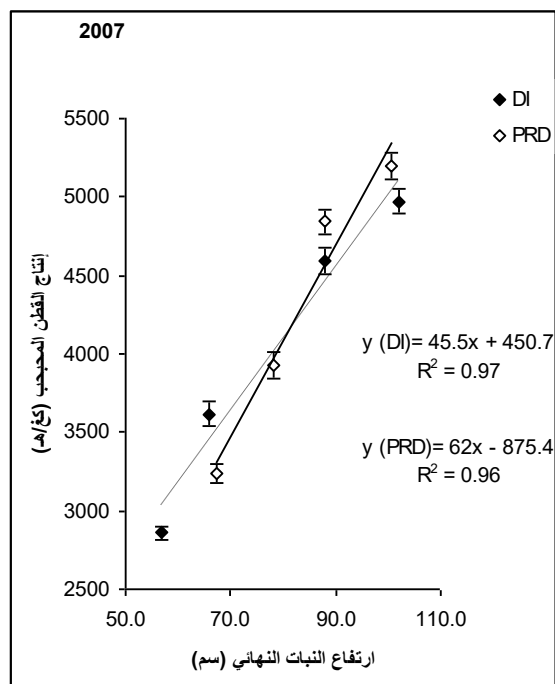
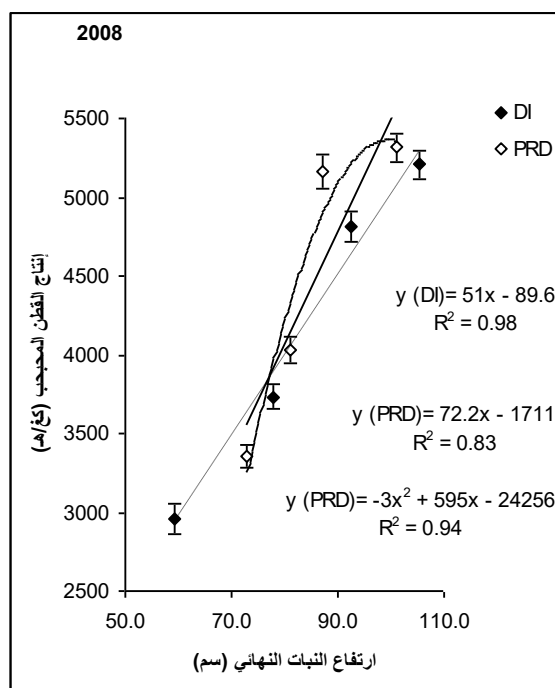
المعاملة	موعد القياس	6/15	7/8	7/29	8/17	9/8	9/25
CFI		36.8 a	65.5 a	83.8 a	94.6 a	99.4 a	104.0 a
DI80		30.2 b	47.2 b	56.1 bc	74.6 b	82.7 b	87.3 b
DI65		25.3 c	38.5 cd	48.4 de	59.7 cd	65.6 de	68.5 de
DI50		22.9 c	33.6 d	41.7 e	53.1 d	57.0 f	58.7 f
AFI		34.4 a	61.1 a	77.4 a	87.4 a	92.2 a	101.7 a
PRD80		30.4 b	47.9 b	57.4 b	64.3 c	77.0 bc	81.0 bc
PRD65		24.8 c	39.6 c	49.9 cd	57.1 cd	71.5 cd	75.2 cd
PRD50		23.2 c	34.3 cd	42.8 e	55.7 d	62.1 ef	65.9 e
نظام الري		ns	ns	ns	*	ns	ns
مستوى الري		***	***	***	***	***	***
التفاعل		ns	ns	ns	**	*	*

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($0.05 > P$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

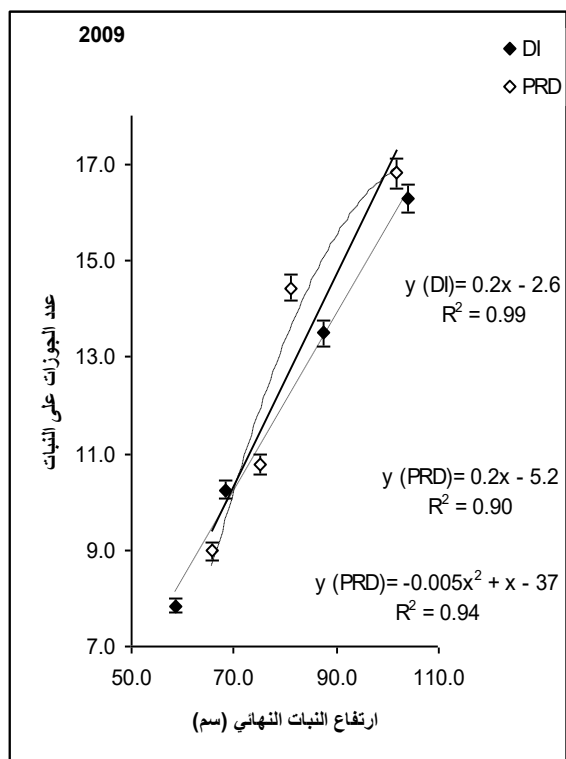
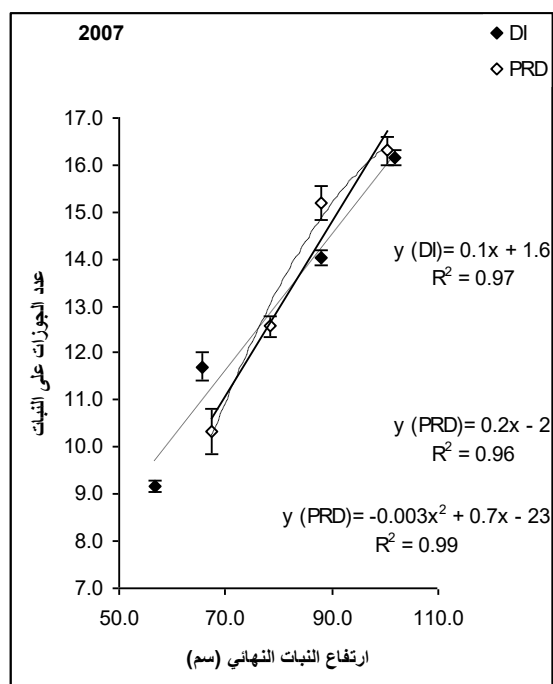
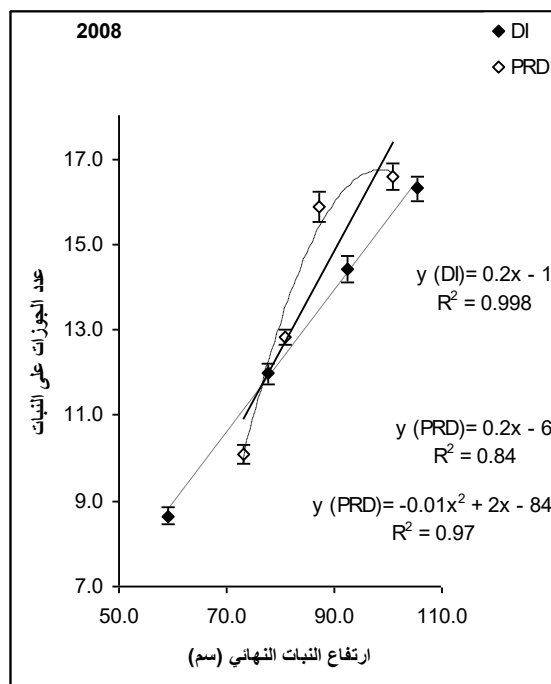


الشكل (24) تطور ارتفاع نباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب، موسم نمو 2009.

يبين الشكل (25) الارتباط الوثيق بين الإنتاج الكلي من القطن المحبب والارتفاع النهائي لنباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب. أما الشكل (26) فيعكس علاقة الارتباط القوية بين العدد الكلي للجوزات على نبات القطن مع الارتفاع النهائي للنبات.



الشكل (25) علاقة إنتاج القطن المحجب بالارتفاع النهائي لنباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.



الشكل (26) علاقة العدد الكلي للجوزات بالارتفاع النهائي لنباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

6. 2. المساحة الورقية:

موسم 2007:

يبين الجدول (35) تأثير معاملات الري المختلفة في متوسط المساحة الورقية (سم²/ورقة) لمحصول القطن وفقاً لمواعيد الاعتيان المختلفة في موسم 2007. يُلاحظ زيادة مساحة المسطح الورقي مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ وجود زيادة ظاهرية واضحة في المساحة الورقية في نظام الري العادي مقارنة مع نظام الري المتناوب وذلك في مواعيد الاعتيان الثلاثة.

الجدول (35) تأثير معاملات الري المختلفة في المساحة الورقية للأوراق (سم²/ورقة) حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2007.

المعاملة	موعد الاعتيان	2007/7/15	2007/7/29	2007/8/12
		**	**	**
CFI		186.3 a	166.7 a	152.2 a
DI80		177.4 ab	160.4 ab	146.2 a
DI65		168.7 bc	153.4 bc	140.2 ab
DI50		166.6 bc	144.9 cd	132.9 bc
AFI		175.1 ab	158.4 ab	147.4 a
PRD80		169.2 bc	153.7 bc	142.2 ab
PRD65		168.3 bc	147.4 bcd	131.4 bc
PRD50		159.9 c	135.9 d	127.2 c
نظام الري		*	*	ns
مستوى الري		**	***	***
التفاعل		ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار DMRT دنكن ذي المدى المتعدد

حيث تُظهر نتائج العينة الأولى والتي تمثل مرحلة قمة الإزهار تفوق المعاملة CFI معنوياً على المعاملتين DI65 و DI50 في نظام الري العادي، وكذلك تفوق المعاملة AFI معنوياً على المعاملة PRD50 في نظام الري المتناوب. تدل الفروق المعنوية بين المعاملات الحديثة فقط، مع غياب الفروق المعنوية بين مستويات الري المتتالية، على وجود انخفاض تدريجي في المساحة الورقية مع انخفاض كمية المياه المضافة. وبالانتقال إلى موعد الاعتيان الثاني والذي يقع في مرحلة الإزهار وتشكل الجوزات يُلاحظ وجود منحى مشابهاً للمنحى السابق.

يُلاحظ في العينة الثالثة وجود فرق معنوي بين المعاملة CFI والمعاملة DI50، بينما لم تكن الفروق معنوية بين المعاملة CFI والمعاملتين DI80 و DI65 في نظام الري العادي. أما في نظام الري المتناوب فيُلاحظ تفوق المعاملة AFI معنوياً على المعاملتين PRD65 و PRD50. تراوح متوسط مساحة الورقة في العينة الثالثة بين 132.9 للمعاملة DI50 و 152.2 سم²/ورقة للمعاملة CFI في نظام الري العادي، وبين 127.2 للمعاملة PRD50 و 147.4 سم²/ورقة للمعاملة AFI في نظام الري المتناوب.

موسم 2008:

يبين الجدول (36) تأثير معاملات الري المختلفة في متوسط المساحة الورقية (سم²/ورقة) لمحصول القطن وفقاً لمواعيد الاعتيان المختلفة في موسم 2008. من الملاحظ زيادة المساحة الورقية مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، كما يُلاحظ وجود زيادة ظاهرية في قيم المساحة الورقية في نظام الري العادي مقارنة مع نظام الري المتناوب وذلك في مواعيد الاعتيان المختلفة.

الجدول (36) تأثير معاملات الري المختلفة في المساحة الورقية للأوراق (سم²/ورقة) حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2008.

المعاملة	موعد الاعتيان	08/6/29	08/7/16	08/8/7	08/8/17	08/9/1	08/9/15
		***	***	***	**	**	ns
CFI		192.5 a	179.2 a	177.9 a	161.6 a	148.5 ab	106.3
DI80		128.2 c	172.3 a	157.8 bc	152.9 ab	129.0 abc	98.3
DI65		127.0 c	165.2 ab	147.0 cd	143.5 abcd	124.8 bc	97
DI50		105.1 de	145.6 cd	139.3 d	141.7 bcd	102.8 c	97
AFI		162.4 b	176.1 a	166.3 ab	160.4 a	154.8 a	105.3
PRD80		121.3 cd	162.4 abc	157.2 bc	149.8 abc	127.0 bc	88.8
PRD65		106.7 de	154.5 bcd	145.0 cd	132.5 cd	112.8 c	86.3
PRD50		97.3 e	140.4 d	136.0 d	129.6 d	111.0 c	83.5
نظام الري		**	ns	ns	ns	ns	*
مستوى الري		***	***	***	***	***	*
التفاعل		ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى (0.05>P) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

حيث تظهر نتائج العينة الأولى، والتي تقع في مرحلة تشكل البراعم الزهرية، تفوق المعاملة CFI تفوقاً معنوياً على باقي المعاملات في نظام الري العادي، وكذلك تفوق المعاملة AFI معنوياً على باقي المعاملات في نظام الري المتناوب. وبالانتقال إلى موعد الاعتيان الثاني، والذي يتوافق مع مرحلة قمة الإزهار، يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات CFI, DI80, DI65 وتفوقها معنوياً على المعاملة DI50 في نظام الري العادي. أما في نظام الري المتناوب فيُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين كل مستويي ري متتاليين، وهناك فروق معنوية بين

المعاملة AFI والمعاملتين PRD65 و PRD50. أما في العينات الثالثة والرابعة والخامسة، والتي تقع في طور تشكل الجوزات، فكانت الفروق بين المعاملات أقل حدة حيث يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين كل مستويي ري متتاليين في نظامي الري كليهما، كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية أيضاً بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري. ولم تُلاحظ في العينة السادسة أية فروق معنوية بين معاملات الري المختلفة؛ حيث كانت قيم المساحة الورقية متقاربة وصغيرة نسبياً مقارنة مع العينات السابقة.

موسم 2009:

يبين الجدول (37) تأثير معاملات الري المختلفة في متوسط المساحة الورقية (سم²/ورقة) لمحصول القطن وفقاً لمواعيد الاعتيان المختلفة في موسم 2009. يُلاحظ زيادة المساحة الورقية مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ وجود زيادة ظاهرية في قيم المساحة الورقية في نظام الري العادي مقارنة مع نظام الري المتناوب وذلك في مواعيد الاعتيان المختلفة.

الجدول (37) تأثير معاملات الري المختلفة في المساحة الورقية للأوراق (سم²/ورقة) حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2009.

المعاملة	موعد الاعتيان	09/7/22	09/8/5	09/8/19	09/9/2	09/9/8	09/9/16
CFI	***	111.5 a	146.0 a	168.8 a	178.5 a	191.8 a	213.5 a
DI80	***	93.3 b	122.5 a	140.5 bc	165.0 a	132.3 b	150.0 bc
DI65	***	81.8 b	102.5 ab	118.0 d	124.5 b	120.0 b	134.3 bc
DI50	***	58.5 cd	70.3 b	90.0 e	97.8 c	107.5 bc	111.5 c
AFI	***	107.5 a	140.5 a	151.0 ab	177.0 a	166.0 a	170.0 b
PRD80	***	87.3 b	112.0 ab	127.5 cd	135.8 b	123.5 b	137.0 bc
PRD65	***	65.8 c	102.0 ab	88.0 e	95.0 c	112.5 bc	116.0 c
PRD50	***	51.0 d	75.0 b	50.5 f	70.5 d	85.3 c	73.5 d
نظام الري	*	ns	ns	***	***	*	**
مستوى الري	***	***	**	***	***	***	***
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P > 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

حيث تُظهر نتائج العينة الأولى، والتي تتفق مع مرحلة قمة الإزهار، تفوق المعاملة CFI تفوقاً معنوياً على باقي المعاملات في نظام الري العادي، وكذلك تفوق المعاملتين DI80 و DI65 على المعاملة DI50. أما في نظام الري المتناوب فيُلاحظ وجود زيادة معنوية في قيم المساحة الورقية مع زيادة كمية المياه المضافة، كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري. ويُلاحظ في العينة الثانية، والتي تقع في مرحلة

الإزهار وتشكل الجوزات، غياب الفروق المعنوية بين المعاملات CFI, DI80, DI65، وتفوق المعاملتين CFI و DI80 معنوياً على المعاملة DI50 في نظام الري العادي. ويُلاحظ المنحى ذاته بين معاملات الري المتناوب، كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري. بينما يُلاحظ في العينة الثالثة، والتي تقع في طور تشكل الجوزات، وجود زيادة معنوية في المساحة الورقية مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وتفوق معاملات الري العادي عند مستويي الري 65 و 50% معنوياً على مثيلاتها من معاملات الري المتناوب. وأُخذت النتائج في العينة الرابعة المنحى ذاته الملاحظ في العينة الثالثة، باستثناء غياب الفرق المعنوي بين المعاملتين CFI و DI80 في نظام الري العادي، ويُلاحظ أيضاً تفوق معاملات الري الناقص العادي معنوياً على مثيلاتها من معاملات الري الجزئي المتناوب. وفي العينة الخامسة لم تكن هناك أية فروق معنوية بين معاملات الري الناقص العادي، وكذلك لم تكن الفروق بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري معنوية. أما في العينة السادسة فيُلاحظ تفوق معاملي الري العادي عند مستويي الري 100 و 50% معنوياً على مثيلاتها في نظام الري المتناوب.

7. فعالية استعمال الماء لإنتاج القطن المحبوب:

موسم نمو 2007:

يبين الجدول (38) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء (WUE_Y) وفعالية استعمال ماء الري ($IWUE_Y$)؛ محسوبتين على أساس الإنتاجية الكلية لمحصول القطن في موسم 2007.

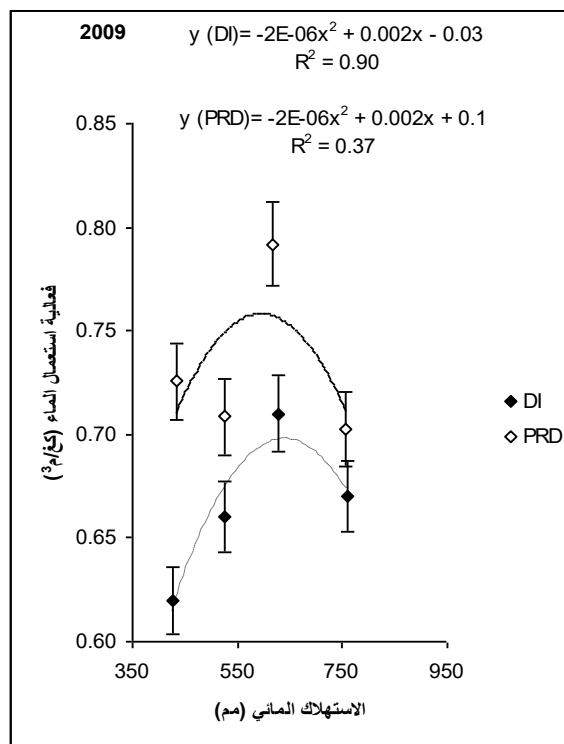
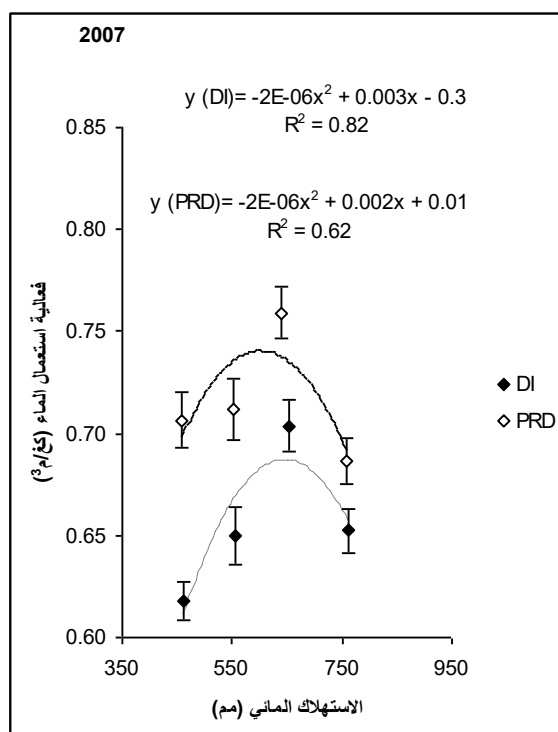
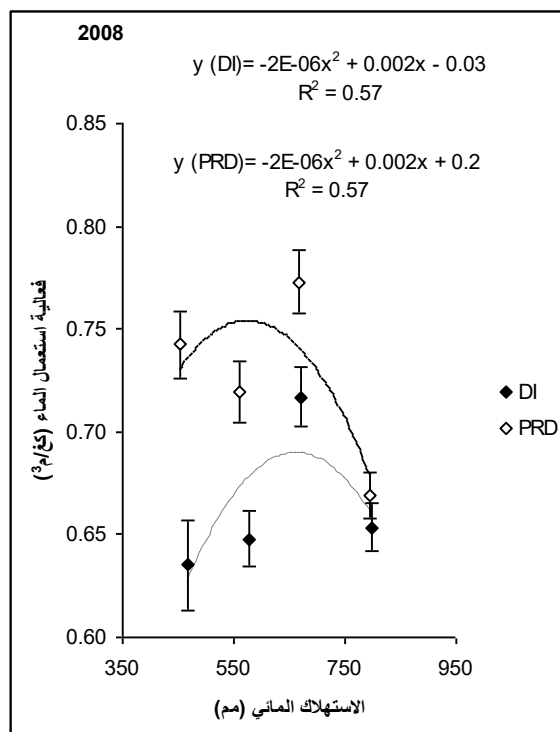
من الملاحظ زيادة قيم WUE_Y في معاملات الري المتناوب على قيمها في مثيلاتها عند مستوى الري ذاته من معاملات الري العادي، إلا أنّ الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين المرويتين رياً كاملاً (AFI و CFI). أما في المعاملات المروية رياً ناقصاً أوجزئياً فيُلاحظ وجود فروق معنوية مؤكدة احصائياً؛ حيث تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب جميعها على مثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري الناقص العادي. وبالنظر إلى نظامي الري كل على حدة، يُلاحظ وجود منحى عام ينظم كليهما؛ حيث ازدادت قيم WUE مع انخفاض الاستهلاك المائي لتصل إلى قيمة قصوى عند مستوى الري 80% (في المعاملتين PRD80 و DI80)، ومن ثم عادت إلى الانخفاض من جديد مع استمرار الاستهلاك المائي في الانخفاض وزيادة درجة الإجهاد المائي (الشكل 27). ففي نظام الري العادي سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لفعالية استعمال الماء WUE_Y (0.70 كغ م⁻³)، بينما سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة (0.62 كغ م⁻³). أما في نظام الري المتناوب فقد سجلت المعاملة PRD80 أعلى قيمة لـ WUE_Y (0.76 كغ م⁻³)، بينما سُجلت أدنى قيمة (0.62 كغ م⁻³) في المعاملتين PRD50 و PRD65.

يبين الجدول (38) أيضاً زيادة قيم $IWUE_Y$ في معاملات الري المتناوب على قيمها في نظيراتها في مستوى الري من معاملات الري العادي، إلا أنّ الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين المرويتين رياً كاملاً (AFI و CFI). أما في المعاملات المروية رياً ناقصاً أوجزئياً فيُلاحظ وجود فروق معنوية؛ حيث تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب جميعها على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي.

الجدول (38) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحجب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحجب، دير الحجر 2007.

المعاملة	الإنتاجية الكلية	الاستهلاك المائي	كمية الماء المضافة	WUE _Y	IWUE _Y
	كغ/هـ	مم	مم	كغ/م ³	كغ/م ³
	***			***	***
CFI	4971 b	762	753	0.65 cd	0.66 e
DI80	4589 c	652	614	0.70 b	0.75 bc
DI65	3615 e	556	510	0.65 cd	0.710 cd
DI50	2858 g	463	406	0.62 d	0.706 d
AFI	5200 a	758	753	0.69 bc	0.69 de
PRD80	4842 b	638	614	0.76 a	0.79 a
PRD65	3929 d	552	510	0.71 b	0.77 ab
PRD50	3235 f	458	406	0.71 b	0.80 a
نظام الري	***			***	***
مستوى الري	***			***	***
التفاعل	ns			ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT



الشكل (27) علاقة فعالية استعمال الماء بالاستهلاك المائي الموسمي لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

وبالنظر إلى نظامي الري كل على حدة، يُلاحظ في نظام الري العادي زيادة قيم $IWUE_Y$ مع انخفاض كمية المياه المضافة لتصل إلى قيمة قصوى في المعاملة DI80، وعودتها إلى الانخفاض من جديد من أجل انخفاض أكبر في كمية المياه المضافة، مع بقائها أكبر من قيمتها في المعاملة CFI. حيث سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لفعالية استعمال ماء الري $IWUE_Y$ (0.75 كغ م⁻³) بينما سجلت المعاملة CFI أدنى قيمة (0.66 كغ م⁻³). أما في نظام الري المتناوب فيلاحظ عدم وجود أية فروق معنوية بين معاملات الري الجزئي، والتي تفوقت على المعاملة AFI؛ حيث سجلت هذه الأخيرة أدنى قيمة لـ $IWUE_Y$ (0.69 كغ م⁻³).

موسم نمو 2008:

يبين الجدول (39) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء (WUE_Y) وفعالية استعمال ماء الري ($IWUE_Y$)؛ محسوبيتين على أساس الإنتاجية في موسم 2008. سلكت قيم WUE_Y في هذا الموسم سلوكاً مشابهاً لسلوكها في الموسم الأول (الشكل 27)؛ حيث كانت قيمها في معاملات الري المتناوب أكبر من قيمها في نظيراتها من معاملات الري العادي، مع ملاحظة أنّ الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين المرويتين رياً كاملاً (CFI و AFI). أما في المعاملات المروية رياً ناقصاً فيلاحظ وجود فروق معنوية؛ حيث تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب جميعها على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي.

الجدول (39) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحبب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحبب، دير الحجر 2008.

المعاملة	الإنتاجية الكلية	الاستهلاك المائي	كمية الماء المضافة	WUE_Y	$IWUE_Y$
	كغ/هـ	مم	مم	كغ/م ³	كغ/م ³
	***			***	***
CFI	5208 a	797	792	0.65 c	0.66 e
DI80	4812 b	671	640	0.72 b	0.75 bc
DI65	3733 d	576	525	0.65 c	0.71 cd
DI50	2959 f	466	411	0.64 c	0.72 bcd
AFI	5318 a	795	792	0.67 c	0.67 de
PRD80	5163 a	668	640	0.77 a	0.81 a
PRD65	4026 c	560	525	0.72 b	0.77 ab
PRD50	3354 e	452	411	0.74 ab	0.82 a
نظام الري	***			***	***
مستوى الري	***			***	***
التفاعل	***			*	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

تفوقت المعاملة DI80 على باقي المعاملات في نظام الري العادي، ولم يكن هناك أية فروق معنوية بين بقية المعاملات. حيث سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لفعالية استعمال الماء WUE_Y (0.72 كغ م⁻³)، بينما سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة (0.62 كغ م⁻³). أما في نظام الري المتناوب فقد سجلت المعاملة PRD80 أعلى قيمة لـ WUE_Y (0.77 كغ م⁻³)، وتفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب كلها على المعاملة AFI التي سجلت أدنى قيمة لـ WUE_Y (0.67 كغ م⁻³).

كما يتضح من الجدول (39) أنّ قيم $IWUE_Y$ في هذا الموسم سلكت سلوكاً مشابهاً لسلوكها في الموسم الأول، حيث كانت قيمها في معاملات الري المتناوب أكبر من قيمها في نظيراتها من معاملات الري العادي، مع ملاحظة أنّ الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملتين المرويتين رياً كاملاً (CFI و AFI). أما في المعاملات المروية رياً ناقصاً فيلاحظ وجود فروق معنوية؛ حيث تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي. تفوقت المعاملة DI80 على باقي المعاملات في نظام الري العادي، حيث سجلت هذه المعاملة أعلى قيمة لفعالية استعمال ماء الري $IWUE_Y$ (0.75 كغ م⁻³)، بينما سجلت المعاملة CFI أدنى قيمة (0.66 كغ م⁻³). أما في نظام الري المتناوب فقد سجلت المعاملة PRD50 أعلى قيمة لـ $IWUE_Y$ (0.82 كغ م⁻³)، وتفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب كلها على المعاملة AFI التي سجلت أدنى قيمة (0.67 كغ م⁻³).

موسم نمو 2009:

يبين الجدول (40) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء (WUE_Y) وفعالية استعمال ماء الري ($IWUE_Y$)، محسوبتين على أساس الإنتاجية في موسم 2009. سلكت النتائج في هذا الموسم سلوكاً مشابهاً لسلوكها في الموسمين الأول والثاني (الشكل 27)؛ حيث كانت قيم WUE_Y في معاملات الري المتناوب أعلى من قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أنّ الفروق لم تكن معنوية عند المستويين 100% (المعاملتين CFI و AFI) و 65% (المعاملتين DI65 و PRD65). تفوقت المعاملة DI80 على باقي المعاملات في نظام الري العادي، ولم يكن هناك أية فروق معنوية بين بقية المعاملات. حيث سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لفعالية استعمال الماء (0.71 كغ م⁻³)، بينما سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة لـ WUE_Y (0.62 كغ م⁻³). أما في نظام الري المتناوب فقد تفوقت المعاملة PRD80 معنوياً على باقي المعاملات؛ حيث سجلت هذه المعاملة أعلى قيمة لـ WUE_Y (0.79 كغ م⁻³). ولم يكن هناك أية فروق معنوية بين باقي المعاملات، وسجلت أدنى قيمة لـ WUE_Y (0.70 كغ م⁻³) في المعاملة AFI.

كما يبين الجدول (40) زيادة قيم $IWUE_Y$ في معاملات الري المتناوب على قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أنّ الزيادة لم تكن معنوية عند المستويين 100% (المعاملتين CFI و AFI) و 65% (المعاملتين DI65 و PRD65). تفوقت المعاملة DI80 على باقي المعاملات في نظام الري العادي، ولم يكن هناك أية فروق معنوية بين بقية المعاملات. حيث سجلت المعاملة DI80 أعلى قيمة لفعالية استعمال ماء الري $IWUE_Y$ (0.67 كغ م⁻³)، بينما سجلت المعاملة DI50 أدنى قيمة (0.60 كغ م⁻³). أما في نظام الري المتناوب فقد سجلت المعاملة PRD80 أعلى قيمة لـ $IWUE_Y$ (0.74 كغ م⁻³)، بينما سجلت المعاملة AFI أدنى قيمة (0.65 كغ م⁻³).

الجدول (40) تأثير معاملات الري المختلفة في فعالية استعمال الماء للقطن المحجب وفعالية استعمال مياه الري للقطن المحجب، دير الحجر 2009.

المعاملة	الإنتاجية الكلية	الاستهلاك المائي	كمية الماء المضافة	WUE _Y	IWUE _Y
	كغ/هـ	مم	مم	كغ/م ³	كغ/م ³
	***			***	***
CFI	5079 ab	758	815	0.67 bcd	0.62 cd
DI80	4459 c	628	664	0.71 bc	0.67 bc
DI65	3472 d	526	551	0.66 cd	0.63 cd
DI50	2635 f	425	439	0.62 d	0.60 d
AFI	5318 a	757	815	0.70 bc	0.65 cd
PRD80	4885 b	617	664	0.79 a	0.74 a
PRD65	3726 d	526	551	0.71 bc	0.68 bc
PRD50	3142 e	433	439	0.73 b	0.72 ab
نظام الري	***			***	***
مستوى الري	***			**	**
التفاعل	ns			ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

8. توزيع الكربون في النبات والاختلافات في قيم $\Delta^{13}C$: موسم نمو 2007:

يبين الجدول (41) توزيع الكربون في الأنسجة النباتية المختلفة وقيم التمييز النظيري للكربون ($\delta^{13}\text{C}$ ‰) في معاملات الري المختلفة. يشير الجدول (41) إلى زيادة محتوى الكربون %C في الأوراق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. وقد تفوقت معاملة الري المتناوب AFI معنوياً على معاملة الري العادي CFI، بينما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب وموافقاتها في مستوى الري من معاملات الري الناقص العادي. سُجلت أعلى قيمة لمحتوى الكربون في نظام الري العادي 36.3% للمعاملة CFI بينما سُجلت أخفض قيمة 34.5% للمعاملة DI50. أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت قيم %C بين 35.1% في المعاملة PRD50 و 38.9% في المعاملة AFI.

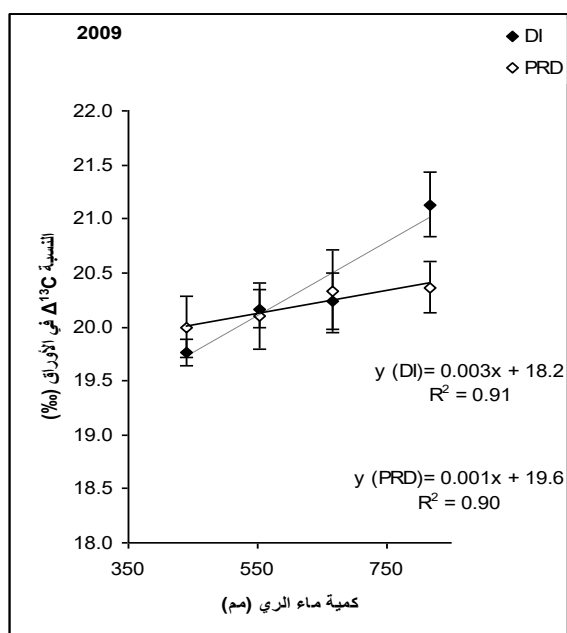
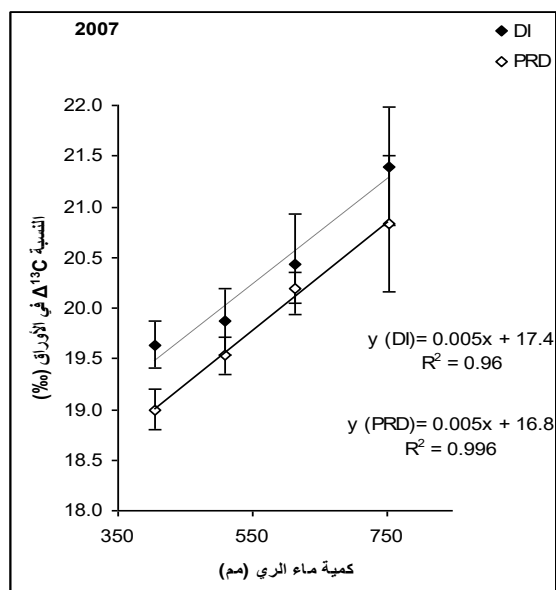
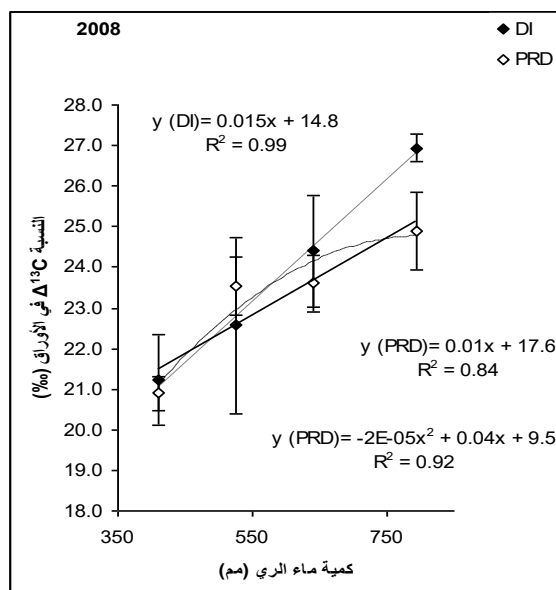
الجدول (41) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}\text{C}$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2007.

المعاملة	محتوى الكربون (%)				نسبة التمييز النظيري ($\delta^{13}\text{C}$ ‰)			
	الأوراق	الساق	الأجزاء	النبات الكامل	الأوراق	الساق	الأجزاء	النبات الكامل
	***	***	***	ns	*	ns	ns	*
CFI	36.3 bc	42.8 a	42.1 e	40.6	21.4 a	19.4	19.8	20.1 a
DI80	35.9 bc	42.7 a	42.7 de	40.9	20.4 ab	19.0	19.0	19.3 abc
DI65	35.3 cd	40.1 b	43.2 cd	40.6	19.9 bc	18.5	18.5	18.9 bc
DI50	34.5 d	39.2 b	43.9 bc	40.8	19.6 bc	18.0	18.5	18.6 c
AFI	38.9 a	42.9 a	41.8 e	41.2	20.8 ab	19.1	19.0	19.5 ab
PRD80	37.1 b	42.3 a	44.2 ab	42.0	20.2 abc	18.9	18.8	19.1 bc
PRD65	35.4 cd	39.9 b	44.4 ab	41.4	19.5 bc	18.7	18.6	18.8 bc
PRD50	35.1 cd	39.9 b	44.9 a	41.6	19.0 c	18.1	18.6	18.6 bc
نظام الري	**	ns	***	**	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	***	***	ns	**	*	ns	**
التفاعل	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

أما محتوى الكربون في الساق فيُلاحظ زيادته مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، حيث يُلاحظ تفوق معنوي لمستويي الري 100 و 80% من جهة على المستويين 65 و 50% من جهة أخرى في نظامي الري كليهما. يُلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي. تراوحت نسبة الكربون في الساق في نظام الري العادي بين 39.2% في المعاملة DI50 و 42.8% في المعاملة CFI. أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 39.9% في

المعاملتين PRD50, PRD65 و 42.9% في المعاملة AFI. بينما سلكت نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية سلوكاً مخالفاً لسلوكها في الأوراق والساق؛ حيث يُلاحظ زيادة نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ تفوق معاملات الري الجزئي المتناوب جميعها معنوياً على معاملة الري المتناوب AFI المروية رياً كاملاً. أمّا في نظام الري العادي فيُلاحظ وجود تدرج في انخفاض نسبة الكربون مع انخفاض كمية المياه المضافة. يشير الجدول (41) إلى تفوق معاملات الري الجزئي المتناوب على مثيلاتها في مستوى الري ذاته من معاملات الري الناقص العادي. سُجلت أعلى قيمة لمحتوى الكربون في نظام الري العادي 43.9% للمعاملة DI50 وأخفض قيمة 42.1% للمعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد سُجلت أعلى قيمة 44.9% في المعاملة PRD50 وأخفض قيمة 41.8% في المعاملة AFI. أمّا بالنسبة لمحتوى الكربون في كامل النبات فيُلاحظ عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات المختلفة. وعموماً كانت نسبة الكربون في كامل النبات لمعاملات الري المتناوب أعلى من نسبته في معاملات الري العادي؛ حيث بلغت قيمة متوسط %C في نظام الري العادي 40.7% بينما بلغت في نظام الري المتناوب 41.6% في كامل النبات. كما يبين الجدول (41) زيادة قيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 28). يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي. تراوحت قيم $\Delta^{13}C$ في الأوراق لنظام الري العادي بين 19.6 في المعاملة DI50 و 21.4% في المعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 19.0 في المعاملة PRD50 و 20.8% في المعاملة AFI. كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين قيم التمييز النظيري للكربون في الساق والأجزاء الثمرية في المعاملات المختلفة، مع ملاحظة انخفاض طفيف في القيم مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. أمّا في كامل النبات فيُلاحظ انخفاض قيم التمييز النظيري للكربون مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وغياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي. تراوحت قيم $\Delta^{13}C$ في كامل النبات في نظام الري العادي بين 18.6% في المعاملة DI50 و 20.1% في المعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 18.6% في المعاملة PRD50 و 19.5% في المعاملة AFI.



الشكل (28) علاقة نسبة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}\text{C}$) في الأوراق بكمية المياه المضافة لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

موسم نمو 2008:

يبين الجدول (42) توزيع الكربون في الأنسجة النباتية المختلفة وقيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$ ‰) في معاملات الري المختلفة. يشير هذا الجدول إلى زيادة محتوى الكربون C% في الأوراق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة؛ حيث يُلاحظ في نظام الري العادي تفوق المعاملتين CFI و DI80 من جهة على المعاملتين DI65 و DI50 من جهة أخرى، بينما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب. وقد تفوقت معاملي الري الجزئي المتناوب عند مستويي الري 65 و 50% معنوياً على المعاملتين المقابلتين في نظام الري العادي. بينما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية عند مستويي الري 100 و 80% بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي.

الجدول (42) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\Delta^{13}C$ ‰) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2008.

المعاملة	محتوى الكربون (%)				نسبة التمييز النظيري ($\Delta^{13}C$ ‰)			
	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمارية	النبات الكامل	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمارية	النبات الكامل
	**	***	***	*	*	ns	ns	*
CFI	37.6 a	44.0 ab	41.3 d	40.8 b	26.9 a	18.2	18.1	20.5 a
DI80	37.4 a	42.9 bcd	42.7 cd	41.4 b	24.4 abc	18.0	15.2	18.0 abc
DI65	35.7 b	42.0 d	43.4 bc	41.2 b	22.6 bc	15.9	15.2	16.9 bc
DI50	35.6 b	39.9 e	44.4 b	41.5 b	21.2 bc	15.2	14.0	15.6 c
AFI	38.2 a	44.5 a	42.6 cd	41.8 b	24.9 ab	18.1	16.6	19.0 ab
PRD80	37.6 a	43.7 abc	43.1 bc	41.8 b	23.6 abc	18.4	16.1	18.3 abc
PRD65	37.6 a	42.3 cd	44.1 bc	42.2 a	23.5 abc	16.5	15.0	17.1 bc
PRD50	37.0 a	42.2 cd	46.4 a	43.5 a	20.9 c	15.0	14.8	15.9 bc
نظام الري	**	*	**	**	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	**	***	***	ns	**	ns	ns	**
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

سُجلت أعلى قيمة لمحتوى الكربون في نظام الري العادي 37.6% للمعاملة CFI، بينما سُجلت أخفض قيمة 35.6% للمعاملة DI50. أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت قيم C% بين 37.0% في المعاملة PRD50 و

38.2% في المعاملة AFI. ازداد محتوى الكربون في الساق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة؛ حيث يُلاحظ تفوق معنوي لمستويي الري 100 و 80% من جهة على المستويين 65 و 50% من جهة أخرى في نظام الري العادي، بينما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب. يُلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها في مستوى الري من معاملات الري العادي، باستثناء التفوق المعنوي للمعاملة PRD50 على المعاملة DI50. تراوحت نسبة الكربون في الساق في نظام الري العادي بين 39.9% في المعاملة DI50 و 44.0% في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 42.2% في المعاملة PRD50 و 44.5% في المعاملة AFI. بينما سلكت نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية سلوكاً مخالفاً لسلوكها في الأوراق والساق؛ حيث ازدادت نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. ويُلاحظ أيضاً تفوق معاملة الري الجزئي المتناوب PRD50 معنوياً على باقي المعاملات في نظام الري المتناوب. أما في نظام الري العادي فهناك تدرج في انخفاض نسبة الكربون مع انخفاض كمية المياه المضافة. يشير الجدول (42) إلى عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب ومثيلاتها في مستوى الري من معاملات الري الناقص العادي، باستثناء تفوق معاملة الري الجزئي المتناوب PRD50 معنوياً على معاملة الري الناقص العادي DI50. سُجلت أعلى قيمة لمحتوى الكربون في نظام الري العادي 44.4% للمعاملة DI50 وأخفض قيمة 41.3% للمعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد سُجلت أعلى قيمة 46.4% في المعاملة PRD50 وأخفض قيمة 42.6% في المعاملة AFI. أما بالنسبة لمحتوى الكربون في كامل النبات فيلاحظ عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في نظام الري العادي، بينما ازدادت هذه النسبة مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظام الري المتناوب. وعموماً كانت نسبة الكربون في كامل النبات لمعاملات الري المتناوب أعلى من نسبته في معاملات الري العادي؛ حيث بلغت قيمة متوسط C في كامل النبات لنظام الري العادي 41.2%، بينما بلغت في نظام الري المتناوب 42.3%.

كما يبين الجدول (42) زيادة قيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 28). ويُلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي. تراوحت قيم $\Delta^{13}C$ في الأوراق لنظام الري العادي بين 21.2‰ في المعاملة DI50 و 26.9‰ في المعاملة CFI. أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 20.9‰ في المعاملة PRD50 و 24.9‰ في المعاملة AFI. وفيما يتعلق بقيم التمييز النظيري للكربون في الساق والأجزاء الثمرية فيلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المختلفة، مع ملاحظة وجود انخفاض واضح في القيم مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ في كامل النبات انخفاض قيم التمييز النظيري للكربون مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وغياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي. تراوحت قيم $\Delta^{13}C$ في كامل النبات في نظام الري العادي بين 15.6‰ في المعاملة DI50 و 20.5‰ في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 15.9 في المعاملة PRD50 و 19.0‰ في المعاملة AFI.

موسم نمو 2009:

يبين الجدول (43) توزيع الكربون على الأنسجة النباتية المختلفة وقيم التمييز النظيري للكربون ($\delta^{13}C$ ‰) في معاملات الري المختلفة. يُلاحظ زيادة محتوى الكربون C% في الأوراق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وكانت الزيادة معنوية في نظام الري العادي، بينما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب. ولم تكن الفروق معنوية عند المستويين 65 و80% بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري. بينما تفوقت معاملة الري الجزئي المتناوب PRD50 معنوياً على معاملة الري الناقص العادي DI50، وعلى العكس من ذلك عند مستوى الري 100% فقد تفوقت معاملة الري العادي CFI على معاملة الري المتناوب AFI. سُجلت أعلى قيمة لمحتوى الكربون في نظام الري العادي 38.6% للمعاملة CFI، بينما سُجلت أخفض قيمة 33.3% للمعاملة DI50. أمّا في نظام الري المتناوب فقد تراوحت قيم C% بين 35.8 في المعاملة PRD50 و36.9% في المعاملة AFI. أمّا محتوى الكربون في الساق فيُلاحظ زيادته مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، مع ملاحظة غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب. كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية أيضاً عند المستويين 100 و80% بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي، بينما هناك تفوق معنوي عند المستويين 65 و50% لمعاملات الري المتناوب على نظيراتها من معاملات الري العادي. تراوحت نسبة الكربون في الساق في نظام الري العادي بين 38.9% في المعاملة DI50 و44.1% في المعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 40.6% في المعاملة PRD50 و43.6% في المعاملة AFI.

بينما سلكت نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية سلوكاً مخالفاً لسلوكها في الأوراق والساق؛ حيث يُلاحظ زيادة نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. ويُلاحظ في نظام الري المتناوب غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب، وتفوق المعاملة PRD50 معنوياً على المعاملة AFI. أمّا في نظام الري العادي فقد تفوقت المعاملتين CFI وDI80 من جهة على المعاملتين DI65 وDI50 من جهة أخرى. يشير الجدول (43) إلى عدم وجود فروق معنوية عند مستويي الري 50 و80% بين معاملات الري الجزئي المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي، بينما كانت الفروق معنوية عند مستويي الري الآخرين. سُجلت أعلى قيمة لمحتوى الكربون في نظام الري العادي 44.8% للمعاملة DI50 وأخفض قيمة 40.0% للمعاملة CFI، أمّا في نظام الري المتناوب فقد سُجلت أعلى قيمة 43.4% في المعاملة PRD50 وأخفض قيمة 41.6% في المعاملة AFI. ويُلاحظ بالنسبة لمحتوى الكربون في كامل النبات عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الري المختلفة. وكانت نسبة الكربون في كامل النبات في نظام الري المتناوب مماثلة تقريباً لنسبته في نظام الري العادي؛ حيث بلغت قيمة متوسط C% في كامل النبات لنظام الري العادي 40.7% وبلغت في نظام الري المتناوب 40.8%.

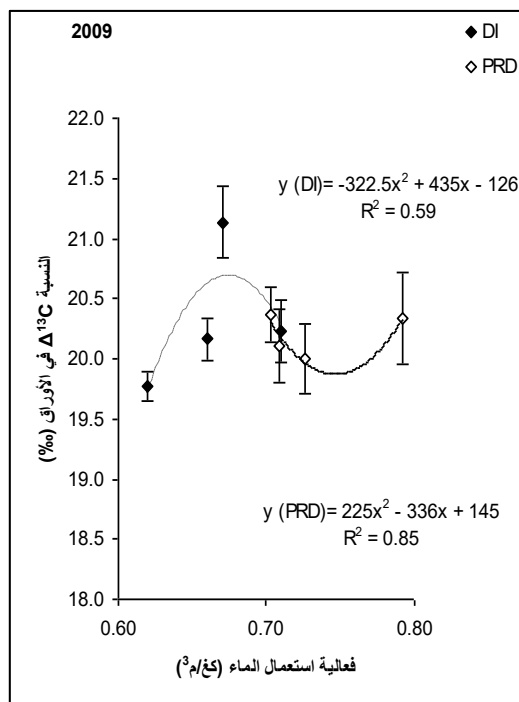
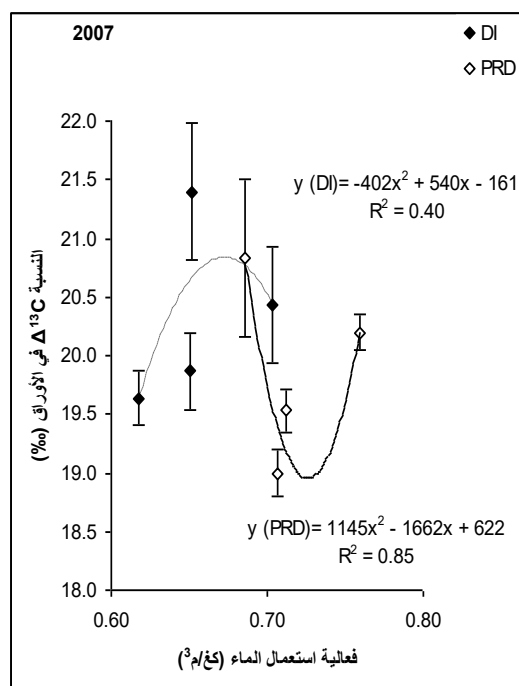
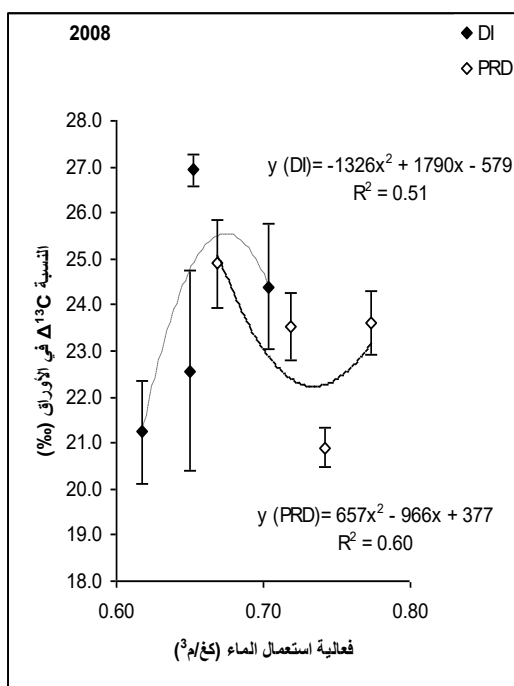
كما يبين الجدول (43) زيادة قيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق مع زيادة كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة (الشكل 28)، ويُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب، وكذلك بين معاملات الري الناقص العادي. كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب وموافقاتها من معاملات الري الناقص العادي، بينما تفوقت المعاملة CFI معنوياً على المعاملة AFI.

تراوحت قيم $\Delta^{13}\text{C}$ في الأوراق لنظام الري العادي بين 19.8 في المعاملة DI50 و 21.1% في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 20.0 في المعاملة PRD50 و 20.4% في المعاملة AFI. وفيما يتعلق بقيم التمييز النظيري للكربون في الساق والأجزاء الثمرية فيلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المختلفة، مع ملاحظة انخفاض طفيف في القيم مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ في كامل النبات انخفاض قيم التمييز النظيري للكربون مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وغياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة. تراوحت قيم $\Delta^{13}\text{C}$ في كامل النبات في نظام الري العادي بين 18.3% في المعاملة DI50 و 19.5% في المعاملة CFI، أما في نظام الري المتناوب فقد تراوحت بين 18.5% في المعاملة PRD50 و 19.2% في المعاملة AFI. يبين الشكل (29) عدم وجود منحنى واضح ينظم العلاقة بين قيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}\text{C}$) في الأوراق وفعالية استعمال الماء، وأما الشكل (30) فيظهر وجود علاقة إيجابية بين الإنتاجية الكلية لمحصول القطن وقيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}\text{C}$) في الأوراق.

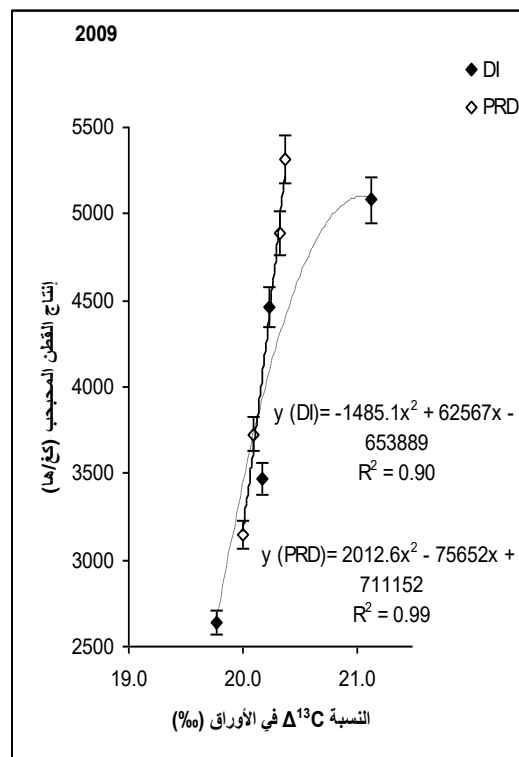
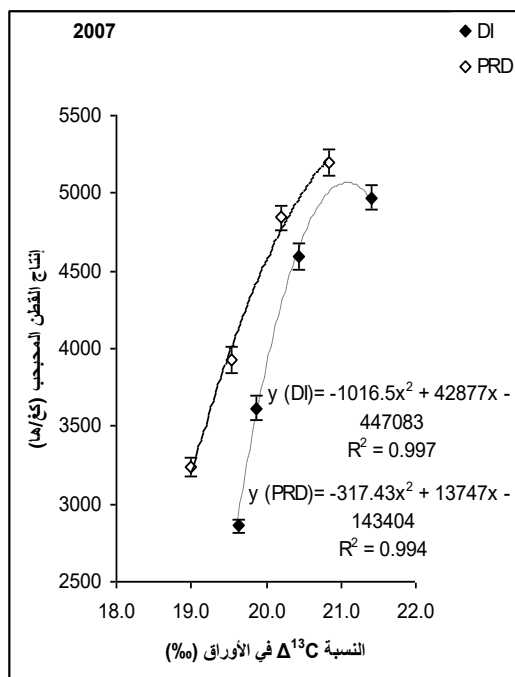
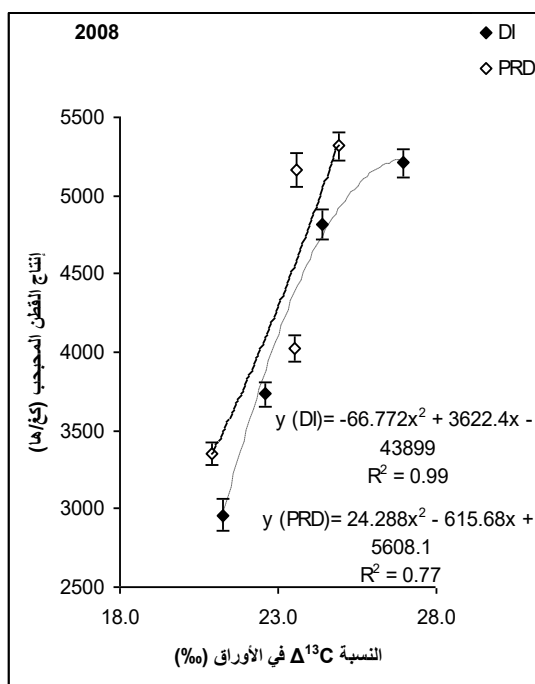
الجدول (43) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الكربون في الأجزاء النباتية المختلفة وقيم نسبة التمييز النظيري ($\Delta^{13}\text{C}$) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي، دير الحجر 2009.

المعاملة	محتوى الكربون (%)				نسبة التمييز النظيري ($\Delta^{13}\text{C}$)			
	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمرية	النبات الكامل	الأوراق	الساق	الأجزاء الثمرية	النبات الكامل
	***	***	***	ns	**	ns	ns	ns
CFI	38.6 a	44.1 a	40.0 d	40.5	21.1 a	18.7	19.0	19.5
DI80	37.3 b	41.4 b	41.1 cd	40.2	20.2 bc	19.0	18.9	19.2
DI65	35.5 d	39.9 cd	44.5 a	41.3	20.2 bc	18.5	18.6	18.9
DI50	33.3 e	38.9 d	44.8 a	40.9	19.8 c	17.2	18.3	18.3
AFI	36.9 bc	43.6 a	41.6 c	40.7	20.4 b	18.7	19.0	19.2
PRD80	36.7 bcd	41.5 b	42.1 bc	40.6	20.3 bc	18.4	18.9	19.1
PRD65	35.9 cd	41.5 b	42.3 bc	40.6	20.1 bc	18.5	18.5	18.8
PRD50	35.8 cd	40.6 bc	43.4 ab	41.1	20.0 bc	17.9	18.2	18.5
نظام الري	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	***	***	***	ns	**	ns	ns	**
التفاعل	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود عند مستوى ($P < 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT



الشكل (29) علاقة نسبة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق بفعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.



الشكل (30) علاقة إنتاج القطن المحجب بنسبة التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في أوراق القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب.

9. قراءات جهاز SPAD والأزوت:

موسم نمو 2007:

يبين الجدول (44) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD لموسم نمو 2007 وفقاً لمواعيد الاعتيان المختلفة. يُلاحظ من الجدول أنّ قراءات جهاز SPAD ازدادت مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. وقد أخذت هذه الفروق المنحى ذاته في جميع مواعيد قياس وازداد وضوحاً مع تطور موسم.

الجدول (44) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2007.

المعاملة	موعد الاعتيان	2007/7/15	2007/7/29	2007/8/12
		*	***	***
CFI		49.5 b	46.8 d	42.4 d
DI80		52.6 ab	49.9 c	46.5 bc
DI65		54.9 a	53.4 b	49.7 ab
DI50		55.4 a	55.6 a	52.0 a
AFI		49.8 b	44.7 c	45.1 cd
PRD80		52.3 ab	46.8 d	45.6 cd
PRD65		53.1 ab	51.0 c	47.4 bc
PRD50		54.1 a	54.4 ab	50.3 ab
نظام الري		ns	***	Ns
مستوى		**	***	***
التفاعل		ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بنفس الحرف ضمن العمود عند مستوى ($0.05 > P$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي في مواعيد القياس جميعها. يُلاحظ في العينة الأولى غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المعرضة لإجهاد مائي في نظامي الري كليهما. بينما كانت الزيادة في قراءات جهاز SPAD مع انخفاض كمية المياه المضافة معنوية في العينة الثانية. أمّا في العينة الثالثة فيُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين كل مستويين متتاليين من مستويات الري في نظامي الري كليهما.

يبين الجدول (45) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الأزوت الكلي (TN%) في أوراق النباتات لموسم نمو 2007 في مواعيد الاعتيان المختلفة.

يُلاحظ عموماً في العينات الثلاثة زيادة نسبة الأزوت في الأوراق مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، وغياب الفروق المعنوية عموماً بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري

العادي. حيث يُلاحظ في العينة الأولى تفوق المعاملتين DI50 و DI65 من جهة معنوياً على المعاملتين DI80 و CFI من جهة أخرى في نظام الري العادي، وتفوق المعاملتين PRD50 و PRD65 من جهة على المعاملتين PRD80 و AFI من جهة أخرى في نظام الري المتناوب، مع غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب. أمّا في العينة الثانية فهناك زيادة معنوية في محتوى الأوراق من الآزوت مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما، باستثناء المعاملتين DI80 و CFI في نظام الري العادي و المعاملتين PRD80 و PRD65 في نظام الري المتناوب. ولم تكن هناك أية فروق معنوية بين معاملات الري المختلفة في العينة الأخيرة؛ حيث كانت الفروق بين المعاملات المختلفة أقل حدة، وأصبح منحى زيادة TN% في الأوراق مع انخفاض كمية المياه المضافة أقل وضوحاً في نظام الري العادي، وغاب كلياً في نظام الري المتناوب.

الجدول (45) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الآزوت الكلي في الأوراق حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2007.

المعاملة	موعد الاعتيان	2007/7/15	2007/7/29	2007/8/12
CFI		**	***	ns
DI80		3.27 c	3.13 d	2.5
DI65		3.35 bc	3.18 cd	2.61
DI50		3.60 a	3.43 b	2.78
AFI		3.64 a	3.63 a	2.69
PRD80		3.33 bc	3.06 d	2.68
PRD65		3.51 ab	3.45 b	2.66
PRD50		3.54 a	3.33 bc	2.66
		3.61 a	3.64 a	2.68
نظام الري		ns	ns	ns
مستوى		***	***	ns
التفاعل		ns	*	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بنفس الحرف ضمن العمود عند مستوى ($P > 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

موسم نمو 2008:

يبين الجدول (46) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز الـ SPAD لموسم نمو 2008 وفقاً لمواعيد الاعتيان المختلفة. يُلاحظ في العينة الأولى، والتي تتوافق مع بداية مرحلة الإزهار، غياب الفروق المعنوية بين المعاملات في نظام الري المتناوب، وتفوق المعاملتين DI50 و DI65 من جهة معنوياً على المعاملتين DI80 و CFI من جهة أخرى في نظام الري العادي. وكانت الفروق معنوية عند المستويين 65 و 50% بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري.

الجدول (46) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2008.

المعاملة	موعد الاعتيان	2008/6/29	2008/7/16	2008/8/7	2008/8/17
		***	***	***	***
CFI		53.0 b	50.1 cd	50.2 d	45.7 d
DI80		52.8 b	51.1 c	51.8 cd	49.3 c
DI65		56.6 a	55.8 b	53.3 bc	53.4 b
DI50		56.8 a	58.5 a	56.3 a	57.1 a
AFI		52.0 b	43.7 e	52.1 cd	44.5 d
PRD80		53.5 b	48.4 d	53.1 bc	46.5 d
PRD65		53.8 b	49.3 cd	53.2 bc	50.7 c
PRD50		53.6 b	54.7 b	54.8 ab	55.7 a
نظام الري		**	***	ns	***
مستوى					
الري		**	***	***	***
التفاعل		*	*	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بنفس الحرف ضمن العمود عند مستوى ($0.05 > P$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

بينما يُلاحظ في العينة الثانية وجود زيادة في قراءات جهاز SPAD مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة، كما أنّ هناك تفوقاً معنوياً واضحاً لمعاملات الري العادي على مثيلاتها من معاملات الري المتناوب. أمّا في العينة الثالثة فقد أخذت القراءات المنحى ذاته المُلاحظ في العينة الثانية، ولكنّ الفروق بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري لم تكن معنوية. ويُلاحظ في العينة الرابعة، الواقعة في نهاية طور تشكل الجوزات، وجود زيادة معنوية في قراءات جهاز SPAD ضمن كل نظام ري على حدة، باستثناء عدم وجود فرق معنوي بين المعاملتين PRD80 و AFI في نظام الري المتناوب. ويُلاحظ أيضاً غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري العادي ومثيلاتها من معاملات الري المتناوب باستثناء تفوق المعاملة DI80 معنوياً على المعاملة PRD80.

يبين الجدول (47) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الآزوت الكلي (TN%) في الأوراق لموسم نمو 2008 في مواعيد الاعتيان المختلفة.

يُمكن بنظرة إجمالية إلى جميع العينات القول بوجود زيادة في محتوى الأوراق من الآزوت مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. حيث يُلاحظ في العينة الأولى غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي، وتفق المعاملة AFI معنوياً على المعاملة CFI. أمّا في العينة الثانية فيُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الناقص العادي، وتفقها جميعاً تفوقاً معنوياً جلياً على المعاملة CFI، بينما يُلاحظ في نظام الري المتناوب انخفاض تدريجي في TN% في الأوراق؛ حيث كانت الفروق بين المعاملات المختلفة أقل حدة. وفي العينتين الثالثة والرابعة تتأكد الملاحظة

العامة المتمثلة في زيادة TN% في الأوراق مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما، إلا أنَّ الزيادة ظاهرة.

الجدول (47) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الآزوت الكلي في الأوراق حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2008.

المعاملة	موعد الاعتيان	2008/6/29	2008/7/16	2008/8/7	2008/8/17
		***	***	ns	ns
CFI		3.34 d	3.00 cd	2.53	2.37
DI80		3.68 c	3.47 a	2.57	2.42
DI65		3.80 bc	3.35 a	2.65	2.6
DI50		4.00 ab	3.32 ab	2.8	2.63
AFI		3.70 c	2.83 d	2.52	2.27
PRD80		3.68 c	3.03 bcd	2.63	2.35
PRD65		3.75 bc	3.30 abc	2.73	2.37
PRD50		4.10 a	3.53 a	2.75	2.55
نظام الري		ns	ns	ns	ns
مستوى الري		***	***	ns	ns
التفاعل		ns	*	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بنفس الحرف ضمن العمود عند مستوى ($0.05 > P$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

موسم نمو 2009:

يبين الجدول (48) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز SPAD لموسم نمو 2009 وفقاً لمواعيد الاعتيان المختلفة. ومن الملاحظ في هذا الموسم أيضاً وجود منحى عام في جميع العينات نحو زيادة قراءات جهاز SPAD مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. يُلاحظ أيضاً في العينات كافة غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي. يُلاحظ في العينة الأولى، والتي تتوافق مع مرحلة قمة الإزهار، انخفاض تدريجي في قراءات الـ SPAD وعدم وجود فروقات معنوية بين كل مستويي ري متتاليين في نظامي الري كليهما. ويُلاحظ في العينة الثانية تفوق المعاملة DI50 معنوياً على بقية المعاملات في نظام الري العادي، بينما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب. أمّا في العينة الثالثة فلم تكن الفروق معنوية بين المعاملات المُعرضة لإجهاد مائي في نظامي الري كليهما، وكانت الفروق معنوية بين مستوى الري 50 من جهة مع مستوى الري 100% من جهة أخرى في كلا نظامي الري.

بينما يُلاحظ في العينة الرابعة، والتي تقع في بداية طور النضج، وجود فروق معنوية في قراءات جهاز SPAD بين مستويي الري 65 و 50% من جهة والمستويين 100 و 80% من جهة أخرى في نظامي الري كليهما، كما

كان الفرق معنوياً بين المعاملتين DI50 و DI65 في نظام الري العادي. أما في العينة الخامسة فيلاحظ تفوق المعاملة DI50 معنوياً على المعاملات كافة، وغياب الفروق المعنوية بين بقية المعاملات. بينما سلك نتائج العينة السادسة سلوكاً مماثلاً لسلوك النتائج في العينة الرابعة؛ حيث كانت الفروق في قراءات جهاز الـ SPAD معنوية بين مستويي الري 65 و 50% من جهة والمستويين 100 و 80% من جهة أخرى في نظامي الري كليهما.

الجدول (48) تأثير معاملات الري المختلفة في قراءات جهاز الـ SPAD حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2009.

المعاملة	موعد الاعتيان	09/7/22	09/8/5	09/8/19	09/9/2	09/9/8	09/9/16
		**	*	*	***	**	**
CFI		53.4 d	52.6 c	52.1 b	50.2 c	50.4 b	49.2 c
DI80		55.3 cd	54.8 bc	54.0 ab	51.0 c	50.2 b	50.8 c
DI65		57.9 abc	55.2 bc	55.3 ab	55.5 b	52.7 b	54.4 ab
DI50		60.6 a	58.7 a	57.7 a	58.7 a	56.9 a	56.2 a
AFI		54.1 d	53.3 c	52.6 b	50.8 c	52.5 b	51.0 c
PRD80		55.8 cd	54.8 bc	54.2 ab	51.1 c	52.1 b	51.1 c
PRD65		56.3 bcd	55.3 bc	54.4 ab	55.0 b	51.9 b	52.0 bc
PRD50		59.6 ab	57.4 ab	57.0 a	57.2 ab	53.3 b	54.3 ab
نظام الري		ns	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري		*	**	**	***	**	***
التفاعل		ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بنفس الحرف ضمن العمود عند مستوى ($P > 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT

يبين الجدول (49) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الأزوت الكلي (TN%) في الأوراق لموسم نمو 2009 في مواعيد الاعتيان المختلفة.

يُلاحظ في جميع العينات وجود منحى عاماً نحو زيادة محتوى الأزوت في الأوراق مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة. كما يُلاحظ أيضاً في العينات كافة غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي. حيث يُلاحظ في العينة الأولى، والتي تتوافق مع مرحلة قمة الإزهار، غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المعرضة لإجهاد مائي في كلا النظامين، كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب كافة. أما في العينتين الثانية والثالثة فهناك فرق معنوي واضح بين المستوى 50 والمستوى 100% في نظامي الري كليهما. أما في العينات الثلاثة التي أُخذت

في شهر أيلول فيلاحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المختلفة، مع ملاحظة وجود زيادة ظاهرية في محتوى الأوراق من الآزوت مع انخفاض كمية المياه المضافة ضمن كل نظام ري على حدة.

الجدول (49) تأثير معاملات الري المختلفة في نسبة الآزوت الكلي في الأوراق حسب مواعيد الاعتيان المختلفة، دير الحجر 2009.

المعاملة	موعد الاعتيان	09/7/22	09/8/5	09/8/19	09/9/2	09/9/8	09/9/16
CFI	*	3.24 b	2.98 c	2.98 c	2.05	1.95	1.75
DI80	*	3.66 ab	3.26 bc	3.02 c	2.11	2.07	1.84
DI65	*	3.93 a	3.56 ab	3.49 ab	2.27	2.22	1.99
DI50	*	4.00 a	3.68 ab	3.74 a	2.43	2.47	2
AFI	*	3.55 ab	3.00 c	2.99 c	2.05	2.1	1.72
PRD80	*	3.77 a	3.29 bc	3.23 bc	2.11	2.14	1.84
PRD65	*	3.91 a	3.32 bc	3.21 bc	2.13	2.21	1.88
PRD50	*	3.93 a	3.79 a	3.78 a	2.18	2.28	1.95
نظام الري	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مستوى الري	**	**	**	***	ns	*	*
التفاعل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بنفس الحرف ضمن العمود عند مستوى ($P > 0.05$) وفقاً لاختبار دنكن ذي المدى المتعدد DMRT.

تمت معالجة بيانات قراءات جهاز SPAD والآزوت والمساحة الورقية عند مراحل النمو المختلفة، ومؤشري الإنتاجية والآزوت الكلي الممتص عند مرحلة النضج، وذلك لمستويات الري المختلفة ولكل نظام ري على حدة، لتحديد قيم معامل الارتباط الخطي (Pearson) ودرجة معنوية الارتباط؛ حيث اعتمدت قراءات جهاز SPAD عاملاً مستقلاً لبقية المؤشرات التي اعتبرت عاملاً تابعاً. كانت العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت علاقة طردية (إيجابية)، بينما كانت علاقة مؤشر قراءات جهاز SPAD ببقية المؤشرات عكسية (سلبية) وذلك في مواسم النمو الثلاثة. بينت نتائج موسم نمو 2007 (الجدول 50) عند نظام الري العادي وجود علاقة ارتباط وثيقة بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت؛ حيث كان الارتباط فيما بينها مرتفعاً ومعنوياً في قياسين من ثلاثة قياسات، وكان هذا الارتباط قوياً جداً في مرحلة الإزهار؛ حيث بلغ في بداية مرحلة الإزهار ($r = 0.95$) وعند مرحلة قمة الإزهار ($r = 0.96$). وكذلك الأمر بالنسبة لقيم معامل الارتباط الخطي بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والآزوت الكلي الممتص؛ حيث بينت النتائج وجود علاقات ارتباط معنوية (< 0.98). أما عن العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والمساحة الورقية فيلاحظ وجود ارتباط قوي بينهما؛ حيث كان الارتباط معنوياً عند جميع مراحل النمو المختبرة (< 0.99). كما يُلاحظ

ارتفاع قيم معامل الارتباط ($0.90 \leq$) بين مؤشر قراءات جهاز SPAD ومؤشري الإنتاج (ألياف وقطن محبب) وكانت معنوية عند مرحلة قمة الإزهار ومرحلة تشكل الجوزات.

الجدول (50) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت، الأزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحبب. دير الحجر 2007.

محتوى الأزوت في الأوراق	محتوى الأزوت الكلي	المساحة الورقية	إنتاج الألياف	الإنتاجية الكلية	مرحلة النمو	مؤشر الارتباط
%	كغ/هـ	سم ²	كغ/هـ	كغ/هـ		
نظام الري العادي						
0.95*	0.995**	0.997**	0.90 ns	0.92 ns	مرحلة الإزهار	07/7/15
0.96*	0.987*	0.99*	0.97*	0.98*	مرحلة قمة الإزهار	07/7/29
0.86 ns	0.996**	0.99*	0.96*	0.97*	مرحلة تشكل الجوزات	07/8/12
نظام الري المتناوب						
0.997**	0.98*	0.93 ns	0.91 ns	0.91 ns	مرحلة الإزهار	07/7/15
0.80 ns	0.97*	0.98*	0.997**	0.999**	مرحلة قمة الإزهار	07/7/29
0.29 ns	0.90 ns	0.93 ns	0.96*	0.98*	مرحلة تشكل الجوزات	07/8/12

في حين سلكت قيم معامل الارتباط في موسم نمو 2007 عند نظام الري المتناوب سلوكاً مغايراً إلى حد ما (الجدول 50)؛ حيث يُلاحظ وجود علاقة ارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت، وكان الارتباط فيما بينهما معنوياً عند بداية مرحلة الإزهار فقط ($r=0.997$)، وانخفضت قيمة r إلى 0.29 في مرحلة تشكل الجوزات. وكذلك الأمر بالنسبة لقيم معامل الارتباط الخطي بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والأزوت الكلي الممتص؛ حيث بينت النتائج ارتفاع قيم r ، ولكنها لم تكن معنوية عند مرحلة تشكل الجوزات. أما عن العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والمساحة الورقية فيلاحظ أيضاً ارتفاع قيم r ($0.93 \leq$)، ولكنها لم تكن معنوية، باستثناء قيمته عند قمة الإزهار ($r=0.98$). كما يُلاحظ ارتفاع قيم معامل الارتباط ($0.90 \leq$) بين مؤشر قراءات جهاز SPAD ومؤشري الإنتاج (ألياف وقطن محبب)، وكانت معنوية في مرحلة قمة الإزهار ومرحلة تشكل الجوزات.

أما في موسم نمو 2008 فيلاحظ من الجدول (51) في نظام الري العادي وجود علاقة ارتباط وثيقة بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت، حيث كان الارتباط فيما بينها قوياً ومعنوياً عند مرحلة تشكل الجوزات ($r=0.99$) وتفتحها ($r=0.97$). وكذلك الأمر بالنسبة لقيم معامل الارتباط الخطي بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والأزوت الكلي الممتص؛ حيث بينت النتائج وجود علاقات ارتباط معنوية في جميع المراحل المختبرة، باستثناء مرحلة البراعم الزهرية فقط. أما عن العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والمساحة الورقية فعلى الرغم من ارتفاع قيم معامل الارتباط ($0.66 \leq$)، إلا أنه كان معنوياً عند مرحلة تفتح الجوزات فقط.

كما يُلاحظ أيضاً وجود ارتباط وثيق ومعنوي (≤ 0.94) بين مؤشر قراءات جهاز SPAD ومؤشري الإنتاج، باستثناء قيمته في مرحلة البراعم الزهرية. أما في نظام الري المتناوب فكان الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت قوياً ومعنوياً عند مرحلة قمة الإزهار ومرحلة تفتح الجوزات. وأيضاً كان معامل الارتباط بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والأزوت الكلي الممتص وثيقاً (≤ 0.91) ولكنه لم يكن معنوياً إلا عند مرحلة قمة الإزهار. أما عن العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والمساحة الورقية فكانت قيم r مرتفعة (≤ 0.93) في جميع المراحل المختبرة، ومعنوية عند مرحلة البراعم الزهرية ومرحلة قمة الإزهار. كما يُلاحظ ارتفاع قيم معامل الارتباط (≤ 0.65) بين مؤشر قراءات جهاز SPAD ومؤشري الإنتاج، إلا أنها لم تكن معنوية إلا عند مرحلة تفتح الجوزات، وبلغ بالنسبة لمؤشر إنتاج الألياف ($r=0.98$) ولمؤشر القطن المحبب ($r=0.99$).

الجدول (51) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت، الآزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحبب. دير الحجر 2008.

مؤشر الإنتاج	محتوى الآزوت في الأوراق	الأزوت الكلي الممتص	المساحة الورقية	إنتاج الألياف	إنتاج القطن المحبب
معدل الإنتاج	%	كغ/هـ	سم ²	كغ/هـ	كغ/هـ
نظام الري العادي					
08/6/29	البراعم الزهرية	0.80 ns	0.89 ns	0.66 ns	0.94 ns
08/7/16	قمة الإزهار	0.36 ns	0.96*	0.95 ns	0.998**
08/8/7	تشكل الجوزات	0.99**	0.96*	0.93 ns	0.98*
08/8/17	تفتح الجوزات	0.97*	0.99**	0.97*	0.99*
نظام الري المتناوب					
08/6/29	البراعم الزهرية	0.35 ns	0.91 ns	0.95*	0.65 ns
08/7/16	قمة الإزهار	0.96*	0.96*	0.99**	0.90 ns
08/8/7	تشكل الجوزات	0.85 ns	0.93 ns	0.93 ns	0.89 ns
08/8/17	تفتح الجوزات	0.96*	0.91 ns	0.94 ns	0.99*

ويُلاحظ في موسم نمو 2009 (الجدول 52) في نظام الري العادي وجود علاقة ارتباط وثيقة بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت؛ حيث كان الارتباط فيما بينها مرتفعاً، إلا أنه لم يكن معنوياً إلا عند مرحلة النضج (≤ 0.97). وكذلك الأمر بالنسبة لقيم معامل الارتباط بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والأزوت الكلي الممتص؛ حيث كانت مرتفعة، ولكنها غير معنوية في جميع المراحل المختبرة. أما عن العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والمساحة الورقية فيُلاحظ وجود ارتباط وثيق ومعنوي بينهما (≤ 0.91)، باستثناء العينة الأخيرة.

الجدول (52) معاملات الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت، الآزوت الكلي الممتص، المساحة الورقية، إنتاج الألياف، إنتاج القطن المحجب. دير الحجر 2009.

مؤشر الإنتاج الكلية	إنتاج الألياف	المساحة الورقية	الأزوت الكلي الممتص	محتوى الآزوت في الأوراق	مرحلة النمو	مؤشر الاعتيان
كغ/هـ	كغ/هـ	سم ²	كغ/هـ	%		
نظام الري العادي						
0.999**	0.999**	0.99**	0.98*	0.93 ns	قمة الإزهار	09/7/22
0.95 ns	0.96*	0.98*	0.94 ns	0.90 ns	تشكل الجوزات	09/8/5
0.99*	0.99*	0.997**	0.98*	0.94 ns	تفتح الجوزات	09/8/19
0.99*	0.99**	0.997**	0.94 ns	0.996**	النضج	09/9/2
0.94 ns	0.96*	0.68 ns	0.86 ns	0.97*	النضج	09/9/8
0.995**	0.99*	0.91 ns	0.98*	0.98*	النضج	09/9/16
نظام الري المتناوب						
0.91 ns	0.91 ns	0.93 ns	0.94 ns	0.83 ns	قمة الإزهار	09/7/22
0.93 ns	0.93 ns	0.99**	0.97*	0.995**	تشكل الجوزات	09/8/5
0.90 ns	0.89 ns	0.95 ns	0.94 ns	0.989*	تفتح الجوزات	09/8/19
0.99*	0.99**	0.94 ns	0.96*	0.90 ns	النضج	09/9/2
0.44 ns	0.45 ns	0.39 ns	0.42 ns	0.53 ns	النضج	09/9/8
0.90 ns	0.91 ns	0.94 ns	0.89 ns	0.83 ns	النضج	09/9/16

كما يُلاحظ أيضاً وجود ارتباط وثيق ومعنوي ($0.94 \leq r$) بين مؤشر قراءات جهاز SPAD ومؤشري الإنتاج، باستثناء قيمته لمؤشر إنتاج القطن المحجب عند مرحلة تشكل الجوزات. أما في نظام الري المتناوب فكان معامل الارتباط بين قراءات جهاز SPAD ومحتوى الأوراق من الآزوت مرتفعاً، ولكنه لم يكن معنوياً إلا عند مرحلة تشكل الجوزات وتفتحها ($r=0.99$). وأيضاً كان معامل الارتباط بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والأزوت الكلي الممتص مرتفعاً ($0.89 \leq r$)، ولكنه لم يكن معنوياً إلا عند مرحلة تشكل الجوزات ومرحلة النضج في بداية شهر أيلول فقط. كما كانت قيم r مرتفعة ($0.93 \leq r$) بين مؤشري قراءات جهاز SPAD والمساحة الورقية في جميع المراحل المختبرة، ومعنوية عند مرحلة تشكل الجوزات فقط. ويُلاحظ أيضاً ارتفاع قيم معامل الارتباط بين مؤشر قراءات جهاز SPAD ومؤشري الإنتاج؛ حيث كانت قريبة من الواحد ($0.89 \leq r$)، إلا أنها لم تكن معنوية إلا عند مرحلة النضج في بداية شهر أيلول.

10. نتائج استعمال النموذج AquaCrop:

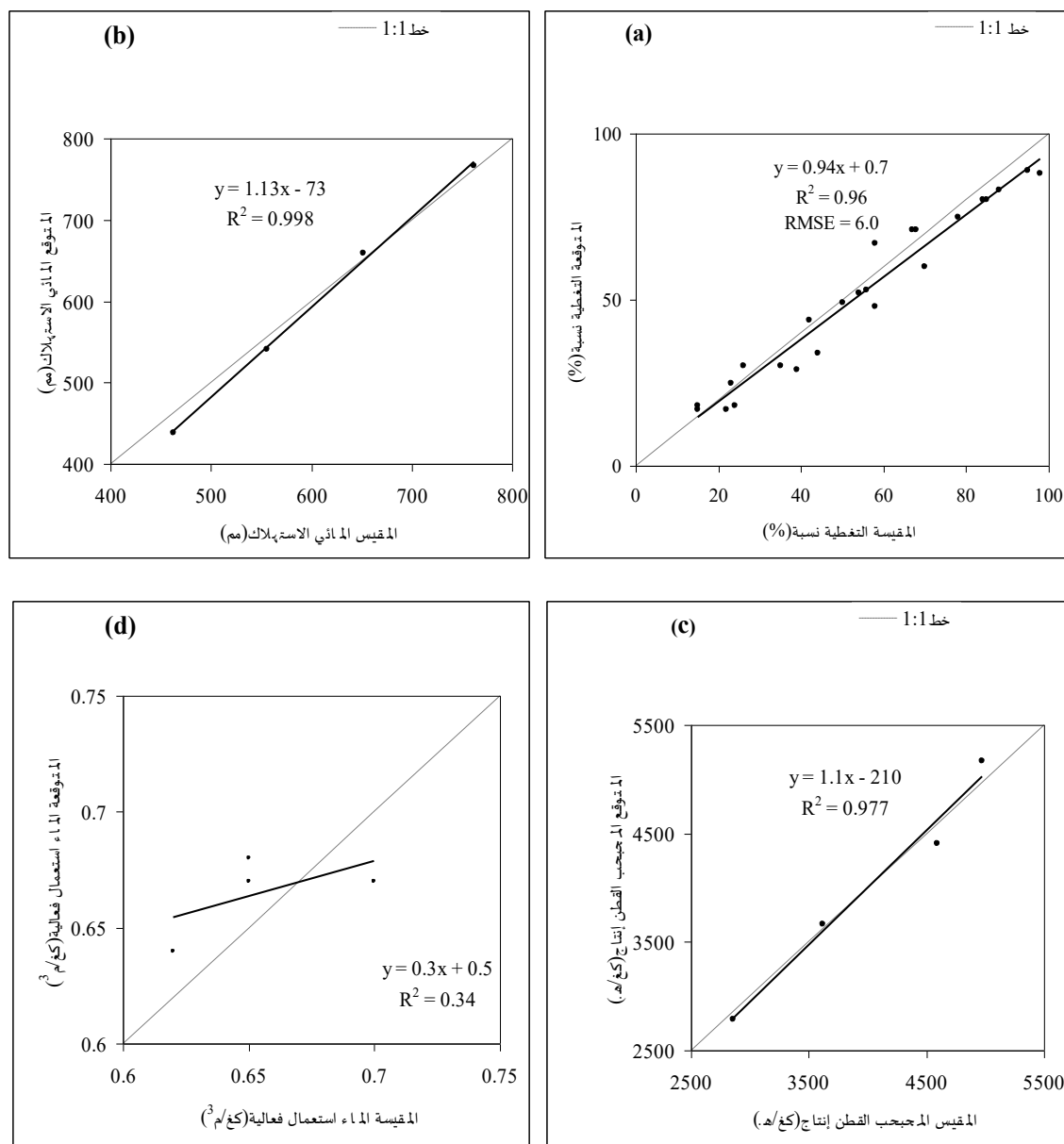
10.1. معايرة النموذج:

يبين الجدول (53) المؤشرات الأساسية في معايرة النموذج AquaCrop، حيث أفضت المحاولات المتكررة لمحاكاة تطور المجموع الخضري بدقة كافية إلى اعتماد القيمة 7.2% لمعامل نمو المجموع الخضري Canopy growth coefficient (CGC)، والقيمة 3% لمعامل تراجع النمو الخضري Canopy decline coefficient (CDC). كما تم التأكيد هنا على أن القيم الحرجة للمؤشر P لمحاكاة تأثير الإجهاد المائي في تطور المجموع الخضري ومعدل النتج والمقترحة سابقاً من قبل Farahani et al. (2009) لصنف القطن حلب (118) كانت مناسبة أيضاً للصنف حلب (1/33).

الجدول (53) قيم المؤشرات المستعملة في معايرة النموذج AquaCrop.

المؤشر	قيمه
مؤشرات النمو:	
الزيادة اليومية في نسبة التغطية النباتية (%)	7.2
الانخفاض اليومي في نسبة التغطية النباتية (%)	3
مؤشرات الاستجابة للإجهاد المائي:	
عامل استنزاف ماء التربة المحدد لنمو الأوراق، الحد الأدنى	0.25
عامل استنزاف ماء التربة المحدد لنمو الأوراق، الحد الأدنى	0.70
معامل الإجهاد المائي المحدد لنمو الأوراق، عامل الشكل	4.0
عامل استنزاف ماء التربة للتحكم المسامي	0.55
معامل الإجهاد المائي للتحكم المسامي، عامل الشكل	0
عامل استنزاف ماء التربة المترافق مع توقف النمو الخضري	0.75
معامل الإجهاد المائي المترافق مع توقف النمو الخضري، عامل الشكل	1.0
مؤشرات الإنتاج:	
الإنتاجية المائية (غ/م ²)	15.8
انخفاض الإنتاجية المائية أثناء تشكل الإنتاج (%)	0
دليل الحصاد (%)	30

وقد تمكن AquaCrop من محاكاة تطور نسبة التغطية بشكل دقيق في موسم نمو 2007؛ إذ تدل قيمة المؤشر RMSE (6%) المحسوبة لكل المعاملات على التوافق الجيد بين القيم المتوقعة والقيم المقاسة لنسبة التغطية، ويدل على ذلك أيضاً علاقة الانحدار الخطي القوية بينهما (الشكل 31a).



الشكل (31) القيم المقاسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop (a) لنسبة التغطية (b) الاستهلاك المائي الموسمي (c) إنتاج القطن المحجب (d) فعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2007.

يبين الجدول (54) القيم المقاسة والقيم المتوقعة باستعمال النموذج لإنتاج المادة الجافة، الإنتاجية، دليل الحصاد (HI)، الاستهلاك المائي الموسمي وفعالية استعمال الماء في مواسم النمو الثلاثة. بالنسبة لموسم 2007 (موسم المعايرة) كانت نتائج محاكاة AquaCrop للاستهلاك المائي دقيقة ($RMSE = 15$ مم، $d = 0.996$)، ويؤكد ذلك

أيضاً العلاقة الخطية القوية بين قيم ETc المقيسة وقيم AquaCrop المتوقعة له؛ حيث الميل قريب من الواحد وقيمة القاطع صغيرة نسبياً (الشكل 31b).

الجدول (54) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة لكل من إنتاج المادة الجافة، الإنتاجية، دليل الحصاد، الاستهلاك المائي الموسمي، وفعالية استعمال الماء لمعاملات الري الناقص العادي المختلفة.

الموسم	المعاملة	إنتاج المادة الجافة	الإنتاجية	HI	ETc	WUE						
المقيس	المقيس	المتوقع	المتوقعة	المقيس	المتوقع	المقيسة	المتوقعة	كغ/هـ	كغ/هـ	كغ/م ³	كغ/م ³	كغ/م ³
2007	FI	16198	16107	4971	5161	0.307	0.321	762	767	0.65	0.67	0.67
	DI80	12971	13196	4589	4407	0.354	0.334	652	659	0.7	0.67	0.67
	DI65	10045	10604	3615	3668	0.36	0.346	556	541	0.65	0.68	0.68
	DI50	8287	7960	2858	2768	0.345	0.351	463	439	0.62	0.64	0.64
2008	FI	17028	16967	5208	5366	0.306	0.316	797	788	0.67	0.68	0.68
	DI80	13739	13785	4812	4548	0.35	0.33	671	681	0.71	0.67	0.67
	DI65	10775	10944	3733	3742	0.346	0.342	576	551	0.65	0.68	0.68
	DI50	8762	8503	2959	2948	0.338	0.347	466	451	0.63	0.65	0.65
2009	FI	16600	16334	5079	5203	0.306	0.319	758	727	0.67	0.72	0.72
	DI80	13188	13281	4459	4438	0.338	0.334	628	627	0.71	0.71	0.71
	DI65	10047	10397	3472	3540	0.346	0.34	526	510	0.66	0.69	0.69
	DI50	7565	7197	2635	2462	0.348	0.342	425	399	0.62	0.62	0.62

HI: دليل الحصاد

ETc: الاستهلاك المائي الموسمي

WUE: فعالية استعمال الماء

قادت المحاكاة الدقيقة لـ ETc إلى محاكاة جيدة للمادة الجافة (RMSE = 0.35 طن/هـ، d = 0.997) كما هو موضح في الجدول (55). ونتج عن المحاولات المتكررة لنمذجة الإنتاجية بشكل جيد التوصل لقيمة 0.30 لدليل الحصاد (HI). وضُبطت استجابة تطور HI للإجهاد المائي عبر إسناد القيمتين 1.5 و 2 للمؤشرين a و b على الترتيب؛ واللذين يمثلان التأثير الإيجابي والتأثير السلبي للإجهاد المائي خلال فترة تشكل الإنتاج، مع افتراض عدم وجود زيادة في HI نتيجة التعرض للإجهاد المائي قبل الإزهار (Raes et al. 2009). كانت نتائج محاكاة الإنتاجية جيدة؛ حيث كانت قيمة RMSE = 142 كغ/هـ وقيمة d = 0.990 (الجدول 55). كما يوضح الشكل (31c) جودة أداء AquaCrop في محاكاة الإنتاجية من خلال علاقة الانحدار الخطي؛ حيث الميل قريب من الواحد.

الجدول (55) قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ ودليل التوافق لكل من إنتاج المادة الجافة، الإنتاجية، دليل الحصاد، الاستهلاك المائي الموسمي، وفعالية استعمال الماء لمعاملات الري الناقص العادي المختلفة.

إنتاج المادة الجافة		الإنتاجية		HI		ETc		WUE	
كغ/هـ		كغ/هـ		د		مم		كغ/م ³	
d	RMSE	d	RMSE	d	RMSE	d	RMSE	d	RMSE
0.997	346	0.990	142	0.80	0.014	0.996	15	0.65	0.03
0.999	159	0.990	154	0.82	0.012	0.996	16	0.52	0.03
0.998	290	0.997	112	0.90	0.008	0.992	22	0.84	0.03

RMSE: الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ

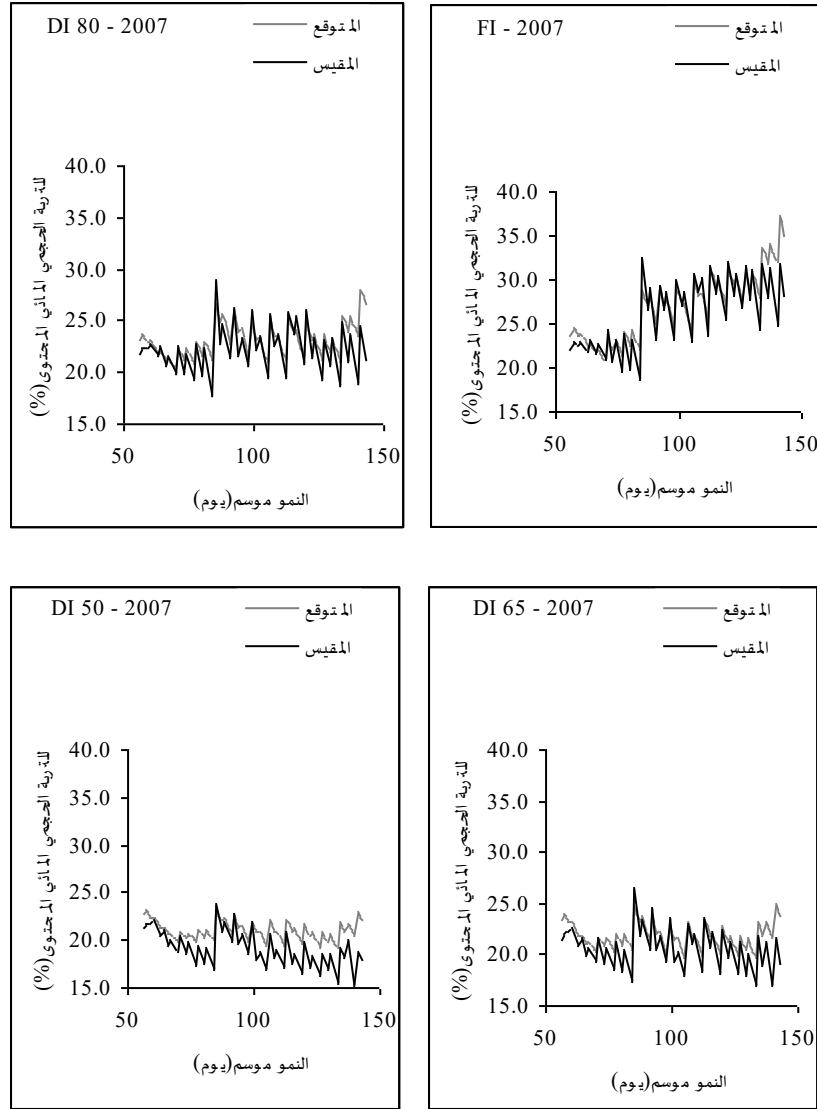
d: دليل التوافق

HI: دليل الحصاد

ETc: الاستهلاك المائي الموسمي

WUE: فعالية استعمال الماء

وفيما يتعلق بمحاكاة النموذج لتغيرات المحتوى المائي للتربة (SWC) Soil water content مع الزمن في الطبقة 0-60 سم، فقد تمكن النموذج من التنبؤ بالمنحى العام لتغيرات المحتوى المائي في معاملات الري المختلفة، مع ملاحظة وجود منحى عام لزيادة قيم SWC المتوقعة مقارنة مع القيم المقاسة في معاملات الري الناقص (الشكل 32).

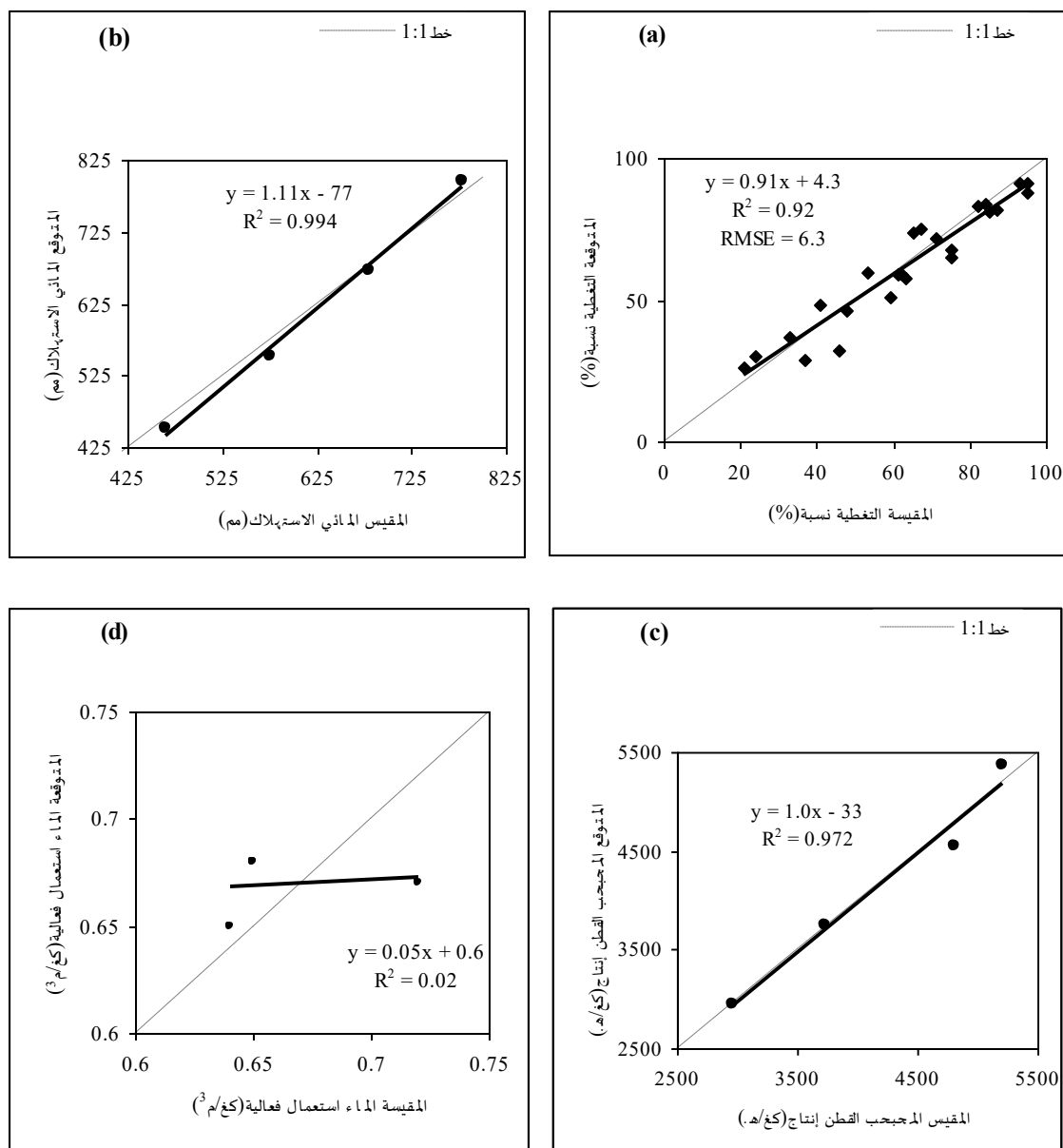


الشكل (32) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop لتغيرات المحتوى المائي للتربة مع الزمن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2007.

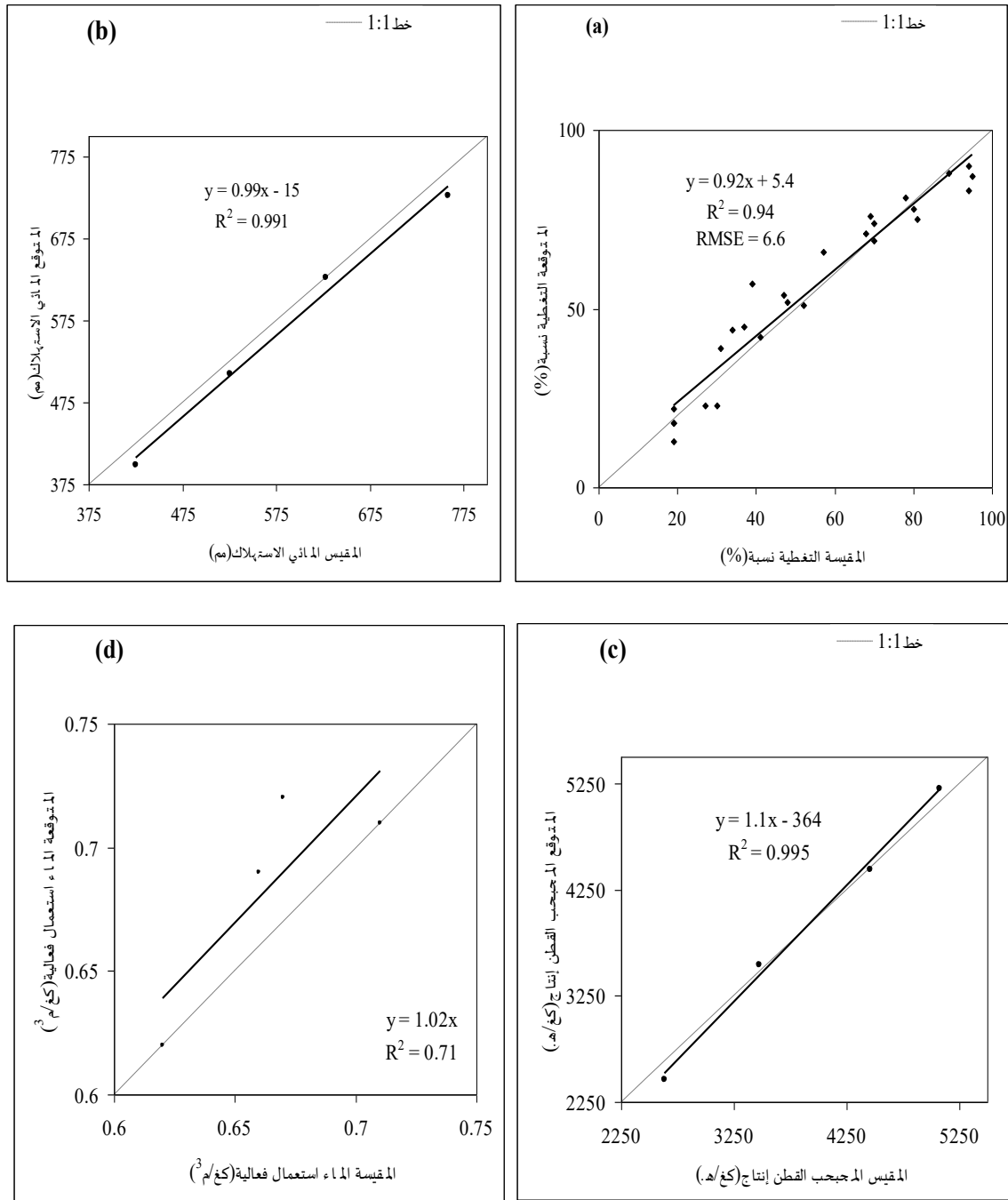
10. 2. تقييم النموذج:

سلكت نتائج النموذج في موسمي 2008 و2009 منحاً مشابهاً لسلوكها في موسم 2007؛ حيث كانت قيم معامل التحديد (R^2) للعلاقة بين القيم المتوقعة والقيم المقيسة لنسبة التغطية في الشكلين (33a) و(34a) مرتفعة (0.92 و 0.94 في موسمي 2008 و2009 على الترتيب). تظهر علاقة الانحدار الخطي بين القيم المتوقعة والقيم المقيسة لـ ETc في الشكلين (33b) و(34b) دقة النموذج في محاكاة ETc؛ حيث يقترب ميل العلاقة من

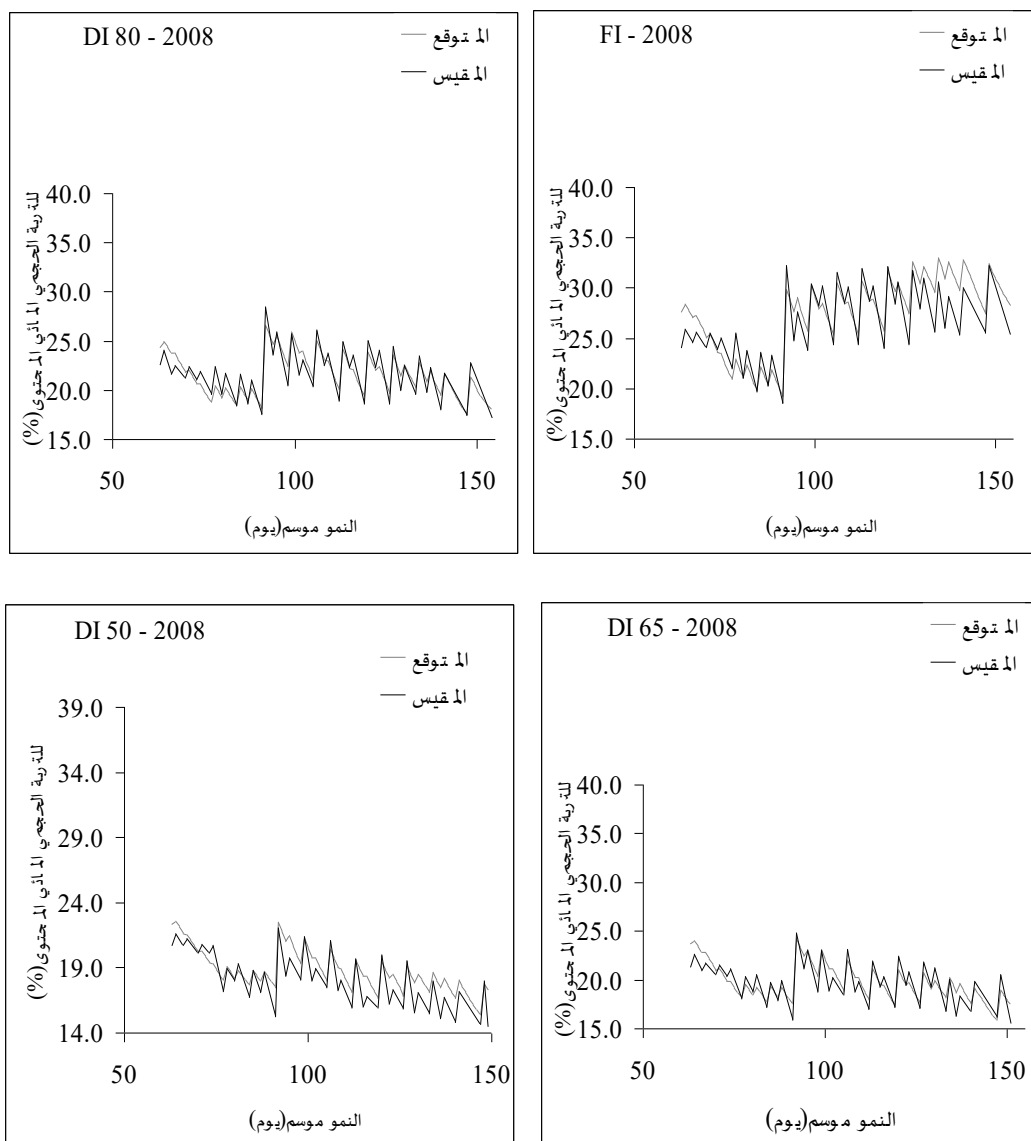
الواحد، كما أنّ قيمة القاطع صغيرة نسبياً وقيم R^2 مرتفعة. كما يدل على دقة النموذج في محاكاة ET_c قيم المؤشرين الاحصائيين المعتمدين ($RMSE = 16$ و $d = 0.996$ و 0.992 لموسمي 2008 و 2009 على التوالي) في الجدول (55). تمكن النموذج من محاكاة إنتاج المادة الجافة في نهاية الموسم بشكل جيد في كلا موسمي النمو (الجدول 54). ولذلك كانت النتائج المتوقعة للإنتاجية بـ AquaCrop قريبة من القيم المقاسة لها. ويدل على ذلك أيضاً قيم المؤشرات الاحصائية ($RMSE = 154$ و 112 كغ/هـ لموسمي 2008 و 2009 على التوالي، $d = 0.990$ في كلا الموسمين)، وقوة علاقة الانحدار الخطي بين القيم المقاسة للإنتاجية والقيم المتوقعة لها (الشكلين (33c) و (34c)). وسلكت تغيرات محتوى التربة المائي مع الزمن سلوكاً مشابهاً لسلوكها في موسم 2007؛ إذ استطاع النموذج أن يحاكي دورات الجفاف والرياح في المنحى العام في موسمي نمو 2008 و 2009 (الشكلين (35) و (36)). ولكن كان هناك فروق في القيم المطلقة، إلا أنّ هذا الانحراف لم يؤثر على دقة النموذج في محاكاة ET_c ، المُكوّن الأهم في معادلة الموازنة المائية. ويُلاحظ في المواسم الثلاثة وجود نزعة في النموذج نحو إعطاء فعالية استعمال الماء قيماً أعلى من قيمها المقاسة لمستويات الري المختبرة باستثناء المستوى 80% (الأشكال (31d) و (33d) و (34d)).



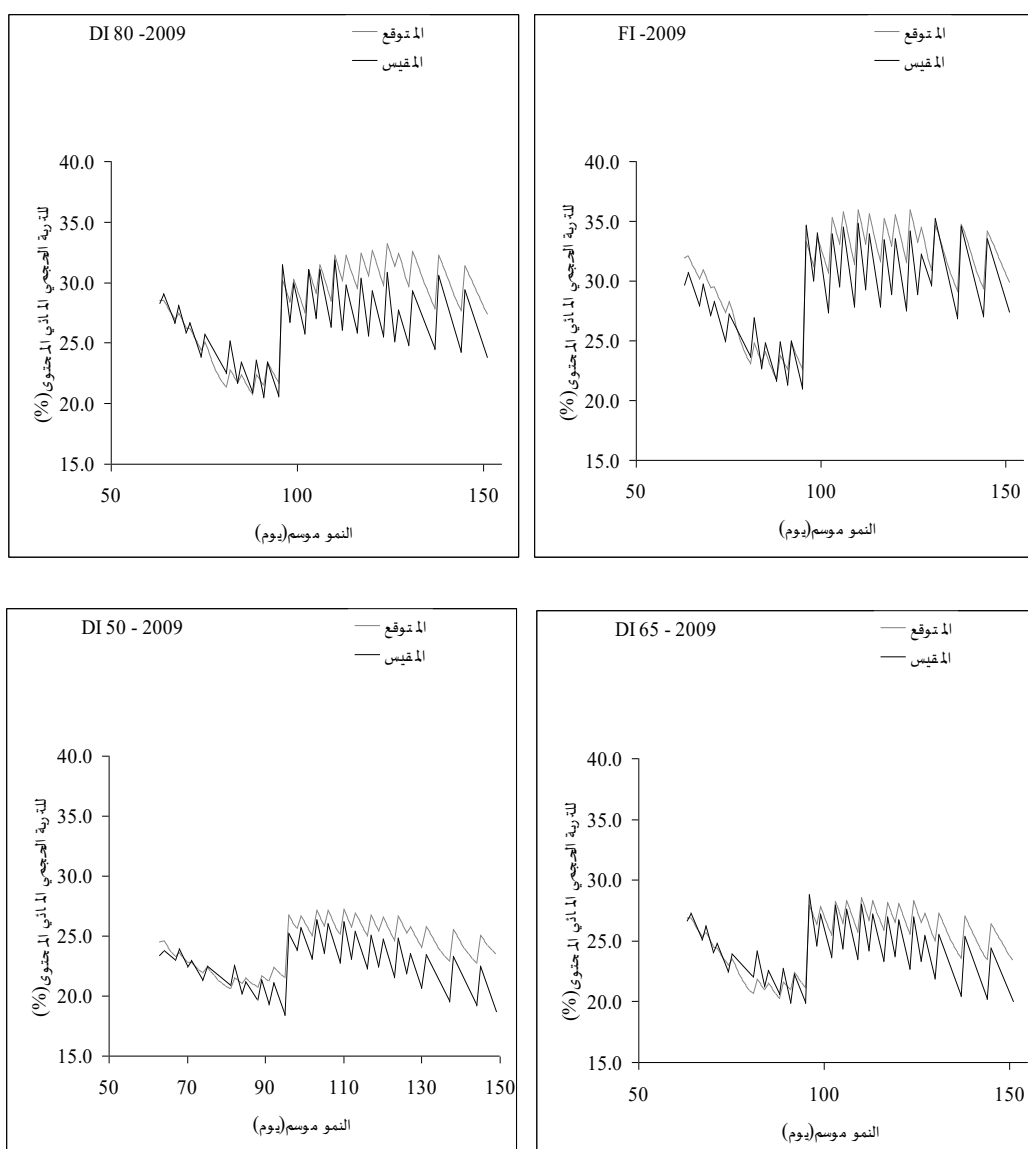
الشكل (33) القيم المقاسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop (a) لنسبة التغطية (b) الاستهلاك المائي الموسمي (c) إنتاج القطن المحجب (d) فعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2008.



الشكل (34) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop (a) لنسبة التغطية (b) الاستهلاك المائي الموسمي (c) إنتاج القطن المحجب (d) فعالية استعمال الماء لمحصول القطن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2009.



الشكل (35) القيم المقيسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop لتغيرات المحتوى المائي للتربة مع الزمن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2008.



الشكل (36) القيم المقبسة مقابل القيم المتوقعة باستعمال النموذج AquaCrop لتغيرات المحتوى المائي للتربة مع الزمن عند مستويات الري المختلفة في نظام الري العادي، موسم نمو 2009.

10. 3. المحاكاة ومفاضلة البدائل:

تبين الجداول (56، 57، 58، 59) محاكاة النموذج AquaCrop للبدائل المختلفة لري محصول القطن باستعمال بيانات موسم نمو 2008.

الجدول (56) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على تغيير الحدين الأدنى والأعلى للري.

المقارنة مع المعاملة FI - 2008		البدائل			
ETc	الإنتاجية	ETc	الإنتاجية	محتوى التربة المائي	
788 مم	5366 كغ/هـ			الحد الأعلى	الحد الأدنى
%	%	مم	كغ/هـ	(% من FC)	(% من TAW)
-12	-20	690	4311	70	50
-11	-15	698	4580	80	50
-10	-10	711	4807	90	50
-9	-7	721	5001	100	50
-26	-31	585	3696	70	40
-23	-26	610	3992	80	40
-20	-21	630	4247	90	40
-18	-17	644	4472	100	40
-35	-40	512	3221	70	30
-31	-34	543	3550	80	30
-28	-28	571	3849	90	30
-25	-24	591	4104	100	30

ETc: الاستهلاك المائي الموسمي

TAW: الماء الكلي المتاح

FC: السعة الحقلية

تمت المفاضلة بين النتائج بمقارنة انخفاض الإنتاجية (%) وانخفاض الاستهلاك المائي (%) مع القيم المتوقعة للمعاملة CFI المروية رياً كاملاً في موسم 2008، مع التركيز على فكرة استقرار واستمرار العملية الإنتاجية، والتخلي عن فكرة السعي لتحقيق الإنتاجية العظمى (Geerts and Raes 2009).

الجدول (57) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على تغيير تواتر الري والحد الأعلى للري.

المقارنة مع المعاملة FI - 2008		مجموعة البدائل			
ETc	الإنتاجية	ETc	الإنتاجية	الحد الأعلى للري	تواتر الري
788 مم	5366 كغ/هـ			(% من FC)	أيام
%	%	مم	كغ/هـ		
2	1	806	5410	100	7
1	-2	792	5232	90	
-2	-7	769	5002	80	
-8	-13	722	4652	70	
-5	-3	750	5205	100	14
-7	-7	732	5011	90	
-11	-11	702	4750	80	
-18	-19	648	4357	70	
-17	-12	656	4696	100	21
-21	-18	626	4414	90	
-26	-25	582	4051	80	
-33	-33	526	3600	70	
-32	-33	539	3578	100	28
-35	-37	511	3406	90	
-40	-42	473	3135	80	
-47	-50	416	2685	70	

ETc: الاستهلاك المائي الموسمي

FC: السعة الحقلية

يُمكن من بين مجموعة البدائل الأولى (تغيير الحد الأدنى والحد الأعلى للري) اللجوء إلى البديل المتمثل في ري القطن عندما يصل المحتوى المائي للتربة إلى 50% من الماء الكلي المتاح (TAW Total available water) وإعادة محتوى التربة المائي إلى 90% من السعة الحقلية (الجدول 56). أما بالنسبة لمجموعة البدائل الثانية (الجدول 57) فيمكن ري القطن كل 14 يوماً مع إعادة المحتوى المائي للتربة إلى 90% أو 80% من السعة الحقلية، كما يمكن إعطاء رية كل 21 يوماً مع إعادة محتوى التربة المائي إلى 90% أو 80% من السعة الحقلية، إلا أن الخيار الأول أفضل من الثاني في تواتري الري كليهما.

أما في مجموعة البدائل القائمة على تكبير فطام المحصول فيلاحظ أن حذف الريّة الأخيرة أدى إلى توفير في مياه الري، مع أنّه لم يؤثر على الإنتاجيّة والاستهلاك المائي (الجدول 58).

الجدول (58) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجيّة محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على تكبير فطام المحصول.

المقارنة مع المعاملة FI - 2008		البدائل		
ETc	الإنتاجيّة	ETc	الإنتاجيّة	عدد الريات المحذوفة من نهاية الموسم
5366	كغ/هـ	مم	كغ/هـ	
788 مم	%	مم	كغ/هـ	
0	0	789	5343	1
-1	-4	777	5136	2
-3	-8	763	4913	3
-5	-12	752	4743	4
-7	-17	732	4460	5
-9	-20	718	4277	6
-13	-28	683	3845	7

ETc: الاستهلاك المائي الموسمي

أمّا البدائل القائمة على حذف بعض الريات أثناء موسم النمو فيشكل معظمها خيارات جيدة لتطبيق الري الناقص على محصول القطن، باستثناء البدائل التي يتعرض فيها المحصول إلى إجهاد مائي في طور الإزهار وتشكل الجوزات (الجدول 59).

الجدول (59) محاكاة النموذج AquaCrop لإنتاجية محصول القطن والاستهلاك المائي الموسمي لمجموعة البدائل القائمة على حذف بعض الريات أثناء موسم النمو.

المقارنة مع المعاملة				البدائل
FI - 2008				
الإنتاجية		ETc		
788 مم	5366 كغ/هـ	ETc	الإنتاجية	
%	%	مم	كغ/هـ	
-13	-13	692	4680	حذف الرية الثانية في الأسبوع اعتباراً من اول حزيران
-11	-10	702	4838	حذف الريات الثلاثة الأخيرة في طور الإنبات
-6	-3	745	5229	حذف الرية الثانية في الأسبوع في طور البراعم الزهرية
-5	-9	748	4905	حذف الرية الثانية في الأسبوع في طور الإزهار وتشكل الجوزات
				حذف ريات أسبوع وترك ريات الأسبوع التالي لكامل الموسم
-24	-27	605	3944	اعتباراً من 8 حزيران
-4	-2	757	5262	حذف ريات أسبوع وترك ريات الأسبوع التالي في حزيران فقط
-7	-3	734	5190	حذف ريات أسبوع وترك ريات الأسبوع التالي في تموز فقط
-10	-19	713	4368	حذف ريات أسبوع وترك ريات الأسبوع التالي في آب فقط
-2	-4	777	5136	حذف الريتين في شهر أيلول
ETc: الاستهلاك المائي الموسمي				

ETc: الاستهلاك المائي الموسمي

1. الاحتياجات المائية وتوزعها:

بلغ متوسط كمية المياه المضافة في هذه التجربة 786، 651، 530، 411 مم عند مستويات الري 100، 80، 65، 50% من كمية المياه المضافة للمعاملة CFI، وعليه فقد انخفضت كمية المياه المضافة بنسبة 17، 33، 48% لمستويات الري 80، 65، 50% مقارنة مع مستوى الري 100%. ويتفق هذا مع دراسات كثيرة أشارت إلى إمكان توفير في كمية المياه المضافة بتطبيق الري الناقص العادي (Basal et al. 2009) أو الري الجزئي المتناوب (Du et al. 2008; Dodd 2009). أدى الري الناقص العادي لمحصول القطن إلى توفير 25% من مياه الري مع الحصول على إنتاج جيد نسبياً (Aujla et al. 2008; Basal et al. 2009)، بينما أدى الري الجزئي المتناوب إلى توفير 30% من مياه الري والحصول على الإنتاجية نفسها (Du et al. 2008) أو انخفاض الإنتاجية بنسبة 8% فقط مقارنة مع الشاهد (Tang et al. 2005).

بلغ متوسط الاستهلاك المائي لمحصول القطن 772، 650، 553، 451 مم في معاملات الري العادي CFI، DI80، DI65، DI50 على الترتيب (الملحق 1، الجدول 60). وانخفضت قيمه قليلاً في مثيلاتها من معاملات الري المتناوب فكانت 770، 641، 546، 448 مم للمعاملات AFI، PRD80، PRD65، PRD50 على الترتيب (الملحق 1، الجدول 61). ومن الملاحظ أن قيم الاستهلاك المائي لمحصول القطن المروي بالتنقيط في المعاملات المروية رياً كاملاً تتفق مع القيم المسجلة لهذا المحصول في مناطق مشابهة لمنطقة الدراسة في طابعها المناخي؛ حيث تراوحت قيمه بين 630 مم (Dagdelen et al. 2005) إلى 754 مم (Basal et al. 2009) في غرب تركيا، وبلغت 739-775 مم في ولاية تكساس (Howell et al. 2004; Wanjura et al. 2002).

وبالمقارنة مع الاستهلاك المائي للمعاملة CFI المروية رياً كاملاً لوحظ انخفاض الاستهلاك المائي بنسبة 16، 28، 42% في المعاملات DI80، DI65، DI50 على الترتيب، وقد انخفض بنسب مقاربة لهذه في معاملات الري المتناوب حيث كانت 0، 17، 29، 42% للمعاملات AFI، PRD80، PRD65، PRD50 على الترتيب.

ازداد الاستهلاك المائي مع تطور المحصول، وسجل الاستهلاك المائي الأعظمي في طور الإزهار وتشكل الجوزات، ثم عاد لينخفض في طور النضج ومع اقتراب موعد القطاف. وتتماشى هذه النتيجة مع دراسة (Radin et al. 1992) التي بينت أن مرحلة قمة الإزهار هي المرحلة الأشد حساسية للإجهاد المائي من مراحل نمو محصول القطن، وكذلك مع دراسة (Jalota et al. 2006) التي خلصت إلى أن مرحلة تشكل الجوزات هي المرحلة الأكثر حساسية للإجهاد المائي. ولذلك من الضروري إعطاء الاحتياجات المائية كاملةً خلال فترة تشكل الجوزات؛ فتعرض النبات للإجهاد المائي عند قمة الإزهار أو أثناء تشكل الجوزات يؤدي إلى انخفاض أعظمي في الإنتاجية (Krieg 1997).

بلغت قيم معامل المحصول Kc لمحصول القطن في المعاملة CFI 0.4 (0.45) في مرحلة الإنبات، 0.6 (0.75) في مرحلة التطور، 1.1 (1.15) في منتصف موسم النمو و 0.7 (0.75) في مرحلة النضج (تمثل

القيم التي بين قوسين قيم Kc لمحصول القطن وفقاً لنشرة الفاو رقم 33). يدل الانخفاض النسبي في قيمة متوسط Kc في المعاملات المروية رياً كاملاً (9، 10% في CFI وAFI على الترتيب، (الملحق 1، الجدول 62)) على انخفاض الاستهلاك المائي لمحصول القطن تبعاً لطريقة الري المتبعة وهي الري بالتنقيط، وبالتالي تحسن فعالية استعمال الماء. وتتماشى هذه النتيجة مع ما أشار إليه Falkenberg *et al.* (2007) من أن استعمال نموذج بنمان - مونثيث مع قيم Kc المنشورة مسبقاً أدى إلى ري القطن رياً زائداً؛ ولذلك لابد من إعادة تقييم Kc من أجل استعمال نموذج بنمان - مونثيث في مناطق وبيئات مختلفة ولتجنب الري الزائد. ومن جهة أخرى يدل التقارب الجيد بين قيم Kc المحسوبة وقيمه المنشورة على دقة مقبولة لنموذج بنمان - مونثيث في حساب التبخر - نتح المرجعي ETo والاستهلاك المائي ETc. وهذا يتفق مع توصية (Allen 2005) باستعمال نموذج بنمان - مونثيث في جميع أنحاء العالم لحساب ETo؛ بسبب دقة نتائجه في الظروف المناخية المختلفة. انخفضت قيم معامل المحصول مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. وعموماً سلكت قيم Kc في معاملات الري الناقص العادي والجزئي المتناوب منحى مغايراً لمنحى Kc في المعاملتين المرويتين رياً كاملاً؛ حيث بدأت قيم Kc عالية نسبياً في طور الإنبات والنمو، والسبب في ذلك هو ري المحصول بالكمية ذاتها من المياه في ريتي الإنبات والترقيع في المعاملات جميعها، ثم بدأت بالانخفاض التدريجي عند تطبيق نمطي الري الناقص حتى نهاية شهر حزيران في طور البراعم الزهرية، وعادت للارتفاع في قمة موسم النمو وذلك في شهري تموز وأب، لتعود للانخفاض في نهاية موسم النمو. لذلك لا بد من إعادة تقييم قيم Kc للمحاصيل المختلفة عند تطبيق الري الناقص تجنباً للري الزائد (Kang and Zhang 2004). ازدادت نسبة انحراف قيم Kc المحسوبة عن قيمه المنشورة مع انخفاض كمية المياه المضافة، مما يحد من استعمال النموذج بنمان - مونثيث في ظروف الري الناقص. وهذا يتفق مع دراسة (Howell *et al.* 2004) حيث تحسن أداء نموذج حساب ETo (FAO-56) مع زيادة كمية المياه المضافة لمحصول القطن. ولكنه لا يتفق مع ما توصل إليه (Suleiman *et al.* 2007) من إمكان اعتماد قيم Kc للمعاملة 90% (من ETc) في مراحل النمو المختلفة لجدولة ريات محصول القطن المروي رياً كاملاً، ولكن ينبغي التنبيه إلى أن هذه الدراسة قد أجريت في بيئة رطبة.

2. الإنتاجية الكلية لمحصول القطن:

ازدادت إنتاجية محصول القطن مع زيادة كمية المياه المضافة؛ حيث بلغت الإنتاجية العظمى 5086 كغ/هـ للمعاملة CFI وانخفضت إلى 2820 كغ/هـ للمعاملة DI50 في نظام الري العادي، أما في نظام الري المتناوب فقد سجل الإنتاجية الأعلى 5279 كغ/هـ في المعاملة AFI وانخفضت إلى 3244 كغ/هـ في المعاملة PRD50 (الملحق 1، الجدول 63). وتتفق هذه النتيجة مع دراسات عديدة أشارت إلى المنحى نفسه (Dagdelen *et al.* 2005, 2008; Aujla *et al.* 2003; Ertek and Kanber 2009; Basal *et al.* 2005, 2009). وعند توقيع العلاقة بين إنتاجية محصول القطن وكمية المياه المضافة تبين وجود علاقة ارتباط قوية بينهما، وكانت قيمة معامل التحديد (R^2) للمعادلة من الدرجة الثانية أعلى منها للعلاقة الخطية في المواسم الثلاثة. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة

(Bronson *et al.* 2001) التي أشارت إلى وجود علاقة ارتباط قوية بين الإنتاجية وكمية المياه المضافة، عُبر عنها بمعادلة من الدرجة الثانية في الموسمين الأول والثاني، بينما كانت العلاقة خطية في الموسم الثالث الذي اتسم بالجفاف. وكذلك مع دراسة (Onder *et al.* 2009) حيث كانت العلاقة بين الإنتاجية وكمية المياه المضافة قوية، ولم يكن هناك فرق معنوي بين المعادلة الخطية والمعادلة من الدرجة الثانية في التعبير عن هذه العلاقة. وقد تفوقت معاملات الري المتناوب كلها في إنتاجيتها على مثيلاتها من معاملات الري العادي. وبالمقارنة مع المعاملة CFI بلغ انخفاض الإنتاجية 9، 29، 45% في المعاملات DI80، DI65، DI50 على الترتيب، وقد انخفضت بنسب أقل في معاملات الري الجزئي المتناوب؛ حيث كانت 2، 23، 36% للمعاملات PRD80، PRD65، PRD50 على الترتيب. وفي المعاملتين المرويتين رياً كاملاً ازدادت الإنتاجية بنسبة 4% في المعاملة AFI مقارنة مع المعاملة CFI. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Du *et al.* 2008) على محصول القطن المروي بالتقريط، فقد ازدادت إنتاجية محصول القطن بنسبة 21 و 5% في ظروف الري المتناوب مقارنة مع الري العادي عند مستوى الري نفسه في موسمي 2004 و 2005 على التوالي. كما تتفق مع دراسة (Du *et al.* 2006) حيث أدى الري الجزئي المتناوب إلى زيادة إنتاجية محصول القطن المروي بالأثلام بنسبة 12.8-24.4% مقارنة مع الري الناقص العادي. ولكن هذه النتيجة غير متوافقة مع دراسة (Kirda *et al.* 2007)؛ حيث انخفضت إنتاجية محصول القطن انخفاضاً معنوياً متماثلاً مع انخفاض كمية المياه المضافة (بنسبة 50%) في معاملي الري الناقص العادي والجزئي المتناوب مقارنة مع الري الكامل، وبالتالي لا يوجد ميزة نسبية للري الناقص المتناوب مقارنة مع الري الناقص العادي، وقيل بأن مرد ذلك إلى أن ظروف الترطيب تحت الري الناقص العادي تمثلت في ترطيب جزء من منطقة انتشار الجذور مع بقاء الجزء الواقع خارج حدود منطقة الترطيب جافاً، وفي ذلك محاكاة لظروف الترطيب المتولدة في الري المتناوب PRD. ويمكن رد هذا الكلام لأنه يناقض الأسس النظرية التي قامت عليها تقنية تناوب الريات في PRD، من ضرورة تغيير الجانب المروي بتواتر معين (تواتر التناوب)؛ للمحافظة على استمرارية الإشارة الهرمونية المتولدة في جزء المجموع الجذري الموجود في الجانب الجاف. ومن الأهمية بمكان مراعاة المحافظة على حيوية المجموع الجذري عند تحديد مدة معينة لتبديل الجانب المروي (Kriedemann and Goodwin, 2003)، وذلك حتى لا يصل الجفاف إلى درجة تفقد معها الأوبار الماصة حيويتها وقدرتها على استشعار الجفاف وتوليد الإشارات الهرمونية المسؤولة عن استجابة النبات للإجهاد المائي (Kang and Zhang 2004).

ولوحظ ارتفاع نسبة التبرير مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. وتتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه (DeTar 2008) من النضج المبكر لصنفي القطن في المعاملة الواقعة تحت الإجهاد المائي (0.3 من معدل التبخر من حوض التبخر) مقارنة مع المعاملة المروية رياً جيداً (1.3 من معدل التبخر من حوض التبخر) وذلك بـ 26 يوماً. وكذلك مع دراسة (Bhattarai *et al.* 2006)؛ حيث أدى خفض كمية المياه المضافة إلى محصول القطن إلى نصف احتياجاته المائية فقط إلى تقصير موسم نموه بـ 25 يوماً. وبالمقارنة بين المعاملات في نظام الري المتناوب ومثيلاتها في نظام الري العادي لوحظ أن الفروق في نسبة التبرير لم تكن معنوية. وتختلف هذه النتيجة عما لاحظته (Du *et al.* 2008) من زيادة إنتاجية محصول القطن في المعاملة 100% من

ETc في ظروف الري المتناوب بنسبة 11% قبل حدوث الصقيع في منطقة الدراسة مقارنة مع إنتاجيته في ظروف الري العادي. وكذلك مع ما ذكره (Tang et al. 2005) من زيادة نسبة التبريد بـ 12% في نظام الري المتناوب مقارنة مع نظام الري العادي. ويمكن رد الاختلاف بين نتيجة هذه الدراسة والدراسات المذكورة إلى اختلاف طريقة حساب نسبة التبريد؛ حيث حُسبت نسبة التبريد هنا بأخذ نسبة القطعة الأولى إلى الإنتاجية الكلية (مجموع القطعتين) من القطن المحبب، أما في الدراستين الأخريين فقد نُسبت كمية الإنتاج قبل حدوث الصقيع إلى الإنتاجية الكلية (قطعتين قبل حدوث الصقيع وقطعة بعد حدوث الصقيع). ومن الناحية النظرية يُقال بأن سبب ارتفاع نسبة التبريد في الري المتناوب يكمن في أنّ تناوب ترطيب وتجفيف سطح التربة ربما يخلق مناخاً موضعياً من حيث الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المجموع الخضري والرطوبة النسبية، نتيجة الحد من النمو الخضري الزائد، مما يجعل ظروف التهوية والإضاءة أفضل ويسمح بوصول الإشعاع الشمسي بصورة أكبر إلى الثمار، مما يسبب نضجها بصورة مبكرة (Du et al. 2008). ولكن هذا التبريد غير وارد هنا؛ إذ لم يُلاحظ في هذه الدراسة وجود فروق معنوية في إنتاج المادة الجافة بين المعاملات المتناظرة في نظامي الري.

3. مكونات الإنتاج:

ترافقت زيادة كمية المياه المضافة مع زيادة في العدد الكلي للجوزات على النبات وعدد الجوزات المتفتحة على النبات عند القطعة الأولى في نظامي الري كليهما (الملحق 1، الجدول 64). وبالمقارنة بين نظامي الري لوحظ أنّ عدد الجوزات (الكلي والمتفتح منها) في معاملات الري المتناوب كان أكبر قليلاً من عددها في مثيلاتها من معاملات الري العادي. وتتفق هذه النتيجة إلى حد ما مع ما أشار إليه (Du et al. 2008) من عدم وجود تأثير كبير لطريقة الري (عادي أو متناوب) في عدد الجوزات على النبات.

ومن جهة أخرى انخفض عدد الجوزات على النبات في معاملات الري الجزئي المتناوب مقارنة مع الشاهد (المعاملة CFI)، ولكن تم التعويض عن ذلك (ولو جزئياً) بانخفاض نسبة البراعم والجوزات المتساقطة. وتتماشى هذه النتيجة مع دراسة (Tang et al. 2005) التي بينت وجود تأثير سلبي للإجهاد المائي في عدد البراعم الزهرية والجوزات المتشكلة على النباتات في نظام الري PRD. ولوحظ وجود علاقة ارتباط وثيقة بين إنتاجية محصول القطن والعدد الكلي للجوزات على نبات القطن. وهذا يتفق مع دراسة (Pettigrew 2004a) التي بينت أنّ نقص الإنتاجية الحاصل نتيجة الإجهاد المائي يعود إلى خفض عدد الجوزات بشكل أساسي؛ والذي يُعزى إلى انخفاض عدد المواقع الزهرية (Basal and Unay 2006) وارتفاع نسبة الجوزات المتساقطة (Ertek and Kanber 2003).

أدى انخفاض كمية المياه المضافة إلى خفض وزن جوزة القطن في نظامي الري كليهما. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Basal et al. 2009) ومن قبله (Gerik et al. 1996) من زيادة وزن الجوزات مع زيادة كمية المياه المضافة. بينما وجد (Pettigrew 2004a) أنّ وزن الجوزات لم يختلف معنوياً بين نباتات القطن المروية وتلك النامية بعلاً. ولم تكن الفروق في وزن الجوزات معنوية بين معاملات الري المتناوب وموافقاتها من معاملات الري العادي. وهذه النتيجة متوافقة مع (Du et al. 2008) حيث لوحظ عدم وجود تأثير لطريقة الري (عادي أو

متناوب) على وزن الجوزات. كما لوحظ انخفاض وزن البذور في الجوزة مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما، وتتماشى هذه النتيجة مع ما وجدته (Pettigrew 2004a).

4. الموصفات التكنولوجية للألياف:

تتأثر نوعية ألياف القطن بالطراز الوراثي (الصنف) والبيئة المحيطة والتفاعل بين هذين العاملين (Pettigrew 2004b). لوحظ في هذه الدراسة (الملحق 1، الجدول 65) انخفاض طول الألياف مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Basal and Unay 2006)، وكذلك مع دراسة (Balkcom et al. 2006) التي أشارت إلى زيادة طول الألياف في المعاملة الشاهد مقارنة مع معاملات الري الناقص. بينما ازدادت قيمة مؤشر المايكرونير مع انخفاض كمية المياه المضافة. وتتفق هذه النتيجة مع دراسات سابقة (Elms et al. 2001; Balkcom et al. 2006; Basal and Unay 2006). أما بالنسبة لباقي المؤشرات فلم تكن الفروق بين معاملات الري المختلفة معنوية، وإن وجدت بعض الفروق فلم تتصف بالاستمرارية، وهذا يتماشى مع دراستي (Basal et al. 2009) و (Pettigrew 2004b) من عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الري المختلفة بالنسبة لمجموعة المؤشرات محل الحديث. كما لوحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي؛ حيث برز دور كمية المياه المضافة أكثر من طريقة الإضافة. وبشكل عام بقيت قيم المؤشرات كافة المتحصل عليها ضمن الحدود القياسية للموصفات التكنولوجية للصنف حلب 33 المعتمدة من قبل مختبر اختبارات التيلة التي حددتها إدارة بحوث القطن – وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

5. إنتاج المادة الجافة ومعدل الاستفادة من السماد الأزوتي:

ازداد إنتاج المادة الجافة مع زيادة كمية المياه المضافة (الملحق 1، الجدول 66). وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Dumka et al. 2004) من زيادة عدد العقد على الساق الرئيسة لنباتات القطن عند ريهها رياً كاملاً؛ أي أن زيادة كمية المياه المضافة أدت إلى زيادة النمو الخضري. كما لوحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المتقابلة في نظامي الري العادي والمتناوب، وهذا يتفق مع دراسات سابقة (Li et al. 2007; Liu et al. 2006). وفيما يتعلق بمحتوى الأزوت الكلي في عينات النبات الكامل المأخوذة عند مرحلة النضج الفيزيولوجي فقد لوحظ أنه كان أعلى نسبياً في نباتات معاملات الري المتناوب منه في نباتات معاملات الري العادي (الملحق 1، الجدول 66)، إلا أن الفروق لم تكن معنوية. وتحاكي هذه النتيجة نتائج العديد من الدراسات التي أشارت إلى أن تطبيق الري المتناوب أدى إلى زيادة محتوى المجموع الخضري من الأزوت، وكانت الزيادة معنوية في ظروف كفاية الماء والسماد مقارنة مع الري العادي، ولكن لم يكن لتطبيقه أثر معنوي في ظروف الإجهاد المائي أو السمادي (Han and Kang 2002; Xing et al. 2003; Li et al. 2007). وكذلك مع ما لاحظته (Skinner et al. 1999) من ارتفاع نسبة الأزوت في الأجزاء الثمرية لنباتات الذرة المروية بالأثلام رياً متناوباً مقارنة مع الشاهد. أما بالنسبة لكمية الأزوت الممتصة فقد ازدادت مع زيادة كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. وهذا يتفق مع دراسة (Wang et al. 2007)، كما يتفق مع ما توصلت إليه دراسة (Bronson et al. 2001) من ارتفاع

كمية الآزوت المتبقي في التربة في المعاملات المؤلفة من مستويات ري منخفضة ومعدلات تسميد مرتفعة، بينما بقيت ثابتة ومستقرة في المعاملات التي تضمنت مستويات ري مرتفعة ومعدلات تسميد منخفضة. وكانت كمية الآزوت الممتصة في معاملات PRD أعلى نسبياً مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري العادي إلا أن الفرق لم تكن معنوية، وتتفق هذه النتيجة مع عدة دراسات سابقة (Liang *et al.* 1996; Skinner *et al.* 1999; Kirda *et al.* 2005; Li *et al.* 2007; Wang *et al.* 2007, 2009; Shahnazari *et al.* 2008; Hu *et al.* 2009). وربما يكون السبب في ذلك هو الانتشار الأوسع للجنور في PRD وتشكل جذور ثانوية (Fort *et al.* 1997)، أو ربما يؤدي تناوب الترتيب إلى امتصاص المغذيات بمعدل أعلى من قبل النبات نتيجة معدنة جزء من الآزوت العضوي وارتفاع نسبة الآزوت المعدني في التربة (Han and Kang 2002; Ivans *et al.* 2004; Li *et al.* 2005; Wang *et al.* 2007). ولكن في الوقت ذاته قد يؤدي تناوب الترتيب إلى زيادة ضياع الآزوت بعملية عكس النتجة (Vale *et al.* 2007). بينما تخالف هذه النتيجة دراسات أخرى أشارت إلى عدم تأثر كمية الآزوت الممتص بطريقة الري (عادي أو متناوب)؛ أي أن تناوب الريات لا يؤثر في معدل امتصاص الآزوت (Skinner *et al.* 1999; Shi and Kang 2000; Xing *et al.* 2003; Li *et al.* 2007).

لوحظ اعتماد محصول القطن على آزوت التربة بنسبة أكبر من اعتماده على السماد المضاف لسد احتياجاته من عنصر الآزوت، وهذا ما عكسته بصورة واضحة نسبة الآزوت المستمد من التربة ($N_{dfs}\%$)، وقد انعكس ذلك بشكل جلي على فعالية استعمال السماد الآزوتي (NUE). كما لوحظ انخفاض NUE مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما، نتيجة الجفاف النسبي للتربة في مراحل مبكرة من موسم النمو؛ مما أثر في نمو النباتات ونجم عن ذلك انخفاض قيمة NUE. وهذا يتفق مع دراسة (Bronson *et al.* 2001) التي أشارت إلى أن الاستجابة للسماد الآزوتي كانت أعظمية عند مستويات الري المرتفعة مقارنة مع مستويات الري المنخفضة والزراعة البعلية. كما يتفق مع دراسة (Shahnazari *et al.* 2008)؛ حيث لوحظ وجود تأثير سلبي للإجهاد المائي في NUE لمحصول البطاطا. ولوحظ أيضاً ارتفاع قيم NUE في معاملات الري المتناوب مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري العادي. وهذا يتفق مع ما ذهبت إليه دراسة (Kirda *et al.* 2005) من الفائدة البيئية لـ PRD عبر رفع NUE وبالتالي التقليل من خطر انغسال النترات.

لوحظ بالمقارنة بين نظامي الري العادي والمتناوب أن توزيع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة كان متقارباً جداً في مستويات الري المختلفة، وسلكت المنحى نفسه تقريباً (الملحق 1، الجدول 67). كما لوحظ أن الجزء الأكبر من المادة الجافة قد تركز في المكونات الثمرية في كلا نظامي الري، وتتفق هذه النتيجة مع مجموعة من الدراسات السابقة (Davies *et al.* 2000; Stikic *et al.* 2003; Kang and Zhang 2004; Du *et al.* 2008). بينما جاءت دراسة (Liu *et al.* 2006) على البطاطا بخلاف ذلك؛ حيث أدى PRD و DI إلى انخفاض مماثل في إنتاج المادة الجافة مقارنة مع الري الكامل، ولكن كان هناك اختلاف في نسب توزيع المادة الجافة على الأجزاء النباتية المختلفة، ففي نباتات المعاملة DI تركزت المادة الجافة في الجذور والدرنات، بينما تركزت المادة الجافة في الجذور في نباتات المعاملة PRD، بسبب الإجهاد المائي الشديد في المعاملة PRD مقارنة مع المعاملة DI. كما لوحظ وجود زيادة في نسبة الأجزاء الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة، وكانت الزيادة

على حساب نسبة الأوراق في المادة الجافة. وتدل على ذلك أيضاً زيادة نسبة الأجزاء الثمرية إلى الخضرية (RVR) مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. وهذه النتيجة متوافقة مع دراسات سابقة (Orgaz *et al.* 1992; Wang *et al.* 2007) أشارت إلى أن الإجهاد المائي يدفع نبات القطن إلى توجيه نواتج التركيب الضوئي نحو الأجزاء الثمرية، وكانت الزيادة الملاحظة في حصة الأجزاء الثمرية من نواتج التركيب الضوئي على حساب الأوراق بشكل أساسي.

6. مؤشرات النمو الخضري:

6.1. الارتفاع النهائي لنباتات القطن:

لوحظ وجود زيادة معنوية في طول النبات المقيس في نهاية الموسم مع زيادة كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما (الملحق 1، الجدول 68). وهذا يتفق مع دراسة (Du *et al.* 2008) التي أشارت إلى وجود زيادة في ارتفاع النبات مع زيادة كمية المياه المضافة في نظامي الري العادي والمتناوب؛ وبالتالي إمكان الحد من ارتفاع نباتات القطن عبر خفض كمية المياه المضافة. وبالمقارنة بين نظامي الري العادي والمتناوب لوحظ وجود فروق معنوية في الارتفاع النهائي لنبات القطن في مستويات الري المنخفضة فقط (50 و 65%). وهذا يتفق نسبياً مع ما لاحظته (Du *et al.* 2008) من وجود فروق معنوية بين نظامي الري العادي والمتناوب في ارتفاع نباتات القطن عند مستوى الري 50% (من ETc) في الموسم الأول وعند المستوى 75% (من ETc) في الموسم الثاني من الدراسة، وكان ارتفاع النباتات متقارباً بين نظامي الري العادي والمتناوب عند المستوى 100% (من ETc). ولوحظ وجود علاقة ارتباط قوية بين إنتاجية محصول القطن والارتفاع النهائي لنباتات القطن عند مستويات الري المختلفة في نظامي الري العادي والمتناوب. كما كانت علاقة الارتباط بين العدد الكلي للجوزات على نبات القطن مع الارتفاع النهائي للنبات قوية أيضاً. وهذا متوافق مع ما أشار إليه (Buttar *et al.* 2007) من وجود علاقة وثيقة بين إنتاجية محصول القطن والعدد الكلي للجوزات على نبات القطن من جهة والارتفاع النهائي لنباتات القطن من جهة أخرى.

6.2. المساحة الورقية:

لوحظ بالمقارنة بين نظامي الري أن قيم المساحة الورقية (LA) في معاملات الري المتناوب كانت أقل من قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي، إلا أن الفروق لم تكن معنوية (الملحق 1، الجدول 68)، ومع ذلك يمكن القول أن الري المتناوب قد حدّ من النمو الخضري بشكل أكبر من الري العادي إلى حدٍ ما. وهذا يتفق مع (Du *et al.* 2008) الذي قام بقياس (LAI) في مرحلة تشكل الجوزات في الموسم الأول وفي مرحلة قمة الإزهار في الموسم الثاني، ليجد أن قيم LAI كانت أقل في نظام الري المتناوب مقارنة مع نظام الري العادي في مستوى الري ذاته. كما تتفق هذه النتيجة مع ما وجدته (Tang *et al.* 2005) من أن قيم المساحة الورقية في معاملة الري الجزئي المتناوب كانت أقل وبشكل معنوي مقارنة مع الري الناقص العادي. وكذلك مع ما بيّنه (Stikic *et al.* 2003) من أن تراجع دليل المساحة الورقية في نباتات المعاملة PRD يرجع إلى انخفاض عدد الأوراق بنسبة 10% وانخفاض المساحة الورقية بنسبة 22%.

انخفضت قيم المساحة الورقية مع خفض كمية المياه المضافة في كلا نظامي الري. وهذا يتفق مع دراسات كثيرة أشارت إلى انخفاض دليل المساحة الورقية في نبات القطن في ظروف الإجهاد المائي (Ball *et al.* 1994; Gerik *et al.* 1996; Ali *et al.* 1998; Kirda *et al.* 2004; Pettigrew 2004a; Topcu *et al.* 2007). وربما يكون السبب في ذلك وفقاً لـ (Shahnazari *et al.* 2007) هو الإشارة الهرمونية جذرية المنشأ (تحيداً ABA)؛ المتولدة نتيجة الإجهاد المائي، والتي تنتقل إلى المجموع الخضري لتحديد نمو الأوراق.

7. فعالية استعمال الماء لإنتاج القطن المحبوب:

تراوحت قيم فعالية استعمال الماء (WUE_Y) في هذه الدراسة بين 0.63 و 0.77 كغ/م³ (الملحق 1، الجدول 69). وهي تقع ضمن مجال قيم WUE_Y المحسوبة لمحصول القطن المروي بالتنقيط في دراسة (Ibragimov *et al.* 2007)، وتتخذ مكاناً وسطاً بين القيم (0.19–0.21 كغ/م³) الواردة في دراسة (Howell *et al.* 2004) والقيم (0.82–1.25 كغ/م³) في دراسة (Dagdelen *et al.* 2005). ارتفعت قيم WUE_Y وفعالية استعمال ماء الري ($IWUE_Y$) في معاملات الري المتناوب مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري العادي. وتتفق هذه النتيجة مع دراسات أخرى أشارت إلى أن القيم الأعلى لـ WUE قد سجلت في معاملة الري بالأثلام المتناوبة (Tang *et al.* 2005; Du *et al.* 2006; Sepaskhah and Parand 2006; Unlu *et al.* 2007; Sepaskhah and Ghasemi 2008; Sepaskhah and Hosseini 2008). وكذلك مع دراسات أخرى على الري بالتنقيط المتناوب (Zegbe *et al.* 2004, 2010b; Saeed *et al.* 2008; Ahmadi *et al.* 2010b; Shahnazari *et al.* 2007; Costa *et al.* 2006). ويمكن تفسير تحسن WUE في ظروف الري الناقص المتناوب وفقاً لـ (Kang and Zhang 2004) و (Kirda *et al.* 2004) بحدوث انغلاق جزئي للمسامات وانخفاض المساحة الورقية؛ يترتب عليه انخفاض معدل النتج، دون حدوث تغيرات كبيرة في الحالة المائية للنبات. بينما أتت دراسة (Kirda *et al.* 2007) بخلاف ذلك حيث تضاعفت قيمة $IWUE$ في معاملتي الري الناقص العادي والجزئي المتناوب مقارنة مع الري الكامل، ولكن لم يكن هناك أي فرق معنوي بينهما في قيمة $IWUE$.

وبالنظر إلى نظامي الري كل على حدة لوحظ وجود منحنى عام ينظم كليهما، حيث ازدادت قيم WUE_Y و $IWUE_Y$ مع انخفاض الاستهلاك المائي للمحصول، لتصل إلى قيمة قصوى عند مستوى الري 80% (في المعاملتين PRD80 و DI80)، وعودتها إلى الانخفاض من جديد مع استمرار الاستهلاك المائي في الانخفاض وزيادة درجة الإجهاد المائي. وهذا يتفق مع دراسة (Garcia-Vila *et al.* 2009) التي أشارت إلى وجود هذا المنحنى في قيم WUE لمحصول القطن في ظروف الري الناقص. بينما أشارت دراسات أخرى إلى وجود منحنى مغايراً؛ تمثل في وجود زيادة مضطربة في قيم WUE مع انخفاض كمية المياه المضافة لمحاصيل مختلفة كالقطن (Dagdelen *et al.* 2005)، الباذنجان (Aujla *et al.* 2007) والبايما (Tiware *et al.* 1998). بينما ذهبت بعض الدراسات إلى عدم تغير قيمة WUE نتيجة خفض كمية المياه المضافة (Aujla *et al.* 2005, 2008; Bozkurt *et al.* 2006).

8. توزع الكربون في النبات والاختلافات في قيم $\Delta^{13}C$:

أدت زيادة كمية المياه المضافة إلى زيادة محتوى الكربون %C في الأوراق والساق في نظامي الري كليهما (الملحق 1، الجدول 70). ولوحظ وجود زيادة ظاهرية طفيفة في محتوى الكربون في أوراق وساق نباتات معاملات الري المتناوب مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري العادي. بينما سلكت نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية سلوكاً مخالفاً لسلوكها في الأوراق والساق، حيث لوحظ زيادة نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما، ولوحظ إجمالاً ارتفاع بسيط في محتوى الكربون في الأجزاء الثمرية لمعاملات الري المتناوب مقارنة مع مثيلاتها من معاملات الري العادي. وكذلك الأمر بالنسبة لمحتوى الكربون في النبات كاملاً، حيث لوحظ عموماً وجود زيادة ظاهرية طفيفة في محتوى الكربون مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما. وقد أُشير سابقاً إلى أن تطور البراعم الزهرية في نبات القطن هي عملية معقدة جداً؛ لأنها تتبع كلاً من عدد البراعم المتشكلة وعدد البراعم المتساقطة، واللذين يتوقفان على نسبة الكربون إلى الأزوت في النبات ومدى تزود النبات بهذين العنصرين، وإنّ المتحكم الأساسي في نسبة C/N في النبات هو عملية الري (Cetin and Bilgel 2002). يؤدي الري الناقص إلى الحد من النمو الخضري (Du et al. 2008)، ويؤدي تراجع النمو الخضري بدوره إلى ازدياد مصادر التغذية بالكربون وتوضع نواتج التركيب الضوئي في الجوزات (Tang et al. 2005). وعليه يمكن القول أنّ نبات القطن في ظروف الإجهاد المائي قد يقوم بتوجيه الزيادة في التغذية بالكربون، نتيجة تراجع نموه الخضري، إلى الأجزاء الثمرية للتقليل من تساقط البراعم الزهرية والجوزات الحديثة.

أما بالنسبة لقيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأجزاء النباتية المختلفة وفي النبات كاملاً فقد ازدادت مع زيادة كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما (الملحق 1، الجدول 70). وتتفق هذه النتيجة مع (Warren et al. 2001) الذي أشار إلى وجود علاقة ارتباط سلبية بين درجة الإجهاد المائي وقيمة $\Delta^{13}C$ في الأوراق. ونظراً لانخفاض إنتاج المادة الجافة في معاملات الري الناقص، لذلك فإن انخفاض قيمة $\Delta^{13}C$ في هذه المعاملات التي تعرضت لإجهاد مائي نجم بشكل رئيسي من انخفاض في الناقلية المسامية نتيجة انخفاض إتاحة الماء (Barbour and Farquhar 2000; Sandquist and Ehleringer 2003)، وليس من زيادة في كفاءة التمثيل الضوئي. ولوحظ عموماً أنّ قيم $\Delta^{13}C$ في معاملات الري المتناوب كانت أقل قليلاً من قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي.

يمكن وفقاً لـ (Stiller et al. 2005) ترتيب أصناف القطن في درجة تحملها للجفاف بالاعتماد على قيمة $\Delta^{13}C$ ، ولكن ينبغي إجراء القياسات في حقول مزرعة بعلاً وفي مواعي قياسي؛ بعد تشكل البراعم الزهرية وفي منتصف مرحلة الإزهار. ولكن التناقض الكبير في نتائج الأبحاث السابقة للعلاقة بين $\Delta^{13}C$ وإنتاجية محصول القطن أدى إلى الحد من استعمال $\Delta^{13}C$ كأداة لدراسة الاستهلاك المائي وتباين الإنتاجية في محصول القطن. فقد وجدت علاقة إيجابية بين $\Delta^{13}C$ وإنتاجية محصول القطن في ظروف الزراعة البعلية فقط (Leidi et al. 1999) وفي مجموعة من التجارب المروية والبعلية (Gerik et al. 1996). ووجد (Stiller et al. 2005) أنّ الارتباط بين $\Delta^{13}C$ وإنتاجية محصول القطن كان ضعيفاً جداً، بينما لم يجد (Wang 2003) أية علاقة بينهما. كما وجدت بعض

الدراسات أن القيم المنخفضة لـ $\Delta^{13}C$ يمكن أن تتوافق مع إنتاجية مرتفعة أو منخفضة لمحصول القطن (Saranga et al. 2004; Tsiatas et al. 2008). وقد لوحظ في هذه الدراسة وجود علاقة إيجابية بين إنتاجية محصول القطن وقيم التمييز النظيري للكربون ($\Delta^{13}C$) في الأوراق؛ ويمكن أن يكون السبب في ذلك هو استعمال قيم من معاملات الري الناقص في توقع العلاقة بين $\Delta^{13}C$ وإنتاجية محصول القطن وفي ذلك محاكاة لظروف الزراعة البعلية إلى حد ما (Leidi et al. 1999, Stiller et al. 2005). كما لوحظ وجود علاقة ارتباط سلبية ولكنها غير معنوية بين قيم $\Delta^{13}C$ في الأوراق وقيم WUE لمعاملات الري المتناوب ولمعاملات الري المختلفة في النظامين معاً. وتتماشى هذه النتيجة مع ما لاحظته (Akhter et al. 2003) من وجود ارتباط سلبي ومعنوي بين قيم $\Delta^{13}C$ في الأوراق وقيم WUE لنوعين نباتين من مجموعة نباتات C₄.

9. قراءات جهاز الـ SPAD والأزوت:

لوحظ وجود زيادة في قراءات جهاز الـ SPAD مع انخفاض كمية المياه المضافة في نظامي الري كليهما (الملحق 1، الجدول 68)، وقد أخذت هذه الفروق المنحى ذاته في مواعيد القياس المختلفة، بل وازدادت وضوحاً مع تطور موسم النمو. ويمكن أن يُعزى ذلك إلى الارتفاع الملاحظ في تركيز الأزوت في الأوراق مع انخفاض كمية المياه المضافة (Wang et al. 2007; Shahnazari et al. 2008). وتتفق هذه النتيجة مع (Pettigrew 2004a)، الذي لاحظ أن انخفاض المساحة الورقية في النباتات البعلية أدى إلى ارتفاع تركيز مادة اليخضور في وحدة المساحة الورقية بنسبة 19%. كما لوحظ غياب الفروق المعنوية بين معاملات الري المتناوب ومثيلاتها من معاملات الري العادي في مواعيد القياس جميعها؛ أي أن لكمية المياه المضافة دوراً أكبر من طريقة الإضافة. كانت العلاقة بين مؤشري قراءات جهاز الـ SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت علاقة طردية (إيجابية) في المواسم الثلاثة (الملحق 1، الجدول 71). بينما كانت علاقة مؤشر قراءات جهاز الـ SPAD ببقية المؤشرات عكسية (سلبية)، وذلك نتيجة تعرض النباتات للإجهاد المائي في الري الناقص بنمطيه العادي والمتناوب. يُمكن الارتباط القوي بين قراءات جهاز الـ SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت من استعمال جهاز الـ SPAD للتنبؤ باحتياجات المحصول من السماد الأزوتي في موسم النمو؛ حيث تُؤخذ حركية الأزوت النتراتي بالحسبان (انغسال النترات، معدنة الأزوت العضوي)، والتي لا يمكن التنبؤ بها عند أخذ العينات الترابية قبل موسم الزراعة. وهذا يتفق مع (Bronson et al. 2001) الذي أشار إلى إمكان استعمال جهاز الـ SPAD للتنبؤ باحتياجات نبات القطن من السماد الأزوتي عبر موسم النمو عند مستوى الري 75% (من ETC) مقارنة مع نتائج تحليل الأزوت النتراتي في البتلات. ولكن العلاقة بين قراءات جهاز الـ SPAD ومحتوى الأوراق من الأزوت بحاجة إلى مزيد من البحث، للتأكد من معنويتها وفائدتها في مراحل نمو المحصول كافة وفي ظروف الري والتسميد المختلفة.

10. استعمال النموذج AquaCrop:

حاكي النموذج نمو المجموع الخضري بدقة كافية عند اعتماد القيمة 7.2% لمعامل نمو المجموع الخضري CGC، والقيمة 3% لمعامل تراجع هذا النمو CDC. وبالمقارنة مع التطبيقات السابقة لـ AquaCrop على

محصول القطن فقد أسندت القيم 10.5 و 9% للمؤشر CGC والقيم 6.5 و 4.3% للمؤشر CDC في دراستي (Farahani et al. 2009) و (Garcia-Vila et al. 2009) على الترتيب. كما تم التأكيد على أن القيم الحرجة لمؤشر محاكاة الإجهاد المائي (P) المقترحة سابقاً لصنف القطن حلب 118 (Farahani et al. 2009) كانت مناسبة أيضاً للصنف حلب 33. أما بالنسبة لمؤشر الإنتاجية المائية فقد كانت النتائج مرضية من أجل قيمة 15.8 غ/م² في المعاملات المختلفة، وقد أخذ هذا المؤشر قيمة 19.8 و 15 غ/م² في دراستي (Farahani et al. 2009) و (Garcia-Vila et al. 2009) على الترتيب. حاكي AquaCrop تطور نسبة التغطية النباتية بصورة دقيقة في موسم نمو 2007، مع ملاحظة وجود انزياح طفيف للقيم المتوقعة عن القيم المقاسة في نهاية موسم النمو بسبب تأخر أو بطء انخفاض نسبة التغطية في نهاية الموسم. بالنسبة لموسم 2007 (موسم المعايير) كانت نتائج محاكاة AquaCrop للاستهلاك المائي دقيقة، وقد قادت المحاكاة الدقيقة لـ ETc إلى محاكاة جيدة للمادة الجافة، والتي استعملت في نمذجة الإنتاجية عند ضربها بالقيمة 0.30 لدليل الحصاد (HI)، وقد أسندت إلى هذا المؤشر قيمة 0.30 و 0.35 في دراستي (Farahani et al. 2009) و (Garcia-Vila et al. 2009) على الترتيب. كما ضُبِطت استجابة تطور HI للإجهاد المائي عبر إسناد القيمتين 1.5 و 2 للمؤشرين a و b على الترتيب؛ واللذين يمثلان التأثير الإيجابي والتأثير السلبي للإجهاد المائي في فترة تشكل الإنتاج، مع افتراض عدم وجود زيادة في HI نتيجة التعرض للإجهاد المائي قبل الإزهار (Raes et al. 2009). وفيما يتعلق بمحاكاة النموذج لتغيرات المحتوى المائي للتربة (SWC) soil water content مع الزمن في الطبقة 0-60 سم، فقد تمكن النموذج من إعادة إنتاج المنحى العام لتغيرات المحتوى المائي في معاملات الري المختلفة. ولكن لوحظ وجود منحى عام لزيادة قيم SWC المتوقعة مقارنة مع قيمه المقاسة في معاملات الري الناقص، وتتفق هذه الملاحظة مع (Farahani et al. 2009).

وعند تقييم النموذج سلكت نتائج المحاكاة في موسمي 2008 و 2009 منحاً مشابهاً لسلوكها في موسم 2007؛ حيث كانت القيم المتوقعة قريبة من القيم المقاسة لنسبة التغطية و ETc. كما تمكن النموذج AquaCrop من محاكاة إنتاج المادة الجافة في نهاية الموسم بشكل جيد في كلا موسمي النمو، ولذلك كانت النتائج المتوقعة لإنتاجية محصول القطن قريبة من القيم المقاسة لها. وسلكت تغيرات محتوى التربة المائي مع الزمن سلوكاً مشابهاً لسلوكها في موسم 2007؛ حيث استطاع النموذج أن يحاكي دورات الجفاف والرياح في المنحى العام في موسمي نمو 2008 و 2009، مع ملاحظة وجود فروق في القيم المطلقة، إلا أن هذا الانحراف لم يؤثر على دقة النموذج في محاكاة ETc المكون الأهم في معادلة الموازنة المائية.

ولوحظ في المواسم الثلاثة وجود نزعة في النموذج لإعطاء فعالية استعمال الماء قيماً أعلى من قيمها المقاسة لجميع مستويات الري المختبرة باستثناء المستوى 80%. ومرد ذلك إلى زيادة طفيفة في قيم الإنتاجية المتوقعة مقارنة مع قيمها المقاسة (لأن النموذج يعطي القيمة الممكن الوصول إليها ولا يعطي القيمة الفعلية)، وانخفاض طفيف في قيم ETc المتوقعة عن قيمه المقاسة. ويتفق هذا مع ما أشار إليه (Farahani et al. 2009)؛ حيث كانت نتائج محاكاة WUE جيدة في أحد الموسمين، أما في الموسم الآخر فكانت قيم WUE المتوقعة أعلى من المقاسة. كما تتفق هذه النتيجة مع دراسة (Garcia-Vila et al. 2009). ومع أن النموذج قد حاد قليلاً عن محاكاة

تغيرات WUE مع انخفاض كمية المياه المضافة بصورة جيدة، إلا أن محاكاته الدقيقة لكل من ETc والإنتاجية تحفظ له مكانته وأهميته في محاكاة تأثير الإجهاد المائي والمفاضلة بين البدائل الممكنة لتطبيق الري الناقص. وفي حالة وجود خلل في محاكاة WUE اقترح (Fereres and Soriano 2007) إمكان اللجوء إلى اعتماد استجابة دليل الحصاد (HI) للإجهاد المائي كمؤشر أساسي عند وضع إستراتيجيات الري الناقص. ولكن لا بد من استعمال نموذج قادر على التنبؤ باستجابة HI لكمية المياه المضافة، وقد وُجد أن AquaCrop القدرة على محاكاة استجابة HI للإجهاد المائي بصورة جيدة.

وبغية تحليل نتائج محاكاة AquaCrop للبدائل المختلفة لري محصول القطن باستعمال بيانات موسم نمو 2008، تمت المفاضلة بين النتائج بمقارنة انخفاض الإنتاجية (%) وانخفاض الاستهلاك المائي (%) مقارنة مع القيم المتوقعة للمعاملة CFI المروية رياً كاملاً في موسم 2008. وقد وُجد أنه من الممكن اللجوء إلى:

- ري محصول القطن عندما يصل المحتوى المائي للتربة إلى 50% من الماء الكلي المتاح (TAW) وإعادة محتوى التربة المائي إلى 90% من السعة الحقلية.
- ري محصول القطن كل 14 يوماً مع إعادة المحتوى المائي للتربة إلى 90 أو 80% من السعة الحقلية. كما يمكن إعطاء رية كل 21 يوماً مع إعادة محتوى التربة المائي إلى 90 أو 80% من السعة الحقلية، إلا أن الخيار الأول أفضل من الثاني.

- حذف الري الأخيرة يوفر في مياه الري إلا أنه لم يؤثر على الإنتاجية والاستهلاك المائي.
- حذف بعض الريات أثناء موسم النمو نتيجة التواتر العالي للري (ريتين أسبوعياً)، مع تجنب تعريض المحصول للإجهاد المائي في طور الإزهار وتشكل الجوزات؛ الذي يمثل أشد الأطوار حساسية للإجهاد المائي. وبالمفاضلة بين نتائج محاكاة البدائل تبين أن البديل المتمثل في حذف ريات أسبوع وترك ريات الأسبوع التالي في شهر تموز فقط يشكل الخيار الأمثل؛ حيث يُخفض الاستهلاك المائي بنسبة 7% مقابل انخفاض في الإنتاجية قدره 3%. ويمكن البحث عن بدائل أخرى لتطبيق الري الناقص على محصول القطن باستعمال النموذج AquaCrop عند تحويل الهدف إلى استقرار واستمرار العملية الإنتاجية والتخلي عن فكرة السعي لتحقيق الإنتاجية العظمى (Geerts et al. 2010).

1. انخفض الاستهلاك المائي بنسب متقاربة مقارنة مع الشاهد في مستويات الري المتقابلة وفي نظامي الري.
2. كانت قيم Kc المحسوبة لمحصول القطن قريبة من قيمه المنشورة (نشرة الـ FAO 33)؛ مما يدل على دقة النموذج بنمان - مونتيث في حساب ETo.
3. تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب كلها في إنتاجيتها على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي. لم تتأثر المواصفات التكنولوجية للألياف بدرجة كبيرة نتيجة التعرض للإجهاد المائي، وبقيت ضمن الحدود القياسية المعتمدة للصنف حلب 1/33.
4. تراوحت قيم WUE بين 0.63 و 0.77 كغ/م³ في معاملات الري المختلفة. وكانت قيم WUE في معاملات الري المتناوب أعلى من قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي. ازدادت قيم WUE مع انخفاض الاستهلاك المائي للمحصول لتصل إلى قيمة قصوى عند مستوى الري 80% وعودتها إلى الانخفاض من جديد مع استمرار انخفاض الاستهلاك المائي في نظامي الري كليهما.
5. انخفضت فعالية استعمال السماد الأزوتي (NUE) مع انخفاض كمية المياه المضافة، وكانت قيم NUE في معاملات الري المتناوب أعلى من قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي.
6. بين تحليل نتائج محاكاة AquaCrop لبعض الحالات الافتراضية للري الناقص لمحصول القطن أنه يمكن ري المحصول عند 50% من الماء الكلي المتاح (TAW) وإعادة محتوى التربة المائي إلى 90% من السعة الحقلية، كما يمكن ري محصول القطن مرة كل أسبوعين مع إعادة المحتوى المائي للتربة إلى 80-90% من السعة الحقلية. وينبغي تجنب تعريض المحصول للإجهاد المائي في طور الإزهار وتشكل الجوزات.

مقترحات لأبحاث مستقبلية:

1. تقييم استجابة محاصيل حقلية أخرى ذات أهمية اقتصادية على صعيد القطر كالثوندر السكري والبطاطا للري الجزئي المتناوب.
2. دراسة تأثير مدة تطبيق الري الجزئي المتناوب، والوقت المناسب لتطبيقه؛ للاستفادة منه بأقصى درجة ممكنة.
3. ربط تواتر التناوب في الري الجزئي المتناوب بعوامل التربة والمناخ و الصنف النباتي وخصائص المجموع الجذري بهدف تحديد التواتر الأمثل.
4. استعمال النموذج Hydrus-2D لمحاكاة ظروف الري بالتنقيط المتناوب، والاستفادة من ذلك في تحديد تواتر التناوب الأمثل.
5. دراسة إمكان تطبيق الري الجزئي المتناوب مع الري بالتنقيط تحت السطحي.
6. استعمال الإصدار الجديد المرتقب للنموذج AquaCrop، بعد تطوير FAO لقدرته على محاكاة حركية الآزوت في التربة لتحديد المعدلات المثلى من السماد الآزوتي في ظروف الري الناقص.

التوصيات:

1. استعمال النموذج بنمان - مونتيث لحساب التبخر - نتح المرجعي والاستهلاك المائي للمحصول في حالة توفر البيانات المناخية.
2. إمكان اللجوء إلى ري محصول القطن بـ 80% من إحتياجاته المائية، رياً عادياً أو متناوباً مع وجود ميزة نسبية للري المتناوب على الري العادي تكمن في زيادة إنتاجية المحصول.
3. إعادة اختبار وتقييم استجابة محصول القطن للري الناقص العادي والجزئي المتناوب في إحدى مناطق الزراعة الرئيسية لهذا المحصول في القطر.
4. إعادة تقييم كمية السماد الآزوتي المضافة إلى محصول القطن عند تطبيق الري الناقص.
5. استعمال النموذج AquaCrop في محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن.

- Ahmadi, S. H., M. N. Andersen, F. Plauborg, R. T. Poulsen, C. R. Jensen, A. R. Sepaskhah, S. Hansen. (2010a). Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. *Agric. Water Manag.*, 97: 1486-1494.
- Ahmadi, S. H., M. N. Andersen, F. Plauborg, R. T. Poulsen, C. R. Jensen, A. R. Sepaskhah, S. Hansen. (2010b). Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Yield and water productivity. *Agric. Water Manag.*, (In press).
- Akhter, J., K. Mahmood, M. A. Tasneem, M. H. Naqvi, K. A. Malik. (2003). Comparative water-use efficiency of *Sporobolus arabicus* and *Leptochloa fusca* and its relation with carbon-isotope discrimination under semi-arid conditions. *Plant and Soil*, 249: 263-269.
- Ali, M., C. R. Jensen, V. O. Mogensen. (1998). Early signals in field grown wheat in response to shallow soil drying. *Australian J. Plant Physio.*, 25: 871-882.
- Allen, R. G., I. A. Walter, R. Elliot, T. Howell, D. Itenfisu, M. Jensen. (2005). The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. ASCE-EWRI Task Committee Final Report, <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/asceewri>.
- Aujla, M. S., H. S. Thind, 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, G. S. Buttar. (2007). Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongena* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. *Sci. Hort.*, 112: 142-148.
- Aujla, M. S., H. S. Thind, 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.
- Ayoub, A. M., M. Khalil, J. Grace. (1993). Behavior of water-stressed sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) seedlings. *J. Exp. Bot.*, 44: 1127-1134.
- Balkcom, K. S., D. W. Reeves, J. N. Shaw, C. H. Burmester, L. M. Curtis. (2006). Cotton yield and fiber quality from irrigated tillage systems in the Tennessee Valley. *Agron. J.*, 98: 596-602.
- Ball, R. A., D. M. Oosterhuis, A. Mauromoustakos. (1994). Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. *Agron. J.*, 86: 788-795.
- Barbour, M. M. and G. D. Farquhar. (2000). Relative humidity- and ABA-induced variation in carbon and oxygen isotope ratios of cotton leaves. *Plant Cell Environ.*, 23: 473-485.
- Basal, H. and A. Unay. (2006). Water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Ege Univ. Zirrat Fak. Derg.*, 43(3): 101-111.
- Basal, H., N. Dagdelen, A. Unay, E. Yilmaz. (2009). Effects of deficit drip irrigation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fibre quality. *J. Agron. Crop Sci.*, 195: 19-29.
- Battam, M. A., D. G. Boughton, B. G. Sutton. (2000). A simple technique for use in the design of drip irrigation systems. In the proceedings of the 2000 IAA Conference, pp. 261-268.
- Bhattarai S. P., A. D. McHugh, G. Lotz, D. J. Midmore. (2006). The response of cotton to subsurface drip and furrow irrigation in a vertisol. *Exp. Agric.*, 42 (1): 29-49.
- Blackman, P. G. and W. J. Davies. (1985). Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. *J. Exp. Bot.*, 36: 39-48.
- Borel, C. and T. Simonneau. (2002). Is the ABA concentration in the sap collected by pressurizing leaves relevant for analyzing drought effects on stomata? Evidence from ABA-fed leaves of transgenic plants with modified capacities to synthesize ABA. *J. Exp. Bot.*, 53 (367): 287-296.
- Bozkurt, Y., A. Yazar, B. Gencel, M. S. Sezen. (2006). Optimum lateral spacing for drip-irrigated corn in the Mediterranean region of Turkey. *Agric. Water Manag.*, 85: 113-120.
- Bronson, K. F., A. B. Onken, J. W. Keeliny, J. D. Booker, H. A. Torbert. (2001). Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1153-1163.
- Burke, J. J. (2007). Evaluation of source leaf responses to water-deficit stresses in cotton using a novel stress bioassay. *Plant Physiology*, 143: 108-121.
- Buttar, G. S., H. S. Thind, 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.

- Buttar, G. S., M. S. Aujla, H. S. Thind, C. J. Singh, K. S. Saini. (2007). Effect of timing of first and last irrigation on the yield and water use efficiency in cotton. *Agric. Water Manag.*, 89: 236-242.
- Cetin, O. and L. Bilgel. (2002). Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agric. Water Manag.*, 54: 1-15.
- Costa, J. M., M. F. Ortuno, M. M. Chaves. (2007). Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. *J. Integrative Plant Biol.*, 49: 1421-1434.
- Cotton Bureau report. (2002). The Status of cotton cultivation in Syria for the 2001 growing season. In: Proceedings of the 33rd cotton conference, Cotton Bureau publication No 33, Aleppo, pp. 52-68.
- Cotton Bureau report. (2005). The Status of cotton cultivation in Syria for the 2004 growing season. In: Proceedings of the 35th cotton conference, Cotton Bureau publication, Aleppo, pp. 11-19.
- Cotton Bureau report. (2008). The Status of cotton cultivation in Syria for the 2008 growing season. In: Proceedings of the 37th cotton conference, Cotton Bureau publication, Aleppo, pp. 1-48.
- Cushman, J. C. and H. J. Bohnert. (2000). Genomic approaches to plant stress tolerance. *Plant Biology*, 3: 117-124.
- Dagdelen, N., E. Yilmaz, F. Sezgin, T. Gurbuz, S. Akcay. (2005). Effects of different trickle irrigation regimes on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield in Western Turkey. *Pak. J. Bio. Sci.*, 8(10): 1387-1391.
- Dagdelen, N., E. Yilmaz, F. Sezgin, 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, 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.
- Dasgan, H. Y., S. Kusvuran, C. Kirda. (2009). Effects of short duration partial rootzone drying (PRD) on soilless grown tomato crop. *J. Food, Agri. & Environ.* 7(1): 83-91.
- Davies, W. J. and W. Hartung. (2004). Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity? Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, published on CDROM, <http://www.cropscience.org.au/icsc2004/>.
- Davies, W. J., S. Wilkinson, B. Loveys. (2002). Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*, 153: 449-460.
- de La Hera, M. L., P. Romero, E. Gomez-Plaza, A. Martinez. (2007). Is partial root-zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field grown wine grapes under semiarid conditions? *Agric. Water Manage.*, 87: 261-274.
- DeTar, W. R. (2008). Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil. *Agric. Water Manag.*, 95: 69-76.
- Dodd, I. C. (2009). Rhizosphere manipulations to maximize 'crop per drop' during deficit irrigation. *J. Exp. Bot.*, 60: 2454-2459.
- dos Santos, T. P., C. M. Lopes, M. L. Rodrigues, C. R. de Souza, J. P. Maroco, J. S. Pereira, J. R. Silva, M. M. Chaves. (2003). Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). *Funct. Plant Biol.*, 30: 663-671.
- Dry, P. R. and B. R. Loveys. (1998). Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with 'partial rootzone drying'. *Aus. J. Grape Wine Res.*, 4: 140-148.
- Dry, P. R., B. R. Loveys, M. G. McCarthy, M. Stoll. (2001). Strategic management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 35: 129-139.
- du Toit, G., P. R. Dry, B. R. Loveys. (2003). A preliminary investigation on partial root zone drying effects on grapevine performance, nitrogen assimilation and berry composition. *South Afr. J. Enol. Viticult.*, 24: 43-54.
- Du, T., S. Kang, J. Zhang, F. Li, 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, 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.

- Dumka, D., C. W. Bednarz, B. W. Maw. (2004). Delayed initiation of fruiting as a mechanism of improved drought avoidance in cotton. *Crop Sci.*, 44: 528-534.
- Elms, M. K., C. J. Green, P. N. Johnson. (2001). Variability of cotton yield and quality. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32: 351-368.
- English, M. J., J. T. Musick, V. V. N. Murty. (1990). Deficit irrigation. In: Management of irrigation systems (Hoffman, G. J., T. A. Howell, K. H. Solomon, eds). ASAE Monograph no. 9. American Society of Agricultural Engineers publisher, 1020p.
- Ertek, A. and R. Kanber. (2003). Effects of different drip irrigation programs on the boll number and shedding percentage and yield of cotton. *Agric. Water Manag.*, 60: 1-11.
- Evett, S. R. and J. A. Tolk. (2009). Introduction: Can water use efficiency be modeled well enough to impact crop management? *Agron. J.*, 101: 423-425.
- Falkenberg, N. R., G. Piccinni, J. T. Cothren, D. I. Eskovar, C. M. Rush. (2007). Remote sensing of biotic and abiotic stress for irrigation management of cotton. *Agric. Water Manag.*, 87: 23-31.
- FAO. (1979). Yield response to water by J. Doorenbos and A. Kassam. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome.
- FAO. (1998). Crop evapotranspiration by Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome.
- Farahani, H. J., G. Izzi, T. Y. Oweis. (2009). Parameterization and evaluation of the AquaCrop model for full and deficit irrigated cotton. *Agron. J.*, 101: 469-476.
- Farquhar, G. D., M. H. O'Leary, J. A. Berry. (1982). On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, 9: 121-137.
- Fereres, E. and M. A. Soriano. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.*, 58: 147-159.
- Fernandez, J. E., A. Diaz-Espejo, J. M. Infante, P. Duran, M. J. Palomo, V. Chomorro, I. F. Giron, L. Villagarcia. (2006). Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. *Plant Soil*, 284: 273-291.
- Fernandez, J. E., M. J. Palomo, A. Diaz-Espejo, I. F. Giron. (2003). Influence of partial soil wetting on water use relations parameters of the olive tree. *Agronomie*, 23: 545-552.
- Fort, C., M. L. Fauveau, F. Muller, P. Label, A. Granier, E. Dreyer. (1997). Stomatal conductance, growth and root signaling in young oak seedlings subjected to partial soil drying. *Tree Physiol.*, 17: 281-289.
- García-Vila, M., E. Fereres, L. Mateos, F. Orgaz, P. Steduto. (2009). Deficit irrigation optimization of cotton with AquaCrop. *Agron. J.*, 101: 477-487.
- 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.
- Geerts, S., D. Raes, M. Garcia, R. Miranda, J. A. Cusicanqui, C. Taboada, J. Mendoza, R. Huanca, A. Mamani, O. Condori, J. Mamani, B. Morales, V. Osco, P. Steduto. (2009). Simulating yield response of quinoa to water availability with AquaCrop. *Agron. J.*, 101: 499-508.
- Geerts, S., D. Raes, M. Garcia. (2010). Using AquaCrop to derive deficit irrigation schedules. *Agric. Water Manag.*, in press.
- Gencoglan, C., H. Altunbey, S. Gencoglan. (2006). Response of green bean (*P. vulgais* L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone- drying irrigation. *Agric. Water Manag.*, 84: 274-280.
- Gerik, T. J., K. L. Faver, P. M. Thaxton, K. M. El-Zik. (1996). Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water use, and yield. *Crop Sci*, 36: 914-921.
- Goldhamer, D. A., M. Salinas, C. Crisosto, K. R. Day, M. Soler, A. Moriana. (2002). Effects of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on late harvest peach tree performance. *Acta Hort*, 592: 345-350.
- Gowing, D. J., W. J. Davies, H. G. Jones. (1990). A positive root-sourced signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus domestica* Borkh. *J. Exp. Bot.*, 41: 1535-1540.
- Han, Y. and S. Kang. (2002). Preliminary study on effects of roots-divided alternate irrigation on nutrient uptake by maize. *Transactions of the CSAE*, 18(1): 57-59.

- Hartung, W., A. Sauter, E. Hose. (2002). Absciscic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to? *J. Exp. Bot.*, 53 (366): 27-32.
- Hartung, W., S. Wilkinson, W. J. Davis. (1998). Factors that regulate absciscic acid concentrations at the primary site of action at the guard cell. *J. Exp. Bot.*, 49: 361-367.
- Heng, L. K., T. C. Hsiao, S. Evett, T. Howell, P. Steduto. (2009). Validating the FAO AquaCrop model for irrigated and water deficient field maize. *Agron. J.*, 101: 488-498.
- Henggeler, J. C., J. M. Enciso, W. L. Multer, B. L. Unruh. (2000). Deficit subsurface drip irrigation of cotton. In: *Deficit Irrigation Practices, Water Reports, No. 22, FAO, Rome.*, pp. 29-37.
- Howell, T. A., S. R. Evett, J. A. Tolk, A. D. Schneider. (2004). Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northern Texas High Plains. *J. Irrig. Drainage Engg.*, 130: 277-285.
- Hsiao, T. C., L. K. Heng, P. Steduto, B. Rojas-Lara, D. Raes, E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. *Agron. J.*, 101: 448-459.
- Hu, T., S. H. Kang, F. Li, J. Zhang. (2009). Effects of partial root-zone irrigation on nitrogen absorption and utilization of maize. *Agric. Water Manag.*, 96: 208-214.
- Ibragimov, N., S. R. Evett, Y. Esanbekov, B. S. Kamilov, L. Mirzaev, J. P. A. Lamers. (2007). Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agric. Water Manag.*, 90: 112-120.
- Inamullah and A. Isoda. (2005). Adaptive responses of soybean and cotton to water stress: II. Changes in CO₂ assimilation rate, chlorophyll fluorescence and photochemical reflectance index in relation to leaf temperature. *Plant Prod. Sci.*, 8: 131-138.
- Ingram, J. and D. Bartels. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 47: 377-403.
- Ivans, C. Y., A. J. Leffler, U. Spaulding, J. M. Stark, R. J. Ryel, M. M. Caldwell. (2004). Root responses and nitrogen acquisition of *Artemisia tridentata* and *Agropyron desertorum* following small summer rainfall events. *Oecologia*, 134: 317-324.
- Jalota, S. K., A. Sood, G. B. S. Chahal, B. U. Choudhury. (2006). Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.)- Wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. *Agric. Water Manag.*, 84: 137-146.
- 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 X. Hu, I. Goodwin, P. Jerie. (2002). Soil water distribution, water use, and yield of response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. *Sci. Hort.*, 92: 277-291.
- Kang, S. Z., and J. H. Zhang. (2004). Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *J. Exp. Bot.*, 55: 2437-2446.
- Kang, S. Z., J. Zhang, Z. Liang, X. Hu, H. Cai. (1997). The controlled alternative irrigation: A new approach for water saving regulation in farmland. *Agric. Res. Arid Areas*, 15: 1-6.
- Kang, S. Z., X. Hu, P. Jerie, J. Zhang. (2003). The effects of partial rootzone drying on root, trunk sap flow and water balances in an irrigated pear (*Pyrus communis* L.) orchard. *J. Hydrol.*, 280: 192-206.
- Kang, S. Z., Z. J. Li, T. X. Hu, P. Jerie, L. Zhang. (2001). An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Sci. Hort.*, 89: 257-267.
- Kang, S. Z., Z. Liang, Y. H. Pan, P. Shi, J. Zhang. (2000). Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agric. Water Manag.*, 45: 267-274.
- Kang, S. Z., Z. Liang, W. Hu, J. Zhang. (1998). Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. *Agric. Water Manag.*, 38: 69-76.
- Kirda, C., M. Cetin, H. Y. Dasgan, S. Topcu, H. Kaman, B. Ekici, M. Derici, A. I. Ozguven. (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agric. Water Manag.*, 69: 191-201.
- Kirda, C., S. Topcu, H. Kaman, A. C. Ulger, A. Yazici, M. Cetin, M. R. Derici. (2005). Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Res.*, 93: 132-141.

- Kirda, C., S. Topcu, M. Cetin, H. Y. Dasgan H. Kaman, F. Topaloglu, M. Derici, B. Ekici. (2007). Prospects of optimal root zone irrigation for increasing irrigation water use efficiency of major crops in the Mediterranean region. *Ann. Appl. Biol.*, 150: 281-291.
- 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.
- Krieg, D. R. (1997). Genetic and environmental factors affecting productivity of cotton. In: P. Dugger and D. A. Richter, eds. *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf.*, pp. 1347.
- Leib, B. G., H. W. Caspari, C. A. Redulla, P. K. Andreus, J. J. Jabro. (2006). Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrig. Sci.*, 24: 85-99.
- Leidi, E. O., M. Lopez, J. Gorham, J. C. Gutierrez. (1999). Variation in carbon isotope discrimination and other traits to drought tolerance in upland cotton cultivars under dryland conditions. *Field Crops Res.*, 61: 109-123.
- Li, F., J. Liang, S. Kang, J. Zhang. (2007). Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize. *Plant Soil*, 295: 279-291.
- Li, Z., F. Zhang, S. Kang. (2005). Impacts of the controlled roots-divided alternative irrigation on water and nutrient use of the winter wheat. *Transactions of the CSAE*, 21: 17-21.
- Liang, J., J. Zhang, M. H. Wong. (1996). Effects of air-filled soil porosity and aeration on the initiation and growth of secondary roots of maize (*Zea mays*). *Plant Soil*, 186: 245-254.
- Liang, Z., S. Kang, J. Zhang, J. Cao. (1998). Effect on water use efficiency and water-saving by controlled root-divided alternative irrigation. *Scientia Agric. Sinica*, 31: 88-90.
- Liu, F., A. Shanazari, M. N. Andersen, S. E. Jacobsen, C. R. Jensen. (2006). Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Sci. Hort.*, 109: 113-117.
- Liu, F., R. Song, X. Zhang, A. Shanazari, M. N. Andersen, F. Plauborg, S. E. Jacobsen, C. R. Jensen. (2008). Measurement and modeling of ABA signaling in potato (*Solomon tuberosum* L.) during partial root-zone drying. *Environ. Exp. Bot.*, 63: 385-391.
- Lopez, M. J., J. C. Gutierrez, E. O. Leidi. (1995). Selection and characterization of cotton cultivars for dry land production in the southwest of Spain. *Eur. J. Agric.*, 4: 119-126.
- Loveys, B. R., J. Grant, P. R. Dry, M. G. McCarthy. (1997). Progress in the development of partial rootzone drying. *Aust. Grape Grower Winemaker*, 404: 18-20.
- Loveys, B. R., P. R. Dry, M. Stoll, M. G. McCarthy. (2000). Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Hort.*, 537: 187-197.
- Marsal, J., M. Mata, J. del Campo, A. Arbones, X. Vallverdu, J. Girona, N. Olivo. (2008). Evaluation of partial root-zone drying for potential field use as a deficit irrigation technique in commercial vineyards according to two different pipeline layouts. *Irrig Sci*, 26: 347-356.
- McCarthy, M. G., B. R. Loveys, P. R. Dry, M. Stoll. (2000). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: *Deficit Irrigation Practices*, Water Reports, No. 22, FAO, Rome., pp. 79-87.
- McWilliams, D. (2004). Drought strategies for cotton. Cooperative Extension Service Circular 582 College of Agriculture and Home Economics <http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/circulars/CR582.pdf>.
- Mert, M. (2005). Irrigation of cotton cultivars improves seed cotton yield, yield components and fibre properties in the Hatay region, Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B- Plant Soil Sci.*, 55: 40-55.
- Onder, D., Y. Akiscan, S. Onder, M. Mert. (2009). Effect of different irrigation water level on cotton yield and yield components. *African J. Biotech.*, 8: 1536-1544.
- Orgaz, F., L. Mateos, E. Fereres. (1992). Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. *Agron. J.*, 84: 700-706.
- Pace, P. F., T. C. Harry, H. M. Sherif, J. El-Halawany, C. Tom, A. S. Scott. (1999) Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. *J. Cotton Sci.*, 3: 183-187.
- Pettigrew, W. T. (2004a). Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Sci.*, 44: 1265-1272.

- Pettigrew, W. T. (2004b). Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. *Agron. J.*, 96: 377-383.
- Poni, S., F. Bernizzoni, S. Civardi. (2007). Response of “Sangiovese” grapevines to partial root-zone drying: Gas-exchange, growth and grape composition. *Sci. Hort.*, 114: 96-103.
- Prior, S. A., H. H. Rogers, G. B. Runion, B. A. Kimball, J. R. Mauney, K. F. Lewin, J. Nagy, G. R. Hendry. (1995). Free-air carbon dioxide enrichment of cotton: root morphological characteristics. *J. Environ. Qual.*, 24 (4): 678-683.
- Radin, J. W. and D. L. Hendrix. (1988). The apoplastic pool of abscisic acid in cotton leaves in relation to stomatal closure. *Planta*, 174: 180-186.
- Radin, J. W., L. L. Reaves, J. R. Mauney, O. F. French. (1992). Yield enhancement in cotton by frequent irrigations during fruiting. *Agron. J.*, 84: 551-557.
- Raes, D., P. Steduto, T. C. Hsiao, E. Fereres, G. Izzi, L. K. Heng. (2010). AquaCrop (version 3.1) Reference Manual. FAO, Rome.
- Raes, D., P. Steduto, T. C. Hsiao, E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agron. J.*, 101: 438-447.
- Sadras, V. O. (2009). Does partial root-zone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. *Irrig. Sci.*, 27: 183-190.
- Saeed, H., I. G. Grove, P. S. Kettlewell, N. W. Hall. (2008). Potential of partial root zone drying as an alternative irrigation technique for potatoes (*Solanum tuberosum*). *Annals. Applied Bot.*, 152: 71-80.
- Sandquist, D. R. and J. R. Ehleringer. (2003). Carbon isotope discrimination differences within and between contrasting populations of *Encelia farinosa* raised under common-environment conditions. *Oecologia*, 134: 463-470.
- Saranga, Y., C. X. Jiang, R. J. Wright, D. Yakir, A. H. Paterson. (2004). Genetic dissection of cotton physiological responses to arid conditions and their inter-relationships with productivity. *Plant Cell Environ.*, 27: 263-277.
- Schroeder, J. I., G. J. Allen, V. Hugouvieux, J. M. Kwak, D. Waner. (2001). Guard cell signal transduction. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52: 627-658.
- Sepaskhah, A. R. and A. R. Parand. (2006). Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every-furrow irrigation at different growth stages on the yield of maize (*Zea mays* L.). *Plant Prod. Sci.*, 9: 415-421.
- Sepaskhah, A. R. and M. M. Ghasemi. (2008). Every-other furrow irrigation intervals for sorghum. *Pak. J. Bio. Sci.*, 11(9): 1234-1239.
- Sepaskhah, A. R. and S. N. Hosseini. (2008). Effects of alternate furrow irrigation and nitrogen application rates on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield, water- and nitrogen-use efficiencies. *Plant Prod. Sci.*, 11: 250-259.
- Shanarazi, A., F. Liu, M. N. Andersen, S. E. Jacobsen, C. R. Jensen. (2007). Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Res.*, 100: 117-124.
- Shanarazi, A., S. H. Ahmadi, P. E. Laerke, F. Liu, F. Plauborg, S. E. Jacobsen, C. R. Jensen, M. N. Andersen. (2008). Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial rootzone drying irrigation strategies in potatoes. *Europ. J. Agron.*, 28: 65-73.
- Shi, W. and S. Kang. (2000). Mechanisms and effects of the controlled alternate partial rootzone irrigation in soil vertical profile for water saving. *Transaction of CSAE* 16: 11-15.
- Skinner, R. H., J. D. Hanson, J. G. Benjamin. (1999). Nitrogen uptake and portioning under alternate and every-furrow irrigation. *Plant and Soil*, 210: 11-20.
- Steduto, P., T. C. Hsiao, D. Raes, E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agron. J.*, 101: 426-437.
- Stikic, R., S. Popovic, M. Srdic, D. Savic, Z. Jovanovic, Lj. Prokic, J. Zdravkovic. (2003). Partial root drying (PRD): A new technique for growing plants that save water and improves the quality of fruit. *Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue*: 164-171.
- Stiller, W. N., J. J. Read, G. A. Constable, P. E. Reid. (2005). Selection for water use efficiency traits in a cotton breeding program: Cultivar differences. *Crop Sci.*, 45: 1107-1113.

- Stoll, M., B. Loveys, P. Dry. (2000). Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.*, 51(350): 1627-1634.
- Suleiman, A., C. M. T. Soler, G. Hoogenboom. (2007). Evaluation of FAO-56 crop coefficient procedures for deficit irrigation management of cotton in a humid climate. *Agric. Water Manag.*, 91: 33-42.
- Tang, L. S., Y. Li, J. Zhang. (2005). Physiological and yield responses of cotton under partial rootzone irrigation. *Field Crops Res.*, 94: 214-223.
- Tiwari, K. N., P. K. Mal, R. M. Singh, A. Chattopadhyay. (1998). Response of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to drip irrigation under mulch and non-mulch conditions. *Agric. Water Manag.*, 38: 91-102.
- Todorovic, M., R. Albrizio, L. Zivotic, M. Abi Saab, C. Stöckle, P. Steduto. (2009). Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. *Agron. J.*, 101: 509-521.
- Topcu, S., C. Kirda, Y. Dasgan, H. Kaman, M. Cetin, A. Yazici, M. A. Bacon. (2007). Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *Europ. J. Agron.*, 26: 64-70.
- Tsialtas, J. T., I. S. Tokatlidis, C. Tsikrikoni, A. S. Lithourgidis. (2008). Leaf carbon isotope discrimination, ash content and K relationships with seedcotton yield and lint quality in lines of *Gossypium hirsutum* L. *Field Crops Research*, 107: 70-77.
- Unlu, M., R. Kanber, S. Onder, M. Sezen, K. Diker, B. Ozekici, M. Oylu. (2007). Cotton yields under different furrow irrigation in the Southeastern Anatolia Project (GAP) area, Turkey. *Irrig. Sci.*, 26:35-48.
- Vale, M., B. Mary, E. Justes. (2007). Irrigation practices may affect denitrification more than nitrogen mineralization in warm climatic conditions. *Biol. Fertil. Soils*, 43: 641-651.
- Wahbi, S., R. Wakrim, B. Aganchich, H. Tahiri, R. Serraj. (2005). Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate. II. Physiological and agronomic responses. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 106: 289-301.
- Wang, C., A. Isoda, M. Li, D. Wang. (2007). Growth and eco-physiological performance of cotton under water stress conditions. *Agric. Sci. in China*, 6 (8): 949-955.
- Wang, G. H. (2003). Differences in leaf $\delta^{13}\text{C}$ among four dominant species in a secondary succession sere on the loess Plateau of China. *Photosynthetica*, 41: 525-531.
- Wang, H., F. Liu, M. N. Andersen, C. R. Jensen. (2009). Comparative effects of partial root-zone drying and deficit irrigation on nitrogen uptake in potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Irrig. Sci.*, 27: 443-447.
- Wang, J., S. Kang, F. Li, F. Zhang, Z. Li, J. Zhang. (2008). Effects of alternate partial root-zone irrigation on soil microorganisms and maize growth. *Plant Soil*, 302: 45-52.
- Wang, L., H. de Kroon, G. M. Bogemann, A. J. M. Smits. (2005). Partial root drying effects on biomass production in *Brassica napus* and the significance of root responses. *Plant and Soil*, 276: 313-326.
- Wanjura, D. F., D. R. Upchurch, J. R. Mahan, J. J. Bruke. (2002). Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. *Agric. Water Manag.*, 55: 217-237.
- Warren, C. R., J. F. McGrath, M. A. Adams. (2001). Water availability and carbon isotope discrimination in conifers. *Oecologia*, 127: 476-486.
- White, S. C. and S. R. Raine. (2009). Physiological response of cotton to a root zone soil moisture gradient: Implications for partial root zone drying irrigation. *J. Cotton Sci.*, 13: 67-74.
- Wilkison, S. and W. J. Davies. (2002). ABA-based chemical signaling: the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant Cell Environ.*, 25: 195-210.
- Willmott, C. J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 63: 1309-1313.
- Xing, W., Y. Luo, L. Wang, S. Li, L. Li. (2003). Effect of different water-fertilizer spatial couplings on corn in semiarid area. I. N uptake, N residue and its environmental effect. *Soils*, 2: 118-121.
- Zegbe, J. A. and M. H. Behboudian. (2008). Plant water status, CO_2 assimilation, yield, and fruit quality of 'Pacific RoseTM' apple under partial rootzone drying. *Advances Hort. Sci.*, 22: 27-32.
- Zegbe, J. A., M. H. Behboudian, B. E. Clothier. (2004). Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agric. Water Manag.*, 68: 195-206.

- Zegbe, J. A., M. H. Behboudian, B. E. Clothier. (2006). Responses of 'Petopride' processing tomato to partial rootzone drying at different phonological stages. *Irrig. Sci.*, 24: 203-210.
- Zhang , J. H. and W. J. Davies. (1987). Increased synthesis of ABA in partially dehydrated root tips and ABA transport from roots to leaves. *J. Exp. Bot.*, 38: 2015-2023.
- Zhang, S. G. Liu, G. Liu, S. Xiao. (2001). Effects of osmotic stress and phosphorus deficient on growth of wheat seedlings. *Plant Physiol. Commun.*, 37: 103-105.