

استخدام النموذج SSM لمحاكاة نمو القمح الصلب "شام 7" تحت تأثير مستويات متدرجة من الري التكميلي

أحمد شمس الدين شعبان*⁽¹⁾ وأحمد الحافظ⁽²⁾ وعبد الله اليوسف⁽²⁾ وأسامة العيسى⁽³⁾

- (1). قسم هندسة التقانات الحيوية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب، حلب، سورية.
 - (2). مركز البحوث العلمية الزراعية في حلب، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.
 - (3). المؤسسة العامة لإكثار البذار، حلب، سورية.
- (* للمراسلة: د. أحمد شمس الدين شعبان. البريد الإلكتروني: Shaabany57@gmail.com).

تاريخ القبول: 2018/09/05

تاريخ الاستلام: 2018/03/08

الملخص

نفذ هذا البحث بهدف مقارنة أثر مستويات الري التكميلي في بعض الصفات الإنتاجية، وكفاءة استخدام المياه لصنف القمح الصلب شام 7، واستخدام نموذج المحاكاة SSM لدراسة أثر سيناريوهات الري التكميلي على الاستهلاك المائي والمردود الحبي. لذلك نفذ البحث بمرحلتين: الأولى تجربة حقلية نفذت وفق تصميم القطاعات كاملة العشوائية بثلاثة مكررات خلال موسمي 2010/2009 و 2011/2010 في محطة بحوث صربايا بحلب، وتضمنت 4 معاملات: ري تكميلي بمعدل 33% و 66% و 95% من الماء المتاح، إضافة إلى الشاهد البعل. تم حساب الميزان المائي والاستهلاك المائي بناء على قراءات النترن بروب، وعند الحصاد أخذت قراءات الغلة وعناصرها. أما المرحلة الثانية فقد كانت دراسة محاكاة باستخدام النموذج الرياضي SSM اعتماداً على بيانات مناخية يومية خلال الفترة 2001-2011. أضيفت كميات مستويات مياه الري كمعدل هطل مطري في ثلاثة مواعيد وفقاً لنتائج التجربة الحقلية. أظهرت نتائج التجربة الحقلية زيادة في المردود الحبي بنسبة بلغت 72% و 59% في كل من موسمي الدراسة عند استخدام مستوى الري التكميلي 95% مقارنة بالشاهد. ووجدت فروقاً معنوية في الغلة الحبية، وغلة القش، والغلة الحيوية، ووزن الألف حبة في كلا موسمي الدراسة. أظهرت نتائج المحاكاة وجود فروق عالية المعنوية للصفات المدروسة. لوحظ وجود علاقة انحدار إيجابية بين كفاءة استعمال المياه، والغلة الحبية، وبين كفاءة النتح، والغلة الحبية. وبينت النتائج أن الري التكميلي ساهم في رفع المردود الحبي لمحصول القمح الصلب بنسبة بلغت 23.7 و 40.7 و 49.2%، مع نسب زيادة لقيم التبخر ننتح بلغت 21.8 و 39.3 و 52% لكل من المعاملات 33% و 66% و 95% على التوالي مقارنة بالشاهد البعل، ولم تتجاوز نسبة الزيادة في التبخر أكثر من 7.5% في أقصى الحالات. وعند تحويل هذه النسب على مستوى القطر فإن إضافة الري التكميلي سيزيد الناتج الوطني بكمية 201، 339، 407 ألف طن من القمح الصلب، عند استخدام المستويات 33% و 66% و 95% على التوالي مقارنة مع الشاهد البعل.

الكلمات المفتاحية: محاكاة، ري تكميلي، الميزان المائي، تبخر، كفاءة ننتح، غلة حبية، القمح الصلب.

المقدمة:

إن أحد أهم مشاكل البيئة المتوسطة هو الأثر المتداخل بين رطوبة التربة وظروف المُنِيخ (micro-climate) المحيط بالمحاصيل. إذ يتسبب انخفاض محتوى رطوبة التربة ومعها التبخر - نتح إلى تقليل الأثر المبرّد للنتح حول النباتات، وطبقة الهواء القريبة من سطح التربة. وبالتالي فإن نظم الحرارة والهطل المطري معرضة للتغيير في المنطقة المتوسطة، إذ يتوقع أن يكون هناك تأثير أكبر لارتفاع درجة الحرارة العظمى على المحتوى الرطوبي في التربة (Zittis *et al.*, 2014). وقد أشار تقرير (USGCRP 2009) أنه مع الزيادة الحاصلة في إنتاجية المحاصيل نتيجة التطور التقني، إلا أن تغيرات الطقس الحدية أثرت بشكل سلبي في السنوات القليلة الماضية، فقد بين التقرير أن أثر ارتفاع حرارة الجو لا يؤدي لقصر فترات النمو فحسب، بل يؤدي أيضاً إلى انخفاض في إنتاجية المحاصيل. إن فترات النمو القصيرة والتي ترافق المناطق التي يكون محتوى رطوبة التربة فيها منخفضاً سيؤدي بالتالي لتسارع معدلات النمو في بعض الأصناف مما يقلل فترة امتلاء الحبوب وقصر موسم النمو والنضج.

يعدّ القمح من المحاصيل الأكثر أهمية في العالم بشكل عام وفي سورية بشكل خاص، وإن النمو السكاني الكبير على المستوى العالمي يعدّ دافعاً رئيسياً لرفع الإنتاج العالمي للقمح. إلا أن نقص المياه يعدّ من العوامل المحددة لإنتاج القمح في منطقتنا، فالسعي الدائم للحصول على مردود عالي يكون مصحوباً بعائد منخفض إذا ما حسبت تكاليف الماء في العملية الإنتاجية. فالعملية الإنتاجية هي محصلة لعدة عوامل أهمها توفر الماء أو نقصه، وهذا العامل كغيره من العوامل التي ينعكس تأثيرها على الصفات الإنتاجية وبعض الصفات الشكلية والتي تتأثر بشكل كبير بالوسط المحيط وبالتالي من الأهمية بمكان إيجاد العلاقة بين هذا العامل وبين تلك الصفات لمعرفة الظروف الملائمة للإنتاج والأكثر اقتصادية بالمحصلة. ومن المعلوم أن زيادة معدلات التبخر في شهري نيسان وأيار والتي تترافق مع زيادة معدلات نمو المحاصيل الشتوية يجعل النبات يعاني من الإجهاد المائي مما يؤدي إلى انخفاض الغلة الاقتصادية (Erskine and Ashkar, 1993).

يعدّ الماء عاملاً بيئياً مهماً جداً، وله دور فعال في تحديد نمو المحاصيل وتطورها، بينما يلعب العجز المائي دوراً مهماً في انخفاض مردود المحاصيل (Jaleel *et al.*, 2007). إن التسيير الأمثل للماء القليل المتاح من قبل النبات يعدّ السلوك الأفضل للمحاصيل النامية في البيئات الجافة. ويتعرض نبات القمح لفترات حرجة لعجز الماء خلال موسم النمو، فقد وجد Fowler (2002) أن الإجهاد المائي المترافق مع الحرارة العالية خلال مرحلة الاستطالة والحبل تزيد من معدل فقد الإسطاءات، كما يؤدي الإجهاد المائي قبل ظهور ورقة العلم إلى زيادة نسبة الزهيرات المجهضة في السنابل فيقل عدد السنبيلات المتكونة. ومن هنا جاءت فكرة الحاجة لاستغلال المناطق المعرضة للإجهاد المائي من خلال إضافة كمية محدودة من المياه خلال المراحل الحرجة من حياة النبات عندما لا يكفي الهطول المطري في توفير الرطوبة الضرورية لنمو النبات بصورة طبيعية.

يعدّ تدني كمية الهطل المطري إضافة إلى التوزع غير المتجانس لهذه الكمية خلال موسم النمو من المشاكل الأساسية في تحديد إنتاجية المحاصيل في معظم المساحات المزروعة، وقد تكون هذه المساحات غير مؤهلة إلا للزراعة تحت ظروف الري المستديم، إلا أن محدودية مياه الري تحتم استعمال كميات قليلة من المياه للمحاصيل في فترات انخفاض رطوبة التربة وذلك لتأمين استقرارية الإنتاج الزراعي في حدود اقتصادية، وهذا يعرف بالري التكميلي وذلك بإضافة كميات قليلة من المياه إلى المحاصيل خلال أوقات لا يوفر فيها الهطل المطري رطوبة كافية من أجل نمو طبيعي للنبات (عويس، 2003).

أثبتت العديد من الدراسات والتي تمت تحت ظروف الري التكميلي أن إيقاف الري في أي مرحلة من مراحل تطور القمح الرئيسية كالإشطاء، والحبل، والتسنبل، سوف تؤدي حتماً إلى انخفاض معنوي في المردود الحبي وعناصر الغلة (Sharaan *et al.*, 2000). وأظهر (Eid and Yousef, 1994) أن كلاً من مرحلتي الحبل وامتلاء الحبوب هما من المراحل الأكثر حساسية للإجهاد المائي. وتشير الدراسات المتعلقة بالري التكميلي وأثرها في المردود؛ أن الري التكميلي يحسن الظروف المائية للتربة من جهة، ومن جهة أخرى يعمل على رفع كفاءة استخدام الماء للنبات من أجل الحصول على مردود أفضل (Deng *et al.*, 2007). ففي تجربة ري تكميلي قام بها (Oweis and Zhang 1998) على القمح الصلب في مناطق بيئية مختلفة من سورية، تراوحت الغلة الحبية بين 2.9 و 6.3 طن/هكتار، والمادة الجافة بين 5.7 و 16.2 طن/هكتار، بينما كانت في الزراعة البعلية من 2.4 إلى 3.4 طن/هكتار والمادة الجافة من 5.7 إلى 10.1 طن/هكتار. وبالتالي أدى الري التكميلي إلى زيادة المحصول الحبي والمادة الجافة الكلية بشكل معنوي، وبلغت أعلى قيمة لكفاءة استخدام المياه 25 و 43 كغ/م³ لكل من الغلة الحبية والمادة الجافة الكلية على التوالي.

إن الري التكميلي لا يزيد من الغلة فقط، وإنما يضمن استقرار الإنتاج الزراعي، إذ انخفض عامل تباين الإنتاجية في سورية إلى 10% فقط عند تطبيق الري التكميلي، مما ساهم في استقرار دخل المزارعين (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 1998). وقد درس (Pacueei and Troccoli 1999) أثر ثلاث معاملات من الري (الري عند الإشطاء، وعند الإزهار، وإشطاء+إزهار) بالإضافة لمعاملة الشاهد البعل في إنتاجية أربعة أصناف من القمح في جنوب إيطاليا، إذ لوحظت زيادة في غلة المحصول الحبية بنحو 177% عند الري خلال مرحلتي الإشطاء والإزهار، في حين لم تتجاوز الزيادة أكثر من 120% عند إعطاء الري خلال مرحلة الإشطاء أو الإزهار فقط. كما درس صومي والشايب (1998) أثر الري التكميلي حسب الأطوار الفينولوجية في القمح في ثلاث محطات للري في كل من حلب وحماه والحسكة خلال الفترة 1992-1996، فلاحظ أن طور الإشطاء حساس لنقص الماء، إذ أدى إعطاء ثلاث ريات خلال الإشطاء (بمعدل 750 م³/هكتار للرية الواحدة) إلى زيادة المردود بنسبة 198% مقارنة مع الشاهد البعل. وأشار صومي وآخرون (1988) إلى أن الإحتياج المائي النظامي للأقماح هي بحدود 4500-6000 م³/هكتار، تستخدم خلال الفترة الواقعة بين تشرين الثاني وأيار، وأن الأقماح البعلية تحتاج إلى كميات مياه إضافية تبلغ 1800 م³/هكتار في منطقة الاستقرار الأولى، و 3225 م³/هكتار في منطقة الاستقرار الثانية. وإن إنتاج القمح الصلب يزيد بالري التكميلي عند نزوب 35% من المياه المتاحة في التربة (Husman *et al.*, 1999)، أو عند نزوب 50% من المياه المتاحة (Husman *et al.*, 2000).

ازداد في الآونة الأخيرة اهتمام الباحثين في تحقيق الاستدامة في الإنتاج الزراعي والريعية المرتفعة من المناطق التي تتعرض لظروف قلة توفر الماء، مما أكسب التنبؤ باستجابة الإنتاج لمستوى مياه السقاية المقدمة للمحصول أهمية كبيرة لما لذلك من دور فعال في تحديد معدل الري الأمثل في ظروف قلة توفر الماء (Evet and Tolk, 2009). وتوفّر نماذج المحاكاة معلومات هامة لصانعي القرار في مجال إدارة المحاصيل، كما يمكن تطبيقها لمعرفة أثر التغير المناخي ودراسة الأقلمة adaptation في الزراعة (White *et al.*, 2011). لكن على الرغم من الإيجابيات العديدة لنماذج المحاكاة ولا سيما تلك التي تأخذ بعين الاعتبار حركات التداخل بين نظام تربة - محصول - غلاف جوي؛ فإن معظم النماذج لها بعض المحددات أثناء تطبيقها، ويعتمد ذلك على التطبيقات الخاصة لكل منها. فبعض النماذج تكون بسيطة بشكل كبير أو تمتلك توصيفاً غير مكتمل لبعض العمليات الحيوية، أو لم يتم ضبط للمؤشرات والمعايير المستخدمة، أو يتم تجاهل بعض المشاكل كالأفات والأعشاب والأمراض وأثر إدارة التربة والمحصول، أو عدم كفاية البيانات المدخلة

ونوعيتها (Eitzinger *et al.*, 2008). وعليه فإن هذه العوامل يمكن أن تسبب نتائج مختلفة للنماذج المختبرة تحت نفس الظروف (White *et al.*, 2011). كما أظهرت العديد من الدراسات صعوبات في تقدير نماذج المحاكاة للميزان المائي في التربة (Eitzinger *et al.*, 2007; Kersebaum *et al.*, 2004)، كما لوحظ بالإضافة لذلك حساسية مختلفة للمحاصيل تجاه إجهاد درجات الحرارة والرطوبة وذلك تبعاً للنوع وحتى تبعاً للسنف، كما تباينت هذه الحساسية ضمن المراحل الفينولوجية للطرز الوراثي المدروس (Porter and Semenov, 2005). إلا أن هذه المعوقات لم تمنع تنفيذ العديد من الأبحاث لتقدير آثار التغير المناخي في إنتاجية المحاصيل باستخدام نماذج المحاكاة. حيث ينتشر في المراكز البحثية العديد من نماذج المحاكاة تلك.

من هنا تتبع أهمية البحث في استخدام نماذج المحاكاة للاستفادة من نتائج الأبحاث الحقلية التطبيقية (ذات الفترة الزمنية القصيرة) ووضع سيناريوهات إدارة للمحصول لفترة طويلة اعتماداً على سجلات البيانات المناخية المتوفرة في الموقع، من أجل وضع استراتيجية عمل، وتحديد حزمة متكاملة من تقانات تحسين الإنتاج الزراعي عبر عمليات إدارة المحصول سواء من ناحية وراثية (مقارنة أصناف)، أو عمليات زراعية (معدل بذار ومواعيد زراعة أمثل)، أو خدمة محصول (ري تكميلي). إذ توفر نماذج المحاكاة آليات عمل تسمح باستخدام البيانات الحقلية الفعلية واستنساخها ومكافئتها عن طريق التنبؤ.

يهدف البحث إلى:

1. مقارنة أثر مستويات الري التكميلي في بعض الصفات الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه لصنف القمح الصلب شام 7.
2. استخدام نموذج المحاكاة SSM لدراسة أثر سيناريوهات الري التكميلي على الاستهلاك المائي والمردود الحبي.

مواد البحث وطرقه:

يتألف هذا البحث من قسمين الأول دراسة حقلية والثاني دراسة محاكاة باستخدام النموذج SSM.

أولاً- الدراسة الحقلية:

نفذت التجربة الحقلية خلال موسمي 2010/2009 و 2011/2010 في محطة بحوث صربايا التي تقع على ارتفاع 295 م عن سطح البحر، وخط عرض 36.11 وخط طول 37.12. ويبين الجدول (1) قيم بعض المعطيات المناخية في موقع التجربة. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات كاملة العشوائية بثلاثة مكررات، وتضمنت التجربة 4 مستويات للرطوبة: ري تكميلي بمعدل 33% و 66% و 95% عند 50% من الماء المتاح إضافة إلى الشاهد (بعل بدون ري). واستخدم صنف القمح الصلب شام 7 وهو صنف اعتمد للزراعة المروية عام 2004 في محافظات حلب والرقدة ودير الزور والحسكة ودمشق وحمص وحماه، ويمتاز بأقلته الواسعة، كما تمتاز حبوبه بمواصفات تكنولوجية جيدة، يبلغ متوسط طوله 90 سم، مقاوم للرقاد وللصدأ الأصفر.

الجدول 1. المعطيات المناخية خلال موسم تنفيذ البحث في محطة بحوث صربايا حلب

المعدل	الأشهر							العام	البيان
	حزيران	أيار	نيسان	أذار	شباط	كانون 2	كانون 1		
14.42	28.18	21.42	16.08	14.3	8.84	5.76	6.33	2009	درجة الحرارة م°
15.87	27.18	22.87	17.1	13.54	10.69	9.3	10.4	2010	
219.00	0	4	25.2	23	86.3	37.9	42.6	2009	الهطل المطري مم
201.10	0.5	0.1	17.2	12.4	45.8	53.7	71.4	2010	
7.56	11.83	11.48	9.13	7.34	3.72	4.37	5.02	2009	السطوح الشمسي / سا
6.91	12.33	10.93	8.9	6.31	3.9	3.33	2.67	2010	
1.94	2.98	2.38	2.05	2.01	1.68	1.3	1.17	2009	سرعة الرياح م/ثا
2.14	3.58	2.74	2.07	1.98	1.61	1.64	1.37	2010	

بلغت مساحة القطعة التجريبية $12 \times 12 = 144$ م²، وقد تم تجهيز أرض التجربة بفلاحتها بالمحراث القرصي "ديسك" فلاتحين متعامدين، ثم أجريت فلاحة تتعيم باستخدام المحراث الحفار رجل البطة "كلتيفاتور". تم تسميد أرض التجربة بمعدل 125 كغ P_2O_5 /هكتار من سماد السوبر فوسفات الثلاثي عيار 46%، وأضيف السماد الأزوتي بمعدل 100 كغ N/هكتار من سماد اليوريا عيار 46% وعلى دفعتين (الأولى قبل الزراعة والثانية عند الإشطاء). استخدم معدل بذار 180 كغ/هكتار. وكان موعد الزراعة الأول من كانون الأول في كلا الموسمين، وقد زرعت التجربة باستخدام بذارة التجارب. كما زرعت أنابيب النترون - بروب في القطع التجريبية، وأخذت قراءات دورية شبه أسبوعية لدراسة رطوبة التربة قبل الري وبعده (بخمسة أيام) والهطول المطري، وقدمت السقايات ماعدا معاملة الشاهد البعل عند استنفاد 50% من الماء المتاح في حوض المعاملة التي تحصل على 95% من الاحتياج وأعطيت بقية المعاملات النسب المقررة حسب المخطط.

تم تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وذلك بأخذ عينات ترابية من مقطع تربة، ثم أجريت التحاليل الهيدروفيزيائية والكيميائية والعناصر الخصبية في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بمركز بحوث حلب كما هو موضح في الجدول (2). وقد تميزت تربة موقع البحث بأنها بنية محمرة عميقة تحتوي على نسبة عالية من الطين. تميل درجة تفاعل التربة pH للعجينة المشبعة نحو القاعدية إذ تراوحت بين 7.4-7.6. وتراوحت الناقلية الكهربائية Ec في العجينة المشبعة بين 0.65-1.2 مليموز/سم. كانت نسبة كربونات الكالسيوم متوسطة (21.8-26.8%) مع زيادة بسيطة في الطبقات تحت السطحية نتيجة لوجود تبقعات من كربونات الكالسيوم المترسبة. كما أن التربة فقيرة جداً في احتوائها على المادة العضوية فلم تتجاوز 0.857% في الطبقة السطحية بعمق 0-15 سم. وبالنسبة للأزوت الكلي والفوسفور فالترربة فقيرة. أما البوتاسيوم المتبادل فالترربة غنية جداً بهذا العنصر (682-904 جزء بالمليون) (الجدول 2).

الجدول 2. الخواص الكيميائية والهيدروفيزيائية والتحليل الميكانيكي لتربة البحث في صرباياحلب

الخواص الكيميائية والتحليل الميكانيكي											
التركيب الميكانيكي %			جزء بالمليون		غ/100 غ تربة				Ec مليموز/سم عجينة مشبعة	pH	العمق (سم)
طين	سنت	رمل	بوتاسيوم متبادل	فوسفور متاح	آزوت كلي	مادة عضوية	كلس فعال	كربونات كالسيوم			
62	18	20	881	5	0.0435	0.857	8.23	23.99	0.65	7.4	15-0
64	18	18	904	3	0.0390	0.780	9.41	24.75	0.67	7.5	30-15
65	17	18	826	2	0.0390	0.780	9.41	21.75	1.2	7.4	45-30
الخواص الهيدروفيزيائية											
التهوية %			معامل الذبول %		السعة الحقلية %		المسامية %	الكثافة غ/سم ³		العمق (سم)	
عند 80%	عند 70%	عند 60%	حجماً	وزناً	حجماً	وزناً		الحقيقية	الظاهرية		
24.6	28.6	32.7	21.98	19.80	40.43	36.42	56.98	2.58	1.11	15-0	
22.2	26.4	30.6	22.66	19.21	41.30	35.00	55.64	2.66	1.18	30-15	
19.7	23.9	28.1	22.97	18.38	41.90	33.52	53.53	2.69	1.25	45-30	

تراوحت الكثافة الظاهرية بين 1.11-1.25 غ/سم³ في الطبقة السطحية من التربة بعمق 0-45 سم. وفيما يتعلق بالكثافة الحقيقية

فهي متجانسة تقريباً في جميع الأعماق. وقد تراوحت السعة الحقلية بين 40.43-41.9% حجماً في الطبقة السطحية 0-45 سم. أما درجة التهوية فهي جيدة في كافة الأعماق.

تم حساب الاحتياج المائي وفق العلاقة: $ET = ET_0 * KC$

حيث: ET : الاحتياج المائي للمحصول " لموسم النمو أو الشهري مم أو م³/هكتار

ET_0 : معدل التبخر الاعظمي الممكن محسوباً بإحدى العلاقات التجريبية مم أو م³/هكتار (بنمان، وبلاني كريدل، وايفانوف،

وقراءات جهاز كلاس A)

$K C$: معامل المحصول الشهري أو السنوي أو المعدل خلال فترة النمو.

أما الاحتياج المائي الكلي $E T$ "الاستهلاك المائي": والذي يعبر عنه بكمية الماء التي استهلكها النبات خلال الفترة المفيدة "موسم

النمو، شهري، عشري، يومي" وتتخذ حسب مراحل النمو فقد تم تحديده بالعلاقة: $E T = M + 10 P + (W_1 - W_2)$

حيث: ET : الاستهلاك المائي ويساوي النتح التبخري والتبخرالفيزيائي من سطح التربة للفترة الحسابية ويقاس م³/هكتار/ شهر

P : معدل الهطول المطري/مم. M : معدل الري الصافي م³/هكتار لكامل موسم النمو وتساوي الى مجموع السقايات المقدمة

للنبات: $M = ET - 10 \partial P - (W_1 - W_2) = \sum m$ حيث: m : معدل السقاية الواحدة

$$m = 10^2 \cdot H \cdot \partial \cdot (B_1 - B_2)$$

حيث: 10 : معامل تحويل لحساب معدل السقاية لمساحة هكتار.

H : العمق الفعال للجذور ويتغير حسب المرحلة، ∂ : الكثافة الظاهرية للتربة، B_1 : رطوبة التربة عند السعة الحقلية %.

B_2 : الحد الأدنى للرطوبة المناسبة للمحصول. $W_1 - W_2$: معدل الرطوبة المتاحة عند بداية الفترة الحسابية ونهايتها.

عند النضج تم حصاد متر مربع من كل مكرر، وأخذت قراءات الغلة البيولوجية والحببية وغلة القش وعدلت النتائج على أساس مساحة الهكتار، كما تم تحديد وزن الألف حبة.

ثانياً- المحاكاة باستخدام النموذج الرياضي:

نموذج المحاكاة **SSM**:

بُني هذا النموذج من قبل Amir and Sinclair (1991) لتحليل أثر الحرارة والإشعاع الشمسي على نمو محصول القمح *Triticum*

aestivum L. باسم Plant Growth of Small Grain Crop (PGSGC) ثم تم تعديله من قبل Soltani and Sinclair

(2012) ليصبح باسم Simple Simulation Model (SSM). يتم حساب تطور المحصول بناء على الوحدات الحرارية اللازمة لكل

مرحلة أو طور من مراحل أو أطوار النمو. وتم حساب الوحدات الحرارية (TU) Thermal Units اليومية للنمو بحساب الفارق بين

متوسط درجة حرارة الهواء اليومية ودرجة الحرارة الأساسية Base Temperature التي هي (0 م) في محصولي القمح والشعير

(Rickman and Klepper, 1995). ويقسم البرنامج مراحل النمو إلى ثلاثة أقسام رئيسية: مرحلة النمو الخضري الأساسية للساق

الرئيسية والأوراق، ونهاية نمو الأوراق حتى الإزهار، وفترة نمو الحبوب (تشكل الحبوب وامتلائها). ويتم حساب طول كل فترة بمجموع

الوحدات الحرارية. وترمز للوحدات الحرارية التراكمية للفترة من نهاية تشكل الأوراق حتى الإزهار بالرمز VAR ضمن بنية النموذج،

وتستخدم للتمييز في طول موسم النمو. ويعتمد البرنامج في حساب تطور المجموع الورقي على قيمة Phyllochron وهي الفترة اللازمة

لظهور ورقة (بالوحدات الحرارية). وقد تم اعتماد القيمة 90 بناءً على دراسات سابقة إذ تراوحت قيم الفيولوكرون بين 90 و110 لدى (Amir and Sinclair, 1991) وبين 76 و136 لدى (Kirby, 1995). تتضمن المخرجات العديد من البيانات والتي يمكن التحكم بظهورها من خلال بيئة البرنامج، وهي في الغالب قيم يومية لكل من غلة المجموع الخضري والحبي والكمية التراكمية للتبخّر Cumulative Evaporation والنتح Cumulative Transpiration والتبخّر-نتح Cumulative Evapo-Transpiration، إضافة إلى مخرجات تتعلق بالعلاقات المائية في التربة وبعض الصفات الفينولوجية للمحصول... الخ. وتم التحقق من جودة النموذج ومعايرته في مناطق استقرار متباينة وسنوات مختلفة، وأوصت أبحاث عدة باستخدام هذا النموذج في بيئات مشابهة (Wahbi, 2003; Wahbi and Sinclair, 2005; Wahbi and Stenitzer, 2007; Shaaban, 2013) و(شعبان، 2009).

دُوّنت قيم المعطيات المناخية لفترة تنفيذ الدراسة من خلال المحطة المناخية لمحطة بحوث صرّايا، وتضمنت: الهطل المطري، ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى، والرطوبة النسبية الصغرى والعظمى، والرياح، والسطوع الشمسي، واستخدمت البيانات المناخية المتوفرة للفترة الممتدة بين 2001/1/1 و2011/12/31 في المحاكاة. تم تجهيز أربع نسخ من ملفات البيانات المناخية وفقاً للمعاملة المدروسة باستخدام برنامج Excel 2013، حيث يبدأ الملف من تاريخ الأول من أيلول ويحدد موعد الزراعة الأول من كانون الأول، وذلك بهدف تحديد رطوبة التربة ما قبل موعد الزراعة واحتساب كميات الأمطار الهاطلة قبل موعد الزراعة. وتمت إضافة قيم كميات مياه الري المقدمة كمعدل هطل مطري وفق التواريخ والكميات المبينة في الجدول (3) للملفات الخاصة بكل مستوى ري. إذ حُدّدت هذه الكميات والمواعيد وفقاً لبيانات الدراسة الحقلية.

الجدول 3. كميات الري التكميلي (ملم) المضافة إلى سجلات البيانات المناخية قبل بدء المحاكاة

المجموع	05/18	05/05	04/18	مستوى الري التكميلي
75.9 ملم	31.3	21.7	22.9	33%
152.7 ملم	63.3	43.6	45.8	66%
224.1 ملم	92.4	64.1	67.6	95%

تم تشغيل نموذج المحاكاة 44 دفعة (إحدى عشر سنة × 4 مستويات ري) ثم صنفت البيانات ورتبت حسب الصفات المدروسة إلى قيم تراكمية يومية، وقيم في نهاية الموسم. إذ تم حساب كفاءة النتج بالعلاقة: المردود الحبي ÷ كمية النتج. وكفاءة استخدام المياه بالعلاقة: المردود الحبي ÷ كمية التبخّر نتح، كما حسبت نسبة التبخّر إلى التبخّر نتح.

أجري التحليل الإحصائي لنتائج الدراسة الحقلية والمحاكاة باستخدام برنامج Genstat V12.0، إذ تم إجراء تحليل التباين ANOVA ومقارنة المتوسطات باستخدام قيمة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 5%، كما أُجري إحصاء وصفي وحساب بعض المعايير الإحصائية كالانحراف المعياري ومعامل الاختلاف (CV) Coefficient of Variation. كما أُجري تحليل الانحدار الخطي البسيط للعلاقة بين الغلة الحبية وكل من كفاءة استخدام المياه وكفاءة النتج ونسبة التبخّر إلى التبخّر نتح.

النتائج:

أولاً-نتائج الدراسة الحقلية:

بلغ الاستهلاك المائي الكلي في الموسم الأول (2010/2009) لصنف القمح الصلب شام 7 (3396 م³/هكتار) في معاملة الشاهد (البعل)، وارتفع تدريجياً لدى إضافة مستوى الري التكميلي (33%) إلى (3918 م³/هكتار)، وزيادة مستويات الري التكميلي إلى (66%) و(95%) فبلغ 4787 و5589 م³/هكتار لكل منهما على التوالي. تزامناً مع ارتفاع الاستهلاك المائي لوحظ تزايد تدريجي

وملاحظ في المردود الحبي والذي تراوح من 2445 كغ/هكتار في معاملة الشاهد إلى 4214 كغ/هكتار في المعاملة (95%). مما سبق يلاحظ أن مستوى الري التكميلي 95% ساهم في زيادة الاستهلاك المائي بنسبة 65% بالمقارنة مع معاملة البعل، ترافق ذلك في ازدياد المردود الحبي بنسبة 72% وكفاءة استخدام المياه بنسبة 4% (الجدول 4) وهذا توافق مع ما وجدته (Oweis and Zhang, 1998; Husman et al., 2000; Deng et al., 2007). كانت نتائج الموسم الثاني مماثلة لنتائج الموسم الأول من ناحية زيادة الاستهلاك المائي والمردود الحبي مع زيادة مستويات الري التكميلي، إلا أن الزيادة في الاستهلاك المائي كانت أكبر (73%) من الزيادة في المردود الحبي (59%) وذلك لدى مقارنة معالمتي 95% والشاهد معاً، مما أدى لانخفاض قيمة كفاءة استخدام المياه في المعاملة 95% (الجدول 4)، وقد يعزى ذلك إلى مرض الصدأ الذي انتشر بشكل ملحوظ وأثر في زيادة الاستهلاك المائي وانخفاض المردود الحبي عن طريق إجهاد النبات.

الجدول 4. الاستهلاك المائي (م/3هكتار) وكفاءة استخدام المياه (كغ/3م/هكتار) لصنف القمح الصلب شام 7 وفق مستويات ري تكميلي مختلفة في صربايا خلال موسمي الدراسة

2010/2011				2009/2010				البيان
%95	%66	%33	الشاهد	%95	%66	%33	الشاهد	
5318	4684	3912	3373	5117	4468	3759	3396	الاستهلاك المائي الصافي (م/3هكتار)
5822	5029	4083	3373	5589	4787	3918	3396	الاستهلاك المائي الكلي (م/3هكتار)
3748	3247	2574	2350	4214	3536	2690	2445	المردود (كغ/هكتار)
1640	1613	1597	1494	1434	1572	1552	1511	الاستهلاك المائي الصافي لوحدة الإنتاج (م/طن/هكتار)
1798	1732	1667	1494	1568	1685	1618	1511	الاستهلاك المائي الكلي لوحدة الإنتاج (م/طن/هكتار)
0.64	0.64	0.63	0.70	0.75	0.73	0.68	0.72	الكفاءة الكلية لاستخدام المياه (كغ/3م/هكتار)

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في الغلة الحبية بين مستويات الري التكميلي عند مستوى ($P < 0.001$) في الموسم الأول وعند مستوى ($P < 0.01$) في الموسم الثاني، بينما كانت جميع الفروق معنوية عند مستوى ($P < 0.001$) لصفتي غلة القش والغلة الحيوية وفي كلا موسمي الدراسة (الجدول 5). لقد تفوقت معاملة الري التكميلي (95%) في الموسم الأول على باقي المعاملات في صفة الغلة الحبية والتي بلغت (4214 كغ/هكتار)، كما تفوقت معاملة الري التكميلي (66%) بمتوسط غلة حبية بلغ (3536 كغ/هكتار) على كل من معالمتي الري التكميلي (33%) والشاهد البعل واللذان لم تظهر بينهما أية فروق معنوية. أما في الموسم الثاني فقد تفوقت كلتا المعاملتين (95%) و(66%) على المعاملتين (33%) والشاهد، ولم تظهر أية فروق معنوية أخرى. وسلكت المعاملات السلوك نفسه في صفتي غلة القش والغلة الحيوية إذ لوحظ ارتفاع تدريجي ومعنوي بين المستويات المدروسة بدءاً من الشاهد وانتهاءً بالمعاملة (95%) وذلك في كلا موسمي الدراسة (الجدول 5). تباين وزن الألف حبة معنوياً (عند مستوى $P < 0.001$) وفقاً لمستويات الري، فبلغ 37.7 و35.7 غ في معاملة الشاهد، وارتفع بشكل معنوي إلى 38.9 و36.9 غ في المعاملة (33%)، وإلى 40.2 و38.1 غ في المعاملة (66%)، وإلى 41.3 و40.5 غ في المعاملة (95%) وذلك لكل من الموسم الأول والثاني على التوالي (الجدول 5). كانت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث المجراة في القطر لدراسة أثر الري التكميلي في زيادة الإنتاجية (عودة وآخرون، 2016؛ السليمان وآخرون، 2016).

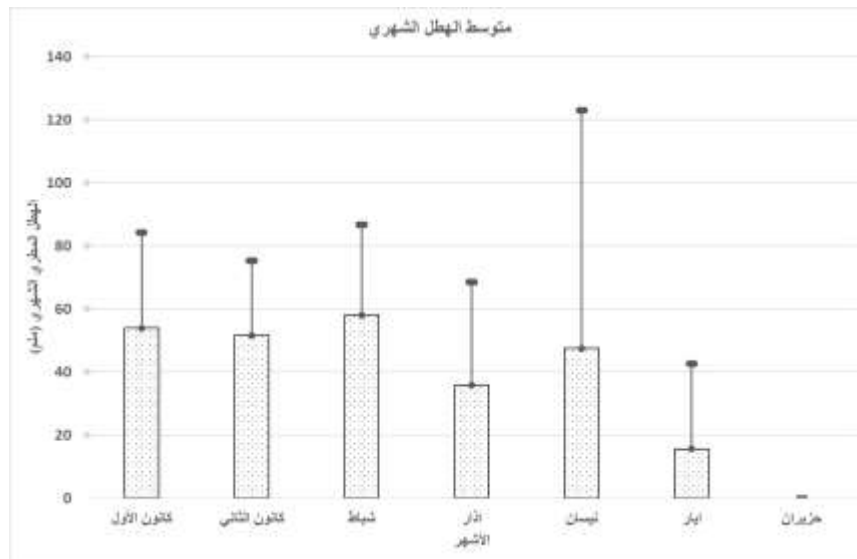
الجدول 5. متوسط غلة الحبوب والقش والغلة الكلية (كغ/هكتار) ووزن الألف حبة (غ) لصنف القمح الصلب شام 7 وفق مستويات ري تكميلي مختلفة في صربايا خلال موسمي الدراسة

مستويات الري التكميلي		الغلة الحبيبية (كغ/هكتار)		غلة القش (كغ/هكتار)		الغلة الحيوية (كغ/هكتار)		وزن الألف حبة (غ)	
2011-2010	2010-2009	2011-2010	2010-2009	2011-2010	2010-2009	2011-2010	2010-2009	2011-2010	2010-2009
35.7 d	37.7 d	7892 d	7953 d	5542 d	5508 d	2350 b	2445 c	الشاهد	
36.9 c	38.9 c	9218 c	9477 c	6643 c	6787 c	2574 b	2690 c	%33	
38.1 b	40.2 b	10620 b	11115 b	7373 b	7378 b	3247 a	3536 b	%66	
40.5 a	41.3 a	12161 a	12611 a	8413 a	8397 a	3748 a	4214 a	%95	
<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	0.005**	<0.001***	Fpr.	
0.23	0.49	625.9	862.8	295.1	620.1	608.4	535.3	LSD0.05	
0.3	0.6	3.1	4.2	2.1	4.4	10.2	8.3	CV%	

ثانياً-نتائج المحاكاة:

تراوح مجموع الهطل المطري بين 172.2 و 681.3 ملم بمعدل بلغ للفترة المرصودة 344 ملم، وتشير قيمة الانحراف المعياري (160) إلى التبعر الكبير في قيم الهطل المطري خلال السنوات الإحدى عشر. أما كميات الهطل المحسوبة خلال موسم النمو (بدءاً من الأول من كانون الأول) فقد تراوحت بين 147.7 و 637.9 ملم مع قيمة انحراف معياري بلغ 139.4. إن كميات الهطل التي لم يستفد منها المحصول كانت كبيرة في بعض المواسم: 2009/2008 على سبيل المثال، إذ هطل أكثر من نصف كمية المطر قبل موعد الزراعة. بينما تجاوزت نسبة الهطل الموسمي 90% في ثلاث سنوات (2001/2000، و 2003/2002، و 2008/2007). على الرغم من أن كميات الهطل المطري قد تكون جيدة في بعض المواسم إلا أن توزيع تلك الكميات بدا غير متجانساً حسب كميات الهطل الشهري لمتوسط السنوات المرصودة، فقد بلغ متوسط الهطل الشهري 53.9، 51.6، 58.0 ملم لكل من أشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط على التوالي، وانخفض متوسط الهطل الشهري في آذار إلى 35.8 ملم، ولوحظ تزايد في الهطل خلال شهر نيسان (47.5 ملم)، ثم انخفاض واضح خلال شهر أيار (15.6 ملم) وانعدام الهطل في حزيران. مما سبق يلاحظ من الشكل رقم 1 أن شهر نيسان هو الشهر الأكثر تذبذباً من ناحية كمية الهطل المطري يليه شهر أيار (قيمة الانحراف المعياري أكبر من قيم المتوسط)، وهذه النتائج تؤكد أهمية التدخل بالري منعاً لإجهاد النبات.

أظهرت نتائج المحاكاة للسنوات الإحدى عشر وجود فروق عالية المعنوية ($P < 0.001$) لكميات التبخر، والنتح، والتبخر نتح، والنسبة التي يشكلها التبخر إلى التبخر نتح الكلي (الجدول 6). بلغ متوسط كمية التبخر خلال الفترة من الأول من أيلول حتى الأول من كانون الأول 49.3 ملم (لجميع المعاملات) وبإضافة هذه الكمية لمعدلات التبخر ضمن كل مستوى ري تبين أن كمية التبخر بلغت 172.6، 176.4، 181.6، 186.1 ملم لكل من معاملات الشاهد و 33% و 66% و 95% على التوالي وكانت الفروق بين جميع المعاملات معنوية. ولوحظ منحى النتائج نفسه لدى مقارنة كميات النتح إذ بلغت 125.4، 186.3، 233.5، 267.3 ملم لكل من معاملات الشاهد و 33% و 66% و 95% على التوالي وكانت الفروق بين جميع المعاملات معنوية أيضاً وكانت النتائج متوافقة مع ما توصل إليه (Shaaban et al., 2018).



الشكل 1. متوسط قيم الهطل المطري الشهري (+ الإنحراف المعياري) للسنوات المرصودة خلال فترة المحاكاة 2000-2011

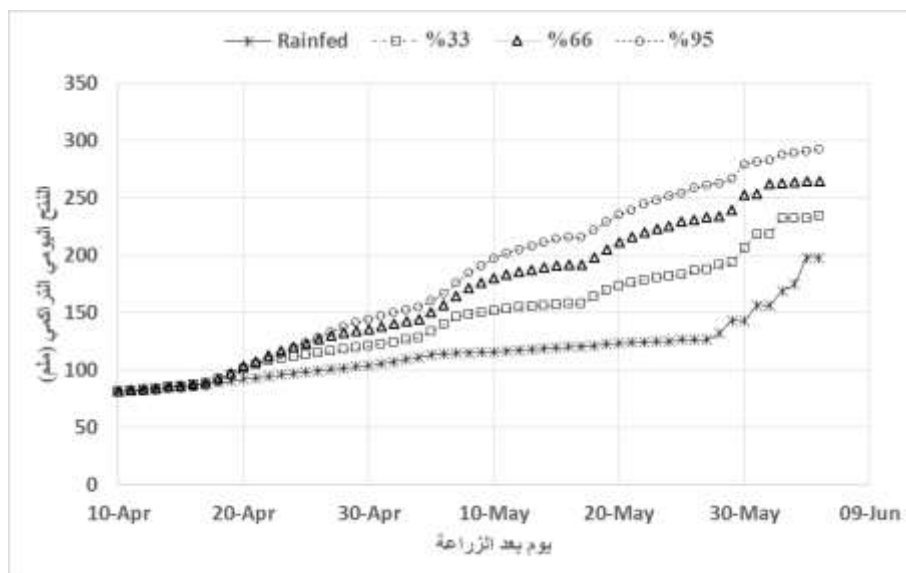
وبناءً عليه كانت كميات التبخر نتح أعلى في المعاملة (95%) بمتوسط كمية بلغ (453.4 ملم) متفوقة بذلك على جميع المعاملات الأخرى، تلتها المعاملة (66%) بمتوسط كمية تبخر نتح بلغ (415.1 ملم) متفوقة بدورها على كل من المعاملتين 33% (362.7 ملم)، ومعاملة الشاهد (298.0 ملم) التي تفوقت عليها جميع مستويات الري التكميلي. ومما يجب أخذه بعين الاعتبار هي قيم معامل الاختلاف التي تظهر قيماً مرتفعة في معاملة الشاهد ومع إضافة الري التكميلي وزيادة مستوياته تنخفض قيم معامل الاختلاف تدريجياً مما يشير إلى استقرار نسبي لكميات الاستهلاك المائي من موسم لآخر عند اتباع نظام الري التكميلي. ولوحظ أكبر انخفاض في قيمة معامل الاختلاف لكميات النتح إذ انخفضت بنسبة 57.8% من معاملة الشاهد (38.9) إلى معاملة الري التكميلي عند 95% (16.4)، بينما بلغ هذا الانخفاض 29.8% للتبخر نتح و13.7% للتبخر (الجدول 6).

الجدول 6. القيم المتنبأة للتبخر، والنتح، والتبخر-نتح (ملم)، ونسبة التبخر إلى التبخر-نتح الكلي وفقاً لمستويات الري التكميلي كمتوسط الفترة المرصودة 2000-2011

مستويات الري التكميلي	التبخر الكلي (ملم)		النتح الكلي (ملم)		التبخر الكلي (ملم)		نسبة التبخر إلى التبخر-نتح الكلي
	CV%	المتوسط	CV%	المتوسط	CV%	المتوسط	
الشاهد	33.6	172.6 d	38.9	125.4 d	33.6	172.6 d	0.58 d
33%	31.9	176.4 c	25.6	186.3 c	31.9	176.4 c	0.48 c
66%	30.3	181.6 b	17.2	233.5 b	30.3	181.6 b	0.43 b
95%	29.0	186.1 a	16.4	267.3 a	29.0	186.1 a	0.41 a
Fpr.	<0.001***		<0.001***		<0.001***		<0.001***
LSD0.05	3.44		17.33		17.36		0.025

تسلط الأبحاث الحديثة الضوء على نسبة التبخر إلى التبخر نتح بقصد تقليل هذه النسبة لأقل قيمة ممكنة ليرتفع مقابلها نسبة النتح إلى التبخر نتح مما يساهم في زيادة تراكم المادة الجافة والتقليل من الفقد المائي لرتوية التربة وبالتالي رفع كفاءة استخدام الماء لاسيما في المناطق شبة الجافة أو التي تظهر فيها فترات عجز رطوبي. ولذلك تم حساب هذه النسبة والتي بلغت 58% في معاملة الشاهد، وانخفضت بشكل معنوي لدى استخدام مستويات الري التكميلي فبلغت هذه النسبة 48%، 43%، 41% لكل من مستويات الري التكميلي 33%، و66% و95% على التوالي، مع وجود فروق معنوية أيضاً بين مستويات الري التكميلي لصالح مستوى الري الأعلى

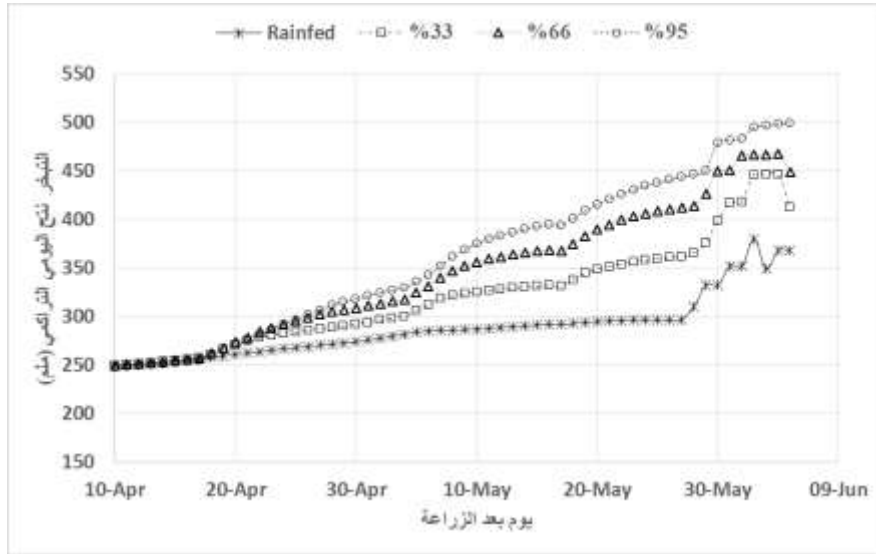
(الجدول 6). وقد توافقت هذه النتائج مع نتائج (Shaaban *et al.*, 2018) الذين استخدموا نموذج المحاكاة SSM بهدف قياس نسبة التبخر إلى التبخر نتح لمحصولي القمح والشعير المزروعين بعلاً. تشير النتيجة السابقة إلى التأثير الإيجابي للري التكميلي على الإنتاجية من خلال تقليل التبخر وزيادة النتح، وهذا ما لوحظ لدى مقارنة منحنيات النتح اليومي التراكمي (الشكل 2) والتبخر نتح اليومي التراكمي (الشكل 3)، إذ تبدأ قيم النتح والتبخر نتح اليومي بالتمايز بين المعاملات المدروسة بعد إضافة الريّة الأولى من الري التكميلي (18 نيسان)، ويظهر جلياً ارتفاع منحني قيم النتح والتبخر نتح لمستويات الري التكميلي كافة بالمقارنة مع معاملة الشاهد بدءاً من هذا التاريخ وحتى نهاية الموسم، في حين يبدأ تمايز قيم مستويي الري التكميلي 66% و95% عن مستوى الري 33% بعد حوالي أسبوع من إضافة الريّة الأولى، ويعود ذلك لاستنفاد كمية الري المقدمة في المعاملة 33% والتي كان حوالي 22.9 ملم فقط، في حين تم تقديم 45.8 ملم و67.6 ملم لكل من مستويي الري 66% و95% على التوالي كما ذكر سابقاً (الجدول 3)، وبالتالي لوحظ أن كلتا المعاملتين كانت قيم النتح والتبخر نتح لهما متماثلاً حتى تاريخ السابع من أيار أي بعد يومين من إضافة الريّة الثانية وبالتالي بدءاً من هذا التاريخ لوحظ تمايز بين كلا المنحنيين لصالح مستوى الري التكميلي الأعلى حتى نهاية الموسم. وهذا ما بينته نتائج الجدول 6 آنفاً.



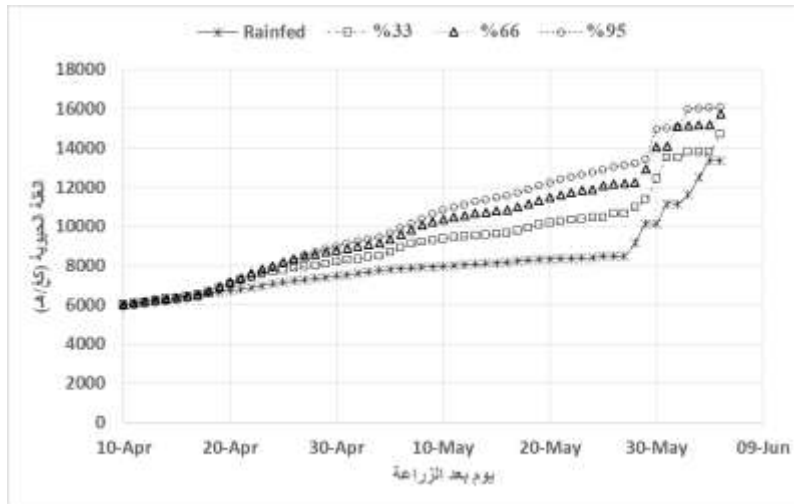
الشكل 2. مخرجات نموذج المحاكاة PGSIS لقيم النتح اليومي التراكمي (ملم) المتنبأ بها وفقاً لمستويات الري التكميلي كمتوسط الفترة المرصودة 2000-2011

انعكست التباينات في قيم النتح والتبخر التراكمي على قيم تراكم المادة الجافة، فازداد معدل تراكم المادة الجافة مع تطبيق الري التكميلي وزيادة مستوياته وكان منحني التمايز بين المعاملات المدروسة كافة مشابهاً لمنحنيات النتح والتبخر نتح، إذ لوحظ أعلى معدل لتراكم المادة الجافة عند مستوى الري التكميلي 95%، تلاه مستوى الري التكميلي 66%، ثم مستوى الري 33%، وتوقفت مستويات الري التكميلي كافة على معاملة الشاهد التي لوحظ فيها انخفاض معدل تراكم المادة الجافة (الشكل 4). إن الزيادة الملحوظة في الأسبوع الأخير لمنحنيات النتح والتبخر نتح وتراكم المادة الجافة (الأشكال 2 و3 و4) مرده إلى اختلاف طول موسم النمو بين السنوات المرصودة، وبالتالي كانت بعض السنوات أطول من غيرها، وبذلك ظهرت قيم أعلى للمتوسطات في نهاية الموسم نتيجة قلة السنوات ذات موسم النمو الأطول. وتشير نتائج الجدول (7) إلى ظهور فروقٍ معنويةٍ بين المعاملات المدروسة في طول موسم النضج إذ تفوقت

معاملتي الري التكميلي 66% و 95% (182.6 يوم) على معاملة الشاهد (181.1 يوم) ولم تظهر فروقاً معنويةً بين بقية المعاملات. في حين لم تظهر فروق معنوية في صفة طول فترة امتلاء الحبوب. وتعد إحدى نقاط القوة التي يتمتع بها النموذج الرياضي هي حساب عمق الجذور المرافق للرطوبة الأرضية في نهاية الموسم، وتؤكد نتائج الجدول (7) زيادة التعمق الرطوبي وبالتالي انتشار الجذور مع تطبيق نظام الري التكميلي وزيادة مستوياته بالمقارنة مع معاملة الشاهد، فقد ازداد تعمق الجذور عند مستوى الري التكميلي 95% بين 8.5 و 10 سم في قطاع التربة بالمقارنة مع بقية المعاملات.



الشكل 3. مخرجات نموذج المحاكاة PGSGS لقيم التبخر اليومي التراكمي (ملم) المتنبأ بها وفقاً لمستويات الري التكميلي كمتوسط الفترة المرصودة 2011-2000



الشكل 4. مخرجات نموذج المحاكاة PGSGS لقيم الغلة الحيوية التراكمية (كغ/هكتار) المتنبأ بها وفقاً لمستويات الري التكميلي كمتوسط الفترة المرصودة 2011-2000

انعكست الآثار الإيجابية لتطبيق الري التكميلي وزيادة مستوياته من خلال زيادة النتج والتبخر نتج وطول موسم النمو وتعمق الجذور على الإنتاجية الحيوية والحبيوية، فظهرت فروق معنوية عند مستوى ($P < 0.001$)، ولوحظ ارتفاع معنوي في المردود الحبي والكلي المتنبأ به مع تطبيق الري التكميلي وزيادة مستوياته (الجدول 7). بلغ المردود الحبي (2452 كغ/هكتار) والكلي (8343 كغ/هكتار) في معاملة الشاهد البعل، وارتفع معنوياً لدى تطبيق الري التكميلي بمستوى 33% ليصبح المردود الحبي (3033 كغ/هكتار) والكلي

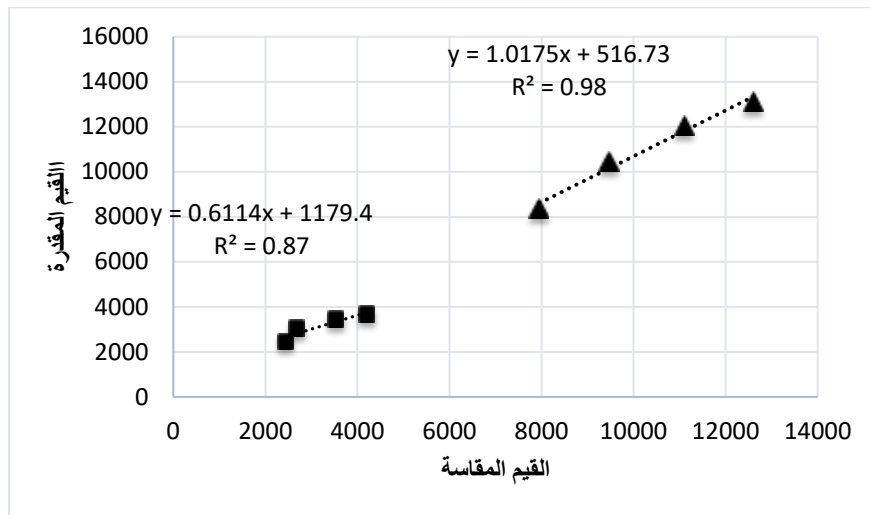
10456 كغ/هكتار)، وبزيادة مستوى الري التكميلي إلى 66% ارتفع المردود الحبي والكلي بشكل معنوي أيضاً ليصلا إلى 3451 و12033 كغ/هكتار لكل منهما على التوالي، ولوحظ أعلى مردود حبي (3659 كغ/هكتار) وكلي (13111 كغ/هكتار) عند مستوى الري التكميلي 95% متفوقاً بذلك على جميع المعاملات المتبقية (الجدول 7). وهنا لا بد من تسليط الضوء على قيم معامل الاختلاف لكل معاملة إذ يتبين من الجدول (7) أن تلك القيم كانت مرتفعة في معاملة الشاهد المطري (أعلى من 40%)، في حين انخفضت مع تطبيق مستويات الري التكميلي لتصل لأدنى قيمة لها عند أعلى مستوى ري تكميلي (95%)، ما يشير إلى أهمية الري التكميلي في استقرار الإنتاج الزراعي.

الجدول 7. القيم المتنبأة لطول موسم النمو وفترة امتلاء الحبوب (يوم) وعمق الجذور (سم) والغلة الحبية والحيوية (كغ/هكتار) وفقاً لمستويات الري التكميلي كمتوسط الفترة المرصودة 2000-2011

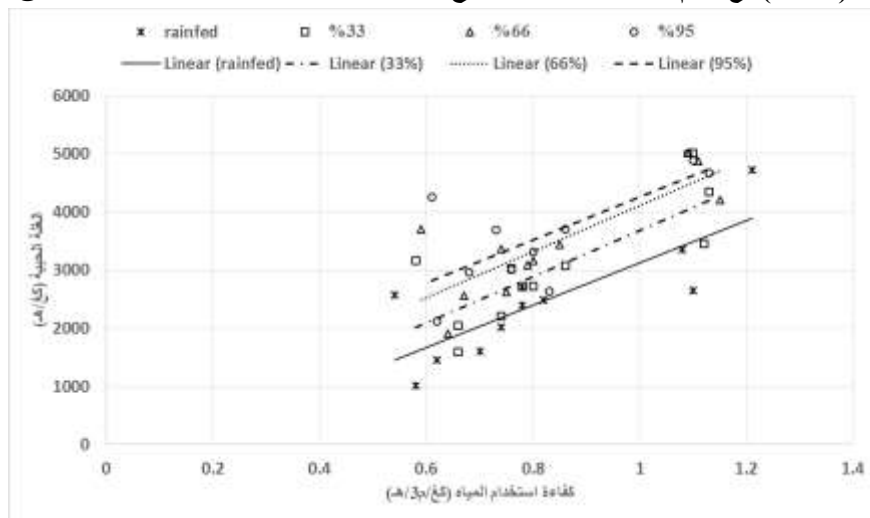
الغلة الحبيوية (كغ/هكتار)		الغلة الحبية (كغ/هكتار)		تعمق الجذور حسب رطوبة التربة (ملم)		طول فترة امتلاء الحبوب (يوم)		طول موسم النمو (يوم)		مستويات الري التكميلي
CV%	المتوسط	CV%	المتوسط	CV%	المتوسط	CV%	المتوسط	CV%	المتوسط	
42.2	8343 d	40.9	2452 d	21.5	581.3 b	7.2	26.8 a	4.0	181.1 b	الشاهد
34.9	10456 c	32.5	3033 c	22.0	586.5 b	7.6	26.6 a	4.2	182.1 ab	33%
29.3	12033 b	27.8	3451 b	18.7	598.3 b	7.0	26.2 b	4.3	182.6 a	66%
25.7	13111 a	26.2	3659 a	6.4	683.9 a	7.0	26.2 b	4.6	182.6 a	95%
<0.001***		<0.001***		0.002**		<0.001***		0.012*		Fpr.
704.6		211.5		54.41		0.28		1.015		LSD0.05

المناقشة:

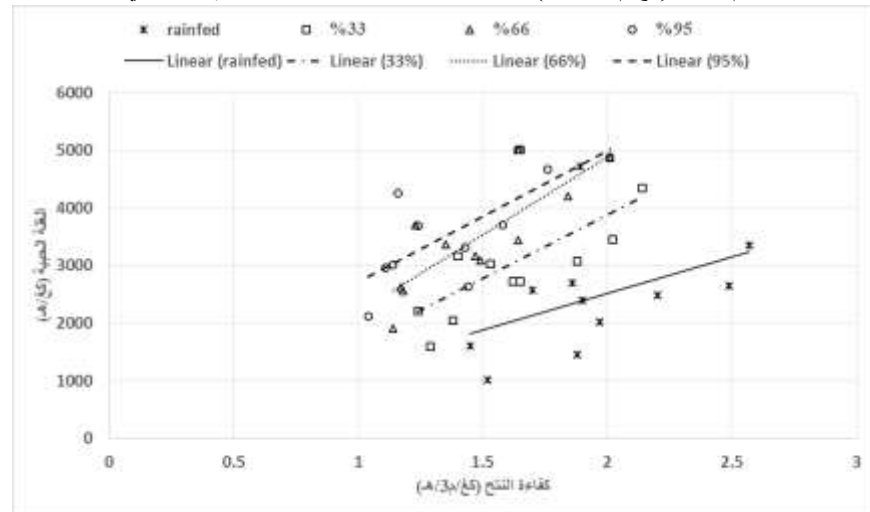
كانت النتائج المتنبأة بها (المقدرة) بوساطة نموذج المحاكاة SSM قريبة جداً لنتائج الدراسة الحقلية الفعلية (المقاسة)، وكانت هذه النتائج متوافقة مع ما ذكره (Shaaban, 2013). ومن جهة أخرى فقد أجرى حسين وآخرون (2013) دراسة بهدف تقييم أداء نموذجين في محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن، وقد تمكن كلا النموذجين من محاكاة المنحى العام لتغيرات المحتوى المائي للتربة في معاملات الري المختلفة بصورة جيدة، مما شجع الباحثين على اقتراح استخدام النموذج الذي حافظ على التوازن بين دقة النتائج والبساطة واعتماده كنموذج تطبيقي لإدارة الري وتخطيطه. الأمر الذي تمت ملاحظته أيضاً عند استخدام نموذج SSM. ويبين الشكل 5 منحنى العلاقة بين القيم المقاسة والقيم المقدرة لكل من صفتي الغلة الحبية والغلة الحبيوية وفق المعاملات المدروسة، مع ملاحظة ارتفاع قيم معامل التحديد R^2 كدليل على جودة العلاقة الخطية. لوحظ وجود علاقة انحدار إيجابية بين كفاءة استعمال المياه والغلة الحبية (الشكل 6) وبين كفاءة النتج والغلة الحبية (الشكل 7)، وكان معامل الانحدار الخطي أعلى في المعاملة 95% تلتها المعاملة 66% ثم 33% وأخيراً الشاهد البعل، مما يشير إلى أن زيادة كفاءة النتج أو كفاءة استعمال المياه وحدة واحدة تقابله زيادة أكبر في الغلة الحبية في معاملات الري التكميلي مقارنة مع الشاهد، أو حتى بين مستويات الري التكميلي لصالح كمية مياه الري الأعلى، مع ملاحظة تقارب قيمتي معاملي الانحدار لكل من المستويين 66% و95%.



الشكل 5. القيم المقاسة (الحقيقية) مع القيم المقدرة من قبل النموذج SSM لمتوسط الغلة الحبية والغلة الكلية وفق المعاملات المدروسة



الشكل 6. العلاقة بين كفاءة استخدام المياه (كغ/3م/هكتار) والغلة الحبية وفقاً لمستويات الري التكميلي للفترة المرصودة 2000-2011



الشكل 7. العلاقة بين كفاءة التمثع (كغ/3م/هكتار) والغلة الحبية وفقاً لمستويات الري التكميلي للفترة المرصودة 2000-2011

لوحظ وجود علاقة انحدار إيجابية بين كفاءة استعمال المياه والغلة الحبية وبين كفاءة التمثع والغلة الحبية، وكان معامل الانحدار الخطي أعلى في المعاملة 95% تلتها المعاملة 66% ثم 33% وأخيراً الشاهد البعل، مما يشير إلى أن زيادة كفاءة التمثع أو كفاءة استعمال

المياه وحدة واحدة تقابله زيادة أكبر في الغلة الحبية في معاملات الري التكميلي مقارنة مع الشاهد، أو حتى بين مستويات الري التكميلي لصالح كمية مياه الري الأعلى، مع ملاحظة تقارب قيمتي معاملي الانحدار لكل من المستويين 66% و 95%. وبالتالي يمكن تفسير ارتفاع الغلة الحبية في نفس فترة امتلاء الحبوب من خلال زيادة كفاءة النتح. وقد توافقت هذه النتائج مع دراسة (حسين وآخرون، 2013) إذ تبين أن النتائج المتوقعة للإنتاجية من قبل نموذج المحاكاة كانت قريبة من القيم المقيسة في معاملات الري المختلفة، بينما أعطى البرنامج قيمة أعلى نسبياً للاستهلاك المائي الموسمي (ETC) مقارنة بالقيم الفعلية. وانطلاقاً مما سبق يمكن القول أن المحاكاة بالنموذج SSM سمح بتقدير جيد للإنتاج الحبي لمحصول القمح الصلب خلال عقد من الزمن، ولكل مستوى من مستويات الري التكميلي، وهذا مما يسمح لصانعي القرار باختيار مستوى الري الأنسب، ولتبيان ذلك تمت الاستفادة من بيانات المجموعة الإحصائية الزراعية (2016) لمعرفة مساحة القمح الصلب المروي على مستوى القطر، فتبين أن مساحة القمح الصلب المروي تراوحت خلال الفترة 2007-2016 بين 267 و 411 ألف هكتار، كما تراوحت الإنتاجية بين 2499 و 4549 كغ/هكتار بمتوسط مساحة على مستوى القطر خلال تلك الفترة بلغت 329 ألف هكتار وبمتوسط إنتاجية 3442 كغ/هكتار. أما متوسط مساحة القمح الصلب البعل للفترة ذاتها فقد بلغت 324 ألف هكتار بمتوسط إنتاجية على مستوى القطر لم يتجاوز 1036 كغ/هكتار. ووفقاً لنتائج الجدول 7 فإن الإنتاج الحبي الكلي المقدر سنوياً على مستوى القطر بلغ بالمتوسط حوالي 795 ألف طن للزراعة البعلية و 997، 1134، 1202 ألف طن لكل من مستويات الري 33%، 66%، 95% على التوالي وذلك فيما استبدلنا المساحات المروية بشكل كامل بمستويات الري التكميلي كلاً على حدة. وعليه فإن إضافة الري التكميلي بمعدل 33% سيزيد الناتج الوطني بكمية 201 ألف طن، بينما سيزداد هذا الناتج بمقدار 339 و 407 ألف طن عند استخدام مستويي الري التكميلي 66% و 95% على التوالي. ومن ناحية أخرى واعتماداً على نتائج الجدولين 8 و 10 فقد تم حساب النسبة المئوية للزيادة في الغلة الحبية والتبخر نتح والتبخر حسب المعاملات المدروسة على مستوى القطر كما هو مبين في الجدول 8.

الجدول 8. نسبة الزيادة في قيم الغلة الحبية والتبخر والتبخر نتح بين المعاملات المدروسة

تبخر	تبخر نتح	غلة حبية	نسبة الزيادة (%)
1.7	21.8	23.7	مستوى الري 33% بالمقارنة مع البعل
5.2	39.3	40.7	مستوى الري 66% بالمقارنة مع البعل
7.5	52.0	49.2	مستوى الري 95% بالمقارنة مع البعل
3.4	14.3	13.8	مستوى الري 66% بالمقارنة مع مستوى الري 33%
5.7	24.8	20.6	مستوى الري 95% بالمقارنة مع مستوى الري 33%
2.2	9.2	6.0	مستوى الري 95% بالمقارنة مع مستوى الري 66%

الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت نتائج البحث أهمية الري التكميلي في رفع المردود الحبي لمحصول القمح الصلب بنسب بلغت 23.7، 40.7، 49.2%، مع نسب زيادة لقيم التبخر نتح بلغت 21.8، 39.3، و 52% لكل من مستويات الري التكميلي 33%، 66%، 95% على التوالي مقارنة بالشاهد البعل، هذا ولم تتجاوز نسبة الزيادة في التبخر أكثر من 7.5% في أقصى الحالات. ومن ناحية أخرى يتبين أن زيادة مستويات الري التكميلي حتى 95% لم يؤدي إلى نفس مستوى الزيادة التي حققتها معاملة الري التكميلي 66% بالمقارنة مع المعاملة 33%، أي أن رفع مستوى إضافة المياه من 33% إلى 66% (الفارق 33) أدت إلى زيادة في الغلة بنسبة 13.8%، بينما رفع مستوى إضافة

المياه من 33% إلى 95% (الفارق 72) أدت إلى زيادة متناقصة في الغلة بلغت 20.6%. بالمحصلة وعلى ضوء نتائج البحث يمكن اقتراح ما يلي:

1. اعتماد مستويات مخفضة من الري التكميلي (66% مثلاً) في حال نقص كميات مياه الري.
2. استخدام نماذج المحاكاة في وضع السياسات الزراعية.
3. توفير قاعدة بيانات مناخية يومية لسلسلة طويلة من السنوات لزيادة كفاءة مخرجات المحاكاة.

المراجع:

- حسين، فؤاد وعبد الله يعقوب ومصديق جانان (2013 أ). دراسة محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن وتقييم بعض البدائل لإدارة الري باستعمال برنامج CropWat. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 29(1):343-360.
- حسين، فؤاد وعبد الله يعقوب ومصديق جانان (2013 ب). تقييم أداء النموذجين AquaCrop و CropWat في محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 29(1):361-373.
- السليمان، شعبان وأبهم اصبح وأحمد زليطة ونضال جوني (2016). أثر الري التكميلي في زيادة المردود على محصول القمح حسب الأطوار الفينولوجية (الري بالتنقيط). ملخصات بحوث المؤتمر العلمي الحادي عشر للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق 22-24 أيار.
- شعبان، أحمد شمس الدين (2009). دراسة إنتاجية أصناف مختلفة من القمح الصلب وكفاءة استخدامها لماء التربة بالاعتماد على تقانة التمييز بالكربون النظير واستخدام النمذجة الرياضية. أطروحة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة حلب. 296 صفحة.
- صومي، جورج (1988). الري التكميلي للمحاصيل وأهميته على زيادة الإنتاج والإنتاجية. المؤتمر الفني الثامن لإتحاد المهندسين الزراعيين العرب "التكامل العربي في مجال ترشيد استخدامات المياه في الزراعة". الخرطوم 5-8/12/1988.
- صومي، جورج ورياض الشايب وعلي قيسي ونضال جوني (1998). الري التكميلي في ظروف الجمهورية العربية السورية. ورقة عمل قطرية مقدمة إلى ورشة العمل القومية حول الري التكميلي. بغداد 16-21/11/1998.
- عودة، بسام وبشرى خزام وعبد الكريم الجردي وطلال العبدو (2016). تأثير طرائق الري الحديثة في إنتاجية محصول القمح بمحافظة حمص. ملخصات بحوث المؤتمر العلمي الحادي عشر للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق 22-24 أيار.
- عويس، ذيب (2003). الري التكميلي. نشرة فنية، ايكاردا. حلب، سورية، 16 صفحة.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2016). قسم الإحصاء، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (1998). الري التكميلي للأقماح البعل في سورية. دمشق، نشرة فنية رقم 431.
- Amir, J.; and T.R. Sinclair (1991). A model of the temperature and solar-radiation effects on spring wheat growth and yield. Filed Crops Research. 28:47-58.
- Deng, X.; L. Shan; and I. Shinobu (2007). High efficiency use of limited supplement water by dryland spring wheat, Trans. CSAE., 18: 84-91.

- Eid, R.A.; and M.R. Yousef (1994). Water use and yield of wheat in relation to drought conditions and P fertilization. *Egypt, J. Appl. Sci.*, 9:546-560.
- Eitzinger, J.; H. Formayer; S. Thaler; M. Trnka; Z. Zdenek; and V. Alexandrov (2008). Results and uncertainties of climate change impact research in agricultural crop production in Central Europe. *Bodenkultur*. 59: 131–147.
- Eitzinger, J.; M. Trnka; J. Hosch; Z. Žalud; and M. Dubrovsky (2004). Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions. *Ecological Modelling*. 171: 223–246.
- Erskine, W.; and F. ElAshkar (1993). Rainfall and temperature effects on lentil seed yield in Mediterranean environment. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 12:347-354.
- Evelt, S.R.; and J.A. Tolck (2009). Introduction: can water use efficiency be modeled well enough to impact crop management? *Agron. J.*, 101:423-425.
- Fowler, D.B. (2002). Growth stages of wheat, winter cereal production. Chapter 10, crop development center, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Husman, S.H.; M.J. Ottman; R.J. Wegener; and M.T. Rogers (1999). Durum response to soil water depletion levels, P.99-103, Forage and Grain. Univ. Ariz. Coll. Agric. Coop. Ext. Report Series P-118. Univ. Ariz., Tucson.
- Husman, S.H.; M.J. Ottman; R.J. Wegener; and M.T. Rogers (2000). Durum response to soil water depletion levels, P.103-107, Forage and Grain. Univ. Ariz. Coll. Agric. Coop. Ext. Report Series P-124. Univ. Ariz., Tucson.
- Jaleel, C.A.; P. Manivannan; A. Kishorekumar; B. Sankar; R. Gopi; R. Somasundaram; and R. Panneerselvam (2007). Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*. 59: 150-157.
- Kersebaum, K.; J.M. Hecker; W. Mirschel; and M. Wegehenkel (2007). Modelling water and nutrient dynamics in soil crop systems: a comparison of simulation models applied on common data sets. *In: Modelling Water and Nutrient Dynamics in Soil-Crop Systems* (Eds K. C. Kersebaum, J. M. Hecker & W. Mirschel), pp. 1–17. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Kirby, E.J.M. (1995). Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop Science*, 35:11-18.
- Oweis, T.; and H. Zhang (1998). Water use efficiency: Index for optimizing supplemental irrigation of wheat in water – scarce areas. *Journal of Applied Irrigation Science*. 2(98):321-336
- Pacucci, G.; and C. Troccoli (1999). Supplementary irrigation management on durum wheat in south Italy. *Proceeding of the 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water*, September 1-3, 1999 ISSN: 2-88074-438-5 ISSN. Lausanne (Switzerland).
- Porter, J.R.; and M.A. Semenov (2005). Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences*. 360: 2021–2035.
- Rickman, R.W.; and B.L. Klepper (1995). The phyllochron: where do we go in the future? *Crop Science*. 35:44-49.
- Shaaban, A. S. A.; A. Wahbi; and T. R. Sinclair (2018). Sowing date and mulch to improve water use and yield of wheat and barley in the Middle East. *Agricultural Systems*. 165: 26-34.

- Shaaban, A.S.A. (2013). Using the (PGSGC) simulation model to predict barley production and evapotranspiration in rainfed Areas of Syria: Case Study “Izraa”. R. J. of Aleppo Univ. Agricultural Sciences Series. Vol. 106.
- Shaaran, A.N.; F.S. Abd El-Samie; and I.A. Abd El-Gawad (2000). Response of wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) to some environmental influence. 1- Effect of planting date and drought at different plant stages on yield and its components. Proc. 9th. Conf. Agron., Monfiya Univ., 1-2 Sept. 1-15.
- Soltani, A.; and T.R. Sinclair (2012). Modeling physiology of crop development, growth and yield. CAB Intl., Wallingford, UK. PP:322. ISBN: 9781845939700.
- USGCRP. (2009). Global climate change impacts in the United States. Karl, T.R., J.M. Melillo, and T.C. Peterson (eds.). United States Global Change Research Program. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- Wahbi, A. (2003). Barley growth and development model based on greenhouse and field data in northern Syria. R. J. of Aleppo Univ. Agricultural Sciences Series. 44: 232-251.
- Wahbi, A.; and E. Stenitzer (2007). Two new simulation models for plant breeders and agronomists: theory and applications. Presented orally at the Eighth International Conference on Development of Drylands. Human and nature-working together for sustainable development in dry lands. 25-28 Feb. Beijing, China.
- Wahbi, A.; and T.R. Sinclair (2005). Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate. Journal of Field Crops Research. 91(2-3): 287-296.
- Whit, J.W.; G. Hoogenboom; B.A. Kimball; and G.W. Wall (2011). Methodologies for simulating impact of climate change on crop production. Field Crops Research. 124: 357–368.
- Zittis, G.; P. Hadjinicolaou; and J. Lelieveld (2014). Role of soil moisture in the amplification of climate warming in the eastern Mediterranean and the Middle East. Climate Research. 59(1): 27-37.

Using SSM Model to Simulate Growth of Durum Wheat "Cham 7" Under Gradual Levels of Supplemental Irrigation

Ahmad Shams Aldien Shaaban^{*(1)} Ahmad Alhafez⁽²⁾ Abdullah Al-Yousef⁽²⁾
and Osama Al-Issa⁽³⁾

(1). Department of Biotechnology Engineering, Faculty of Technical Engineering, Aleppo University, Aleppo, Syria.

(2). Aleppo Research Center, General Community for Scientific Agricultural Research GCSAR, Damascus, Syria.

(3). General Organization of Seed Multiplication, Aleppo, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Ahmad Shams Aldien Shaaban. E-Mail: Shaabany57@gamail.com).

Received: 08/03/2018

Accepted: 05/09/2018

Abstract

The study was conducted to compare the effect of supplemental irrigation levels on some productivity traits and water use efficiency of durum wheat variety "Cham 7", and use SSM simulation model to study the effect of supplemental irrigation scenarios on water consumption and grain yield (GY). For that, the study was carried out in two steps: the first one was a field experiment with completely randomized block design with three replications during 2009/2010 and 2010/2011 seasons at Srbaya Research Station. Three treatments of supplemental irrigation were used i.e. 33%, 66% and 95%, in addition to the rainfed treatment as a control. Water balance and water consumption were estimated depended on neutron prop readings. Yield and its components were taken at maturity. The second step was a simulation study using SSM simulation model based on daily climatic data during the period 2001-2011. The irrigation water quantities were added at rain rate at three dates according to results of field experiment. The results of field experiment showed an increase in grain yield of 72% and 59% for each season when using supplemental irrigation at 95% compared with the control. Significant differences were found in grain yield, straw yield, biological yield and weight of thousand grains for the two studied years. In addition, simulation results showed an existence of high significant differences for the studied traits. Positive regression correlation was observed between water use efficiency and GY, and between transpiration efficiency and GY. In addition, results showed that the supplemental irrigation subscribes to increase the grain yield of durum wheat crop in percentages 23.7, 40.7 and 49.2%, with increase of evapotranspiration values in a values of 21.8, 39.3 and 52% for treatments 33%, 66% and 95% respectively compared to the control (rainfed), and the increasing ratio of evaporation did not exceed 7.5% in extremes. When these ratios were transformed on country level, the adding of supplemental irrigation will increase national production of durum wheat about 201, 339 and 407 thousand tons for treatments 33%, 66% and 95% respectively compared with the control (rainfed).

Key Words: Simulation, Supplemental irrigation, Water balance, Evaporation, Transpiration Efficiency, Grain yield, Durum wheat.