

EFFECT OF DIFFERENT LEVELS OF SUPPLEMENTAL IRRIGATION, NITROGEN FERTILIZER, AND NITROGEN APPLICATION TIMING ON WATER USE EFFICIENCY IN DURUM WHEAT (*Triticum turgidum* L. VAR. *DURUM*)

(Received:16.2.2014)

By

E.Sh. Kanshaw, A.M. Al- Fares and A.B. Arslan *

Field Crops Department, Collage of Agriculture, University of Halab, Syria

**General Organization for Agricultural Scientific Research, Demuces, Syria*

ABSTRACT

This research was conducted, at the Agricultural Research Center of Qunaeitra during two growing seasons (2008/2009 and 2009/2010), in order to study the effect of different levels of supplemental irrigation, nitrogen fertilizer, and nitrogen application timing on water use efficiency in durum wheat, The experimental design was (RCBD), with three levels of irrigation water (100 - 70 - 40)%, three nitrogen levels (225 - 150 - 75) kg N ha⁻¹, and six models for timing of N application. The traits were affected by the three inputs and their interactions. The Interaction (100% × 225 × 2) showed the highest significant value for Grain yield (8076) kg ha⁻¹, and Water use efficiency (1.555) kg.m⁻³, with highest the profit rate to costs (67.9%), and good irrigation water use efficiency value (2.747) kg.m⁻³ and with losing rate of water irrigation(5%), comparing with the highest significant value of irrigation water use efficiency which amounted to (3.188) kg.m⁻³, with Interaction (40% × 225 × 2). While the lowest significant values were (2282) kg ha⁻¹ for Grain yield, (0.59) kg.m⁻³ for water use efficiency, and (0.3383) kg.m⁻³ for irrigation water use efficiency, with the highest loss amounted (-16.2%) when the interaction (40% × 75 × 6) was used.

Key words: application timing , durum wheat , nitrogen levels ,supplemental irrigation, water use efficiency.

تأثير مستويات مختلفة من الري التكميلي والسماذ الآزوتي ومواعيد إضافته على كفاءة استخدام المياه في القمح القاسي (*Triticum turgidum* L. var. *durum*)

عناية شفيق قانشاوا - عباس منير الفارس - أويديس بشير أرسلان*

قسم المحاصيل الحقلية - كلية الزراعة - جامعة حلب - سوريا - *الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - دمشق - سوريا

ملخص

نفذت هذه الدراسة في مركز البحوث العلمية في محافظة القنيطرة على الصنف شام7 خلال الموسمين (2008 / 2009 و 2010/2009) وذلك لدراسة تأثير مستويات مختلفة من الري التكميلي والأزوت ومواعيد إضافته على كفاءة استخدام المياه للقمح القاسي (صنف شام7) تضمنت التجربة ثلاثة مستويات مياه ري تكميلي (100% - 70 - 40) وثلاثة مستويات تسميد آزوتي (225Kg N ha⁻¹ , 150 , 75) وستة نماذج لمواعيد إضافة السماذ الأزوتي. نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية بنظام القطع المنشقة مرتين باستخدام ثلاث مكررات. أثر كل من مياه الري والسماذ الأزوتي ونماذج مواعيد إضافته على الصفات المدروسة، حيث نتج عن التفاعل، توضيح المعاملات (2×225×100%) أعلى قيمة معنوية للغلة الحبية (8076 Kg ha⁻¹) قابل ذلك أعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام المياه بلغت 1.555 Kg m⁻³ بأعلى نسبة ربح إلى التكاليف بلغت (67.9%)، وكفاءة استخدام مياه ري IWUE جيدة بلغت (2.747 Kg m⁻³) مع نسبة هدر لمياه الري (5%) مقارنة بأعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام مياه الري IWUE والتي بلغت (3.188 Kg m⁻³)، وذلك عند التفاعل (2 × 225 × 40%). بينما بلغت أقل قيمة معنوية للغلة الحبية 2282 (Kg ha⁻¹) قابلها أقل قيمة معنوية لكفاءة استخدام المياه WUE بلغت (0.59 Kg m⁻³)، وأقل قيمة معنوية أيضاً لكفاءة استخدام مياه الري IWUE والتي بلغت (0.3383 Kg m⁻³)، بأعلى نسبة خسارة إلى التكاليف، بلغت (16.2%) وذلك عند التفاعل (6 × 75 × 40%).

1. مقدمة

المفقودة بالجريان السطحي، والصرف العميق فيما لو أضيفت الأسمدة الأزوتية بكميات ومواعيد غير مناسبة. كما وتتسم بسوء توزع أمطارها خلال موسم النمو، مما قد يعرض نباتات محصول القمح للإجهاد المائي خلال فترات انحباس الأمطار، الذي يصادف عادة مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبوب الحساستين جداً لنقص المياه التي تعد الناقل الوحيد للأزوت والكريبوهيدرات من المصدر Source إلى المصب Sink، مما يؤثر سلباً على الغلة الحبية وبالتالي على كفاءة استخدام المياه. ويهدف تحديد كمية مياه الري التكميلي المثلى، ومواعيد وكمية السماد الأزوتي المثلى للحصول على أفضل كفاءة لاستخدام المياه ومياه الري أجري هذا البحث.

2. المواد وطرائق البحث

نفذ البحث في محطة خان أرنية (محافظة القنيطرة، سوريا)، ويصل معدل الأمطار فيها إلى قرابة $(748 \text{ mm year}^{-1})$ ويتوزع سيئاً خلال موسم النمو حيث تتركز معظم الأمطار خلال أشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط. انخفض هذا المعدل في السنوات الخمس الماضية بمقدار 200 mm ، تم اختبار صنف القمح القاسي شام 7 ليكون ممثلاً عن الأقماح القاسية وهو صنف حديث الاعتماد (عام 2004)، قُدرت إنتاجيته سنة الاعتماد بنحو $(7445 \text{ kg ha}^{-1})$ صممت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية بنظام القطع المنشقة مرتين وكررت التجربة بثلاث مكررات. وتضمنت التجربة ثلاثة مستويات ري تكميلي مختلفة هي كامل الاحتياج المائي (100%)، وكذلك (70%، 40) من الاحتياج المائي، وذلك عند استنفاد 60% من المياه المتاحة لمنطقة الجذور، وثلاثة مستويات من السماد الأزوتي $(75, 150 \text{ and } 225 \text{ kg Nha}^{-1})$ وستة مواعيد لإضافة السماد الأزوتي موضحة في الجدول (1) حصدت عينات عشوائية من سنابل القمح الناضجة بمساحة 3 m^2 من القطعة التجريبية ووزنت بعد فرطها، وحولت إلى Kg ha^{-1} غلة حبية على أساس الوزن الجاف تماماً بعد وضع العينات في فرن التجفيف على حرارة 80°C مدة 48 ساعة، وحددت الأطوار الحياتية للنبات بالاعتماد على مقياس زادوكس (Zadoks et al., 1974).

1.2 طرق حساب مكونات معاملات المياه

1.1.2 حساب كمية مياه الري

و هي الفارق ما بين الرطوبة عند السعة الحقلية والرطوبة عند استنفاد 60% من المياه المتاحة، حسب العمق الفعال للجذور. ويمكن تحديدها حسب (Heerman 1985)

$$M = 100.h.a (B1 - B2)$$

حيث: 100: ثابت التحويل إلى هكتار، h: العمق الفعال لانتشار الجذور (عمق الترطيب)، a: الكثافة الظاهرية، B1, B2: الرطوبة العظمى والصغرى (%).

2.1.2 حساب الأمطار الفعالة:

حسبت الأمطار الفعالة بطريقتين:

تعتبر المياه في منطقة حوض البحر المتوسط نادرة نسبياً وتشير التنبؤات لعام 2025 أن محدودية مياه الإنتاج الزراعي في هذه المنطقة ستشتد (Seckler et al., 2000) نتيجة للتغير المناخي في العقود القليلة القادمة مما يزيد من مخاطر إنتاج القمح في ظروف الأراضي الجافة (Miranzadeh et al., 2001)، وخاصة تلك التي تكون معتمدة في المقام الأول على مياه الأمطار، والمقيدة أساساً من الجفاف بسبب قلة الأمطار مصحوبة بنقص الأزوت (Ryan et al., 2009). وللتعامل مع محدودية المياه وتكاليفه الكبيرة نتيجة تكاليف الطاقة، وزيادة الطلب على إنتاج المحاصيل الغذائية، فإن تحسين كفاءة استخدام المياه ستكون الحل الرئيسي للمشاكل الحالية ورفع إنتاجية المياه للحد الأعلى وصافي المردود لوحدة المساحة هي إستراتيجية جيدة لنظم الزراعة. هناك تقنيات عديدة لتحسين إنتاجية المياه وإدارة المياه للحفاظ على الموارد المائية مثل الري الناقص الذي يعرف بأنه نظام إدارة الري الزراعي بحيث يكون فيه التبخر- نتج أقل من 100% من النتج - تبخر المحتمل. والذي يمكن أن يزود عن طريق مخزون التربة المائي والمطر والري وذلك خلال فصل النمو (Upchurch et al., 2004)، والري التكميلي (Oweis and Hachum 2006)، فقد توصل (Zang and Oweis 1999) إلى أن الغلة الحبية وكفاءة استخدام المياه زادت في شمال سوريا زيادة معنوية بإضافة (75-212 mm) ري تكميلي من بدء الإزهار. وأكدت بعض الدراسات أن الري التكميلي المحدود أو الناقص، والتسميد خلال الأطوار الحياتية للمحصول يمكن أن تزيد كل من الغلة الحبية وكفاءة استخدام المياه (Li et al., 2001 a&b) and (Stephens and Hess 1999) كما ذكر (Deng et al., 2002) أن الري التكميلي الصحيح يمكن أن يزيد الغلة الحبية من خلال تحسين ظروف مياه التربة وكفاءة استخدام المياه، وتوصل (Singh et al., 2012 a&b) إلى أن كفاءة استخدام المياه تزداد بزيادة الأسمدة الأزوتية وتتناقص مع زيادة مياه الري، فتراوحت كفاءة استخدام المياه ما بين (0.93 kg/m^3) لمعاملة المياه الخالية من الإجهاد المائي و (1.83 Kg/m^3) لمعاملة المياه الأكثر إجهاداً (Sun et al., 2006). كما أن العلاقة ما بين المياه والأزوت، والإنتاج تعتبر أدوات مفيدة في إدارة المياه والأزوت المضاف للحصول على أعلى إنتاج (Kibe et al., 2006 and Prihar et al., 2000) فتكوين معلومات حول كفاءة استخدام المياه وإنتاج المحاصيل ستلعب دوراً حيوياً في إدارة المياه (Sander et al., 2007). إن أي ممارسة تؤدي إلى زيادة الجزء المستخدم من المياه في النتج من خلال المسطح الغض الكبير والمبكر يمكن أن تزيد من كفاءة استخدام المياه (Zhang et al., 1998)، لذلك فكفاءة استخدام المياه تتأثر بإدارة المحصول. وتأتي أهمية البحث كونه في منطقة استقرار أولى تتميز بمعدلات هطول مطري عالية، مما يسبب فقد الأزوت مع مياه الأمطار

موايعد التسميد الأزوتي	عند الزراعة Z ₀	بدء الإشطاء Z ₂₀	بدء استطلاة الساق Z ₃₁	بدء الحبلان بالسنبلة Z ₄₀	ظهور كامل السنبلة، قرب الإزهار Z ₅₉
1	1/3	-	2/3	-	-
2	-	1/3	2/3	-	-
3	-	1/3	1/3	1/3	-
4	-	1/3	1/3	-	1/3
5	-	-	2/3	-	1/3
6	1/3	1/3	-	-	1/3

استخدام مياه الري IWUE للموسم الأول (2009/2008) على قيم الموسم الثاني (2010/2009)، عند مستوى معنوية ($P < 0.05$)، وذلك نتيجة للتفوق المعنوي للغلة الحبيبة ومكوناتها في الموسم الأول جدول (3)، بسبب الظروف البيئية وتأثيرها على طول فترة الإشطاء ما بين (Z₂₀ and Z₃₁) حيث أن لطول هذه الفترة أهمية كبيرة وتأثير مباشر على إنتاجية النبات، فكلما كانت طويلة زاد عدد الإشطاء في النبات، وعلى الرغم من أنها صفة وراثية إلا أنها تتأثر بالعوامل البيئية من حرارة وضوء، فكلما كانت الحرارة مرتفعة والنهار طويل قصرت هذه الفترة وانخفض عدد الإشطاء وقصرت السنبلة، وهذا ما حصل في الموسم الثاني، حيث امتد طول الإشطاء في الموسم الأول 79 يوم نتيجة انخفاض عدد ساعات السطوع إلى 5 ساعات/يوم، ومتوسط درجة حرارة °C 7.2، مقابل 57 يوم بعدد ساعات سطوع شمسي 6 ساعات/يوم، ومتوسط حرارة يومي °C 8.7 جدول (4)، نتج عن ذلك عدد السنايل في المتر المربع للموسم الأول 397.5 سنبلة. أما في الموسم الثاني فبلغ عدد السنايل في المتر المربع 337.4 سنبلة جدول (3). كما أن رطوبة التربة نتيجة الهطول المطري خلال معظم فترة الإشطاء في الموسم الأول، كانت ضمن حدود المياه المتاحة للنبات يبسر دون أن تتجاوز السعة الحقلية، ونتج عن ذلك الاستفادة القصوى من دفعة السماد الأزوتي عند Z₂₀، بينما في الموسم الثاني تجاوزت رطوبة التربة خلال هذه الفترة السعة الحقلية بكثير، مما سبب فقد جزء من الأزوت المضاف خارج منطقة الجذور بدل الاستفادة منه في تشكيل عدد من الإشطاءات الثمرية. الشكلين (1)، (2). ومن نفس الشكلين يلاحظ امتداد موسم الهطول المطري في الموسم الأول حتى منتصف نيسان بينما انحسر الهطول في الموسم الثاني لنهاية شهر شباط مما أدى إلى انخفاض المحتوى الرطوبي في التربة مبكراً وبالتالي الحاجة لري إضافية من جهة ووصول الرطوبة إلى حد الذبول وخاصة عند مستوى مياه الري 40%. كل هذه الأمور أدت إلى انخفاض قيم الغلة الحبيبة في الموسم الثاني قابل ذلك انخفاضاً في قيم كفاءة استخدام المياه ومياه الري لنفس الموسم.

1.3. حسب مستويات مياه الري

أثرت مستويات مياه الري على كفاءة استخدام المياه WUE فبلغت أعلى قيمة معنوية (1.048 Kg m^{-3}) عند الري بدون إجهاد مائي (مستوى مياه ري 100%)،

1.2.1.2. عندما تستوعب التربة بأعماقها المختلفة (حتى نصل إلى الطبقة الصخرية) الأمطار الهاطلة بهذه الحالة:

الأمطار الفعالة = (الرطوبة تحت العمق الفعال قبل الأمطار + الأمطار الكلية) - (الرطوبة تحت العمق الفعال بعد الأمطار).

2.2.1.2. في حال كثافات الهطول المطري عالية ولفترة زمنية قصيرة، يضع قسم كبير من الأمطار بالجريان السطحي. حسب الأمطار الفعالة في هذه الحالة حسب (Doorenbos and Pruitt, 1977).

$$ER = M_2 - M_1 + kp E_0$$

حيث ER الأمطار الفعالة، و M_1 ، M_2 رطوبة التربة ضمن منطقة الجذور قبل وبعد الأمطار على التوالي، و E_0 التبخر من حوض كلاس A، و kp هو معامل الحوض.

3.1.2. كفاءة استخدام المياه Water use efficiency (WUE):

حسبت كفاءة استخدام المياه وفق (Acevedo et al., 2000)

$$WUE = \frac{GY}{WU}$$

حيث GY الغلة الحبيبة (kg ha^{-1})، WU هو الماء المستخدم ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$). وهو الماء المضاف (أمطار فعالة + مياه ري).

4.1.2. إنتاجية مياه الري (كفاءة استخدام مياه الري

Irrigation water use efficiency (IWUE):

حسبت كفاءة استخدام مياه الري حسب

(Cassel and Edwards, 1985):

$$IWUE = \frac{GY_{irr} - GY_{dry}}{W_{irr}}$$

حيث GY_{irr} : هو الغلة الحبيبة لمعاملة المياه ويقدر بـ Kg ha^{-1} ، GY_{dry} : الغلة الحبيبة لمعاملة الشاهد المطري (Kg ha^{-1})، W_{irr} : كمية مياه الري المقدمة للنبات ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$). وتقدر كفاءة استخدام مياه الري Kg m^{-3} مياه ري.

3. النتائج والمناقشة

تباينت كميات الهطول المطري الكلي والفعال ما بين الموسمين، وكذلك كميات مياه الري المقدمة للنبات، جدول (2) كما وتباينت نتائج كل من الموسمين، حيث تفوقت معنوياً قيم كفاءة استخدام المياه WUE وكفاءة

جدول (2): الهطول المطري وكميات الري المقدمة للنبات خلال الموسمين.

مستوى مياه الري	2009/2008				2010/2009			
	سقايات صافية (m ³ ha ⁻¹)	سقايات كلية (m ³ ha ⁻¹)	أمطار كلية (m ³ ha ⁻¹)	أمطار فعالة (m ³ ha ⁻¹)	سقايات صافية (m ³ ha ⁻¹)	سقايات كلية (m ³ ha ⁻¹)	أمطار كلية (m ³ ha ⁻¹)	أمطار فعالة (m ³ ha ⁻¹)
100%	1485	1982	5596	3086	1857	2506	5005	2839
70%	1040	1388			1300	1755		
40%	593	791			742	1001		

جدول (3): مقارنة متوسطات الموسمين (2009/2008) و (2010/2009).

الموسم	كفاءة استخدام المياه	كفاءة استخدام مياه الري	الغلة الحبيبة	عدد الحبات في السنبلية	عدد السنابل في المتر المربع
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	Kg ha ⁻¹	حبة سنبلية ¹	سنبلية م ²
2008-2009	1.1227	2.0603	5022	31.54	397.5
2009-2010	0.8965	1.358	4115	25.82	337.4
P<0.05	0.0093	0.0157	0.0114	0.0022	0.0022

جدول (4): الأطوار الحياتية حسب مقياس زادوكس خلال الموسمين وتأثرها بالظروف البيئية.

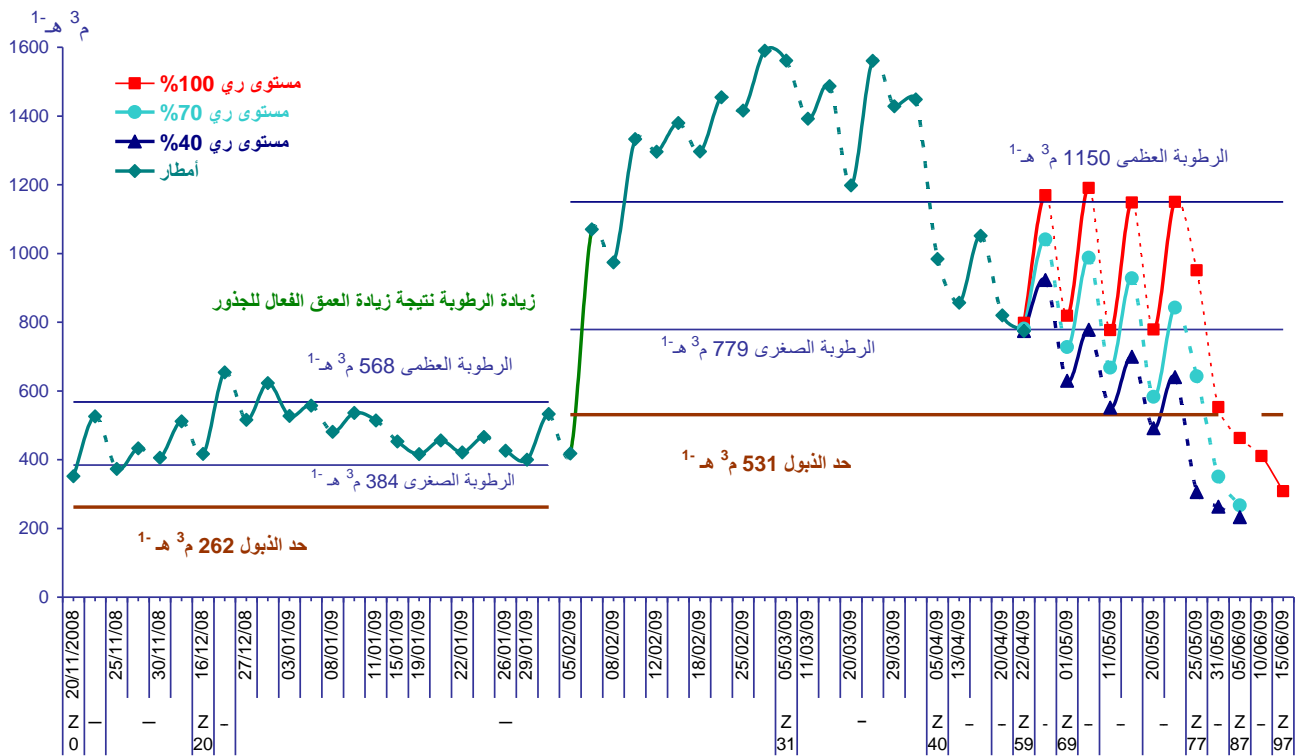
الطور الحياتي	موسم 2009 / 2008				موسم 2010 / 2009			
	التاريخ	عدد الأيام	متوسط درجة الحرارة	عدد ساعات السطوع في اليوم	التاريخ	عدد الأيام	متوسط درجة الحرارة	عدد ساعات السطوع في اليوم
			°C	Hour day ⁻¹			°C	Hour day ⁻¹
من الزراعة لبدء الإشتاء (Z 0-20)	20/11-16/12/2008	26	10.7	6.1	20/11-20/12/2009	30	9.2	6.0
من الإشتاء لبدء الإستطالة (Z20-31)	16/12/2008-5/3/2009	79	7.2	5.0	20/12/2009-15/2/2010	57	8.7	6.0
بدء استطالة- لبدء الحبلان (Z31-40)	05/03-5/4/2009	31	9.9	9.1	15/02-12/3/2010	25	12.4	6.1
الحبلان بالسنبلية-لاكتمالها (Z40-59)	05/04-22/4/2009	17	13.3	9.6	12/03-31/3/2010	19	11.4	8.9
اكتمال السنبلية- لاكمال الإزهار (Z59-69)	22/04-1/5/2009	9	14.0	10.8	31/03-8/4/2010	8	15.5	10.8
اكمال الإزهار- لاكمال اللبني (Z69-77)	01/05-25/5/2009	24	17.8	11.6	08/04-5/5/2010	27	15.7	11.3
اكمال اللبني - لاكمال العجيني (Z77-87)	25/05-5/6/2009	11	22.3	13.4	05/05-16/5/2010	11	22.7	11.6
اكمال العجيني - لاكمال النضج (Z87-97)	05/06-15/6/2009	10	23.7	12.9	16/05-29/5/2010	13	18.4	11.6

لذلك فزيادة كفاءة استخدام مياه الري مع الري الناقص وانخفاضها مع الري الكامل، يعني أن إنتاج الحبوب لكل متر مكعب مياه ري، تتخفف مع زيادة المياه المقدمة للنبات، وأن الزيادة النسبية في الغلة الحبيبة للقمح لم تكن متناسبة مع الزيادة في الاستخدام الاستهلاكي مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة استخدام مياه الري في ظروف الري بدون إجهاد. وهذا يتفق مع (Eiaz et al., 2007 and Sarma et al., 2007 and Parihar and Tiwari 2003)

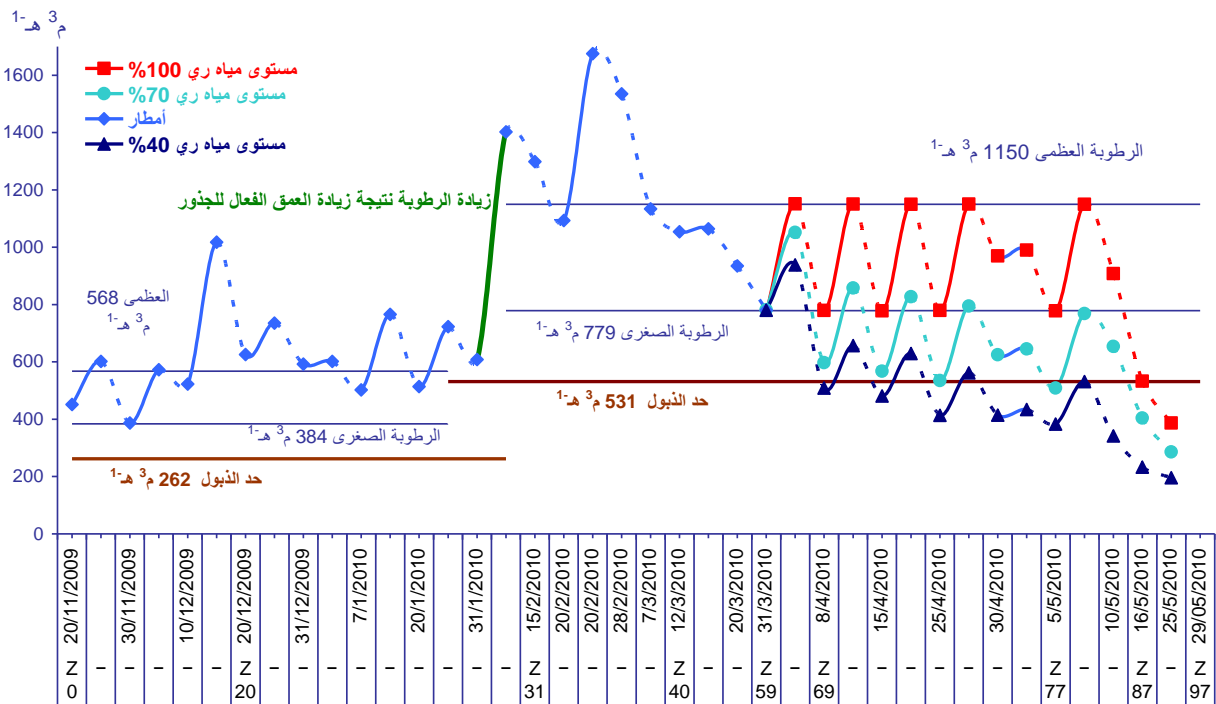
2.3. حسب مستويات السماد الأزوتي

أثر مستوى السماد الأزوتي معنوياً على قيم كل من كفاءة استخدام المياه WUE، وكفاءة استخدام مياه الري IWUE، حيث تزايدت قيم كفاءة استخدام المياه بشكل معنوي مع تزايد مستوى الأزوت فبلغت (1.297, 1.051 and 0.665 kg m⁻³) حسب مستويات السماد الأزوتي (225, 150 and 75 Kg Nha⁻¹) على التوالي وتزايدت أيضاً قيم كفاءة استخدام مياه الري بتزايد مستوى

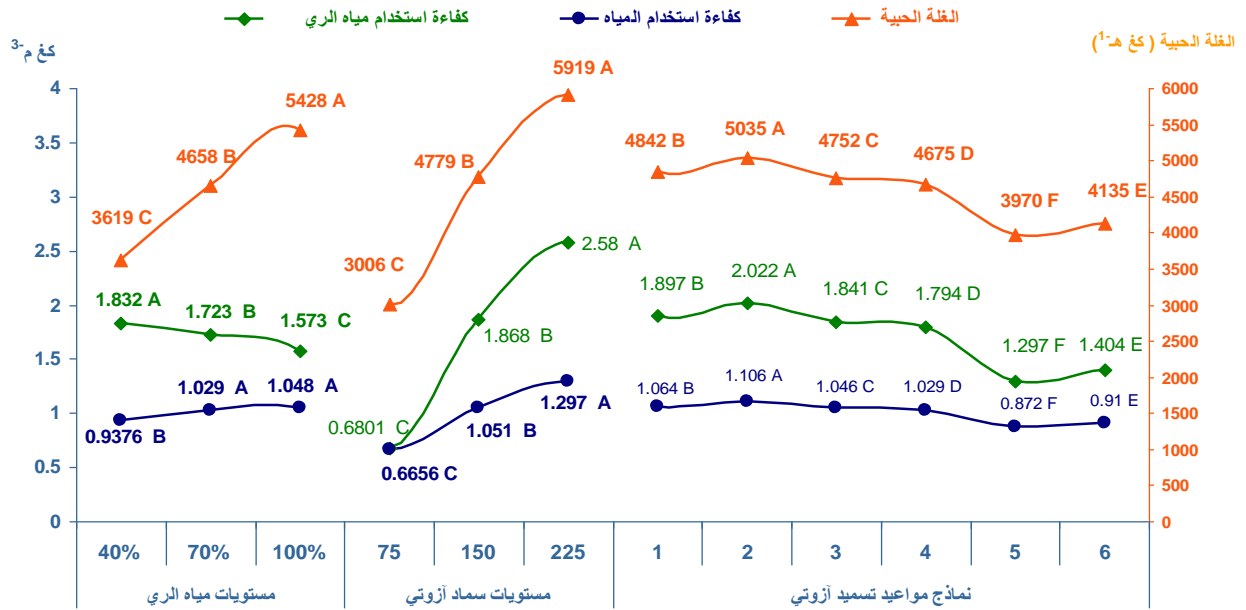
زيادة (0.1104 Kg m⁻³)، عن أقل قيمة معنوية والتي بلغت (0.9376 Kg m⁻³) عند مستوى مياه ري 40%، بينما لم يؤثر الإجهاد المعتدل (مستوى مياه ري 70%) على هذه الكفاءة. بينما تزايدت قيم كفاءة استخدام مياه الري بشكل معنوي مع تزايد الإجهاد المائي فبلغت (1.823, 1.723, 1.573 Kg m⁻³) حسب مستويات مياه الري (40%, 70%, 100%) على التوالي. شكل (3). وبلغت نسبة التوفير في مياه الري لمعاملة الإجهاد المائي عند مستوى ري 40% (8.72%, 3.18%) مقارنة بالمستويين 100% و 70% على التوالي، أما نسبة توفير مياه الري عند مستوى مياه الري 70% مقارنة بالري دون إجهاد مائي فبلغت 5.53% أي توفير (5.53 m³) مياه ري لكل (100Kg) حب جاف تماماً. أما مردود وحدة المساحة فتزداد مع زيادة مستوى مياه الري وتتناقص مع زيادة الإجهاد المائي وهذا يتفق مع (Madani et al., 2011 and Moragues et al., 2006)



شكل (1): منحنى الموازنة المائية – موسم (2009 / 2008) : Z0 الزراعة، Z20 بدء إشتاء، Z31 بدء استطالة الساق، Z40 بدء الحبلان بالسنبلة، Z59 اكتمال السنبلة، Z69 اكتمال الإزهار، Z77 اكتمال اللبني، Z87 اكتمال العجيني، Z97 تمام النضج.



شكل (2): منحنى الموازنة المائية – موسم (2010 / 2009) : Z0 الزراعة، Z20 بدء إشتاء، Z31 بدء استطالة الساق، Z40 بدء الحبلان بالسنبلة، Z59 اكتمال السنبلة، Z69 اكتمال الإزهار، Z77 اكتمال اللبني، Z87 اكتمال العجيني، Z97 تمام النضج.



	CV%	مستويات مياه الري			مستويات سماد آزوتي			نماذج مواعيد تسميد آزوتي		
		P>0.05	SE±	LSD5%	P>0.05	SE±	LSD5%	P>0.05	SE±	LSD5%
كفاءة استخدام المياه	2.72	0.0000	0.0065	0.02219	0.0000	0.0088	0.02512	0.0000	0.0038	0.01201
كفاءة استخدام مياه الري	5.14	0.0004	0.0264	0.0859	0.0000	0.0266	0.0774	0.0000	0.0120	0.0340
غلة حبيبة	2.76	0.0000	35.8	116.7	0.0000	41.2	120.4	0.0000	17.1	47.8

شكل (3): علاقة المياه بالمرودود حسب مستويات مياه الري ، مستويات السماد الأزوتي، نماذج مواعيد تسميد آزوتي متوسط الموسمين (2009 / 2008 ، 2010 / 2009)

(نموذج 2) بينما بلغت أقل قيمة معنوية للغلة الحبيبة (13970 Kg ha^{-1})، قابل ذلك أدنى قيمة معنوية لكفاءة استخدام المياه WUE بلغت (0.872 Kg m^{-3})، وأقل قيمة معنوية لكفاءة استخدام مياه الري IWUE بلغت (1.297 Kg m^{-3})، وذلك عند تسميد ثلثي السماد الأزوتي مع بدء استظالة الساق Z_{31} ، والثلث الأخير مع اكتمال السنبلية Z_{59} (نموذج 5). وعموماً فإن تشكيل مجموع خضري كبير ومبكر يزيد قدرة النبات على انتزاع الماء من التربة، نتيجة زيادة النتج من سطح النبات مع تقليل تبخرها من سطح التربة مما يحسن كفاءة استخدام المياه (Zhang et al., 1998 and Siddique et al., 1990) وبناء على ذلك فإن تسميد كامل الأسمدة الأزوتية من بدء حياة النبات وحتى بدء استظالة الساق كما هو في نموذجي مواعيد التسميد الأزوتي (1، 2) سجل أعلى قيم معنوية لكل من كفاءة استخدام المياه وكفاءة استخدام مياه الري والغلة الحبيبة، و يبين الجدول (5) الارتباط الموجب والقوي ما بين هذه الصفات ودليل المساحة الورقية الخضراء. بينما سجل النموذجين (3، 4) قيماً معنوية متوسطة، نتيجة تسميد ثلثي كمية السماد الأزوتي فقط في بداية حياة النبات وتأجيل الثلث الأخير لمراحل متأخرة. وسجل كل من النموذجين (5، 6) أقل قيم معنوية. وهذا وبلغت نسبة توفير مياه الري للنموذج 2 المتفوق على باقي نماذج مواعيد التسميد 3.26%، 4.9%، 6.3%، 27%، 21.8% وذلك مقارنة مع نماذج التسميد 1، 3، 4، 5، 6

الأزوت وبلغت ($2.58, 1.868$ and 0.680 Kg m^{-3}) حسب مستويات السماد الأزوتي (225، 150، 75 Kg N ha^{-1}) على التوالي. وهذا يتفق مع (Singh et al., 2012 a & b and Kibe and Singh 2003) ونتج عن استخدام المستوى الأعلى للسماد الأزوتي توفير 108.3 m^3 مياه ري لكل 100 Kg حب جاف تماماً، ونتج عن استخدام المستوى المعتدل للسماد الأزوتي، توفير 93.5% مياه ري، وذلك مقارنة مع أقل مستوى للسماد الأزوتي. بينما بلغت نسبة توفير مياه الري لأعلى مستوى تسميد آزوتي إلى 14.8% فقط، وذلك مقارنة مع المستوى المتوسط. وتزايدت قيم الغلة الحبيبة معنوية مع زيادة السماد الأزوتي، وهذا يتفق مع (Ercoli et al., 2008) وقابل الزيادة في إنتاجية وحدة المساحة الناتجة، زيادة في إنتاجية وحدة المياه وبلغت أعلى قيمة معنوية للغلة الحبيبة 5919 Kg ha^{-1} عند أعلى مستوى سماد. شكل (3).

3.3. حسب مواعيد التسميد الأزوتي

أثرت مواعيد التسميد الأزوتي معنوية على إنتاجية وحدة المساحة وإنتاجية وحدة المياه، شكل (3)، وبلغت أعلى قيمة معنوية للغلة الحبيبة 5035 Kg ha^{-1} ، قابل ذلك أعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام المياه WUE بلغت (1.106 Kg m^{-3}) مياه، وأعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام مياه الري IWUE بلغت 2.022 Kg m^{-3} مياه ري، وذلك عند تسميد ثلث السماد الأزوتي عند بدء الإشتاء Z_{20} ، وثلثيه مع بدء استظالة الساق Z_{31}

استخدام مياه الري. وعلى العكس من مستوى السماد المرتفع (225Kg ha^{-1}) ، فإن كمية السماد الأزوتي المنخفض (75 Kg N ha^{-1}) مع كل مستويات مياه الري ونماذج مواعيد التسميد الأزوتي شكل مساحة ورقية ضعيفة قللت من نسبة تظليل سطح التربة من الإشعاع الشمسي المباشر، مما زاد خسائر التبخر من سطح التربة وخفض من كمية النتج من سطح النبات وهذا بدوره خفض قيم كفاءة استخدام المياه، وكفاءة استخدام مياه الري، التي ترتبط بعلاقة موجبة وقوية مع دليل المساحة الورقية الخضراء، جدول (5)، وهذا يتفق مع (Condon *et al.*, 2004 and Richards *et al.*, 2002) وارتفعت نسب هدر المياه، والخسارة. بينما أخذت قيم إنتاجية المياه ومياه الري لتداخلات السماد المعتدل

21.8% وذلك مقارنة مع نماذج التسميد 1، 3، 4، 5، 6 على التوالي.

4.3 تأثير التفاعل: مستويات مياه ري × مستويات سماد أزوتي × مواعيد تسميد أزوتي

يلاحظ من الجدول (6) تأثير التفاعل الثلاثي معنوياً على كفاءة استخدام المياه WUE والغلة الحبية ، بشكل مختلف عن تأثيره على كفاءة استخدام مياه الري IWUE. حيث تزايدت قيم كفاءة استخدام مياه الري IWUE بشكل معنوي مع زيادة السماد الأزوتي ، وتناقص مياه الري وهذا يتفق مع (2009 DE Carvalho and Miguel) ومع تزويد السماد الأزوتي من بدء الزراعة وحتى بدء الإسطالة . على حين تزايدت قيم كفاءة استخدام المياه WUE معنوياً مع زيادة مياه الري عند أعلى مستوى للسماد الأزوتي

جدول (5) علاقة ارتباط الغلة الحبية، وكفاءة استخدام المياه ، وكفاءة استخدام مياه الري بدليل المساحة الورقية الخضراء عند معنوية $P < 0.05$

معامل الارتباط (R)	معادلة الانحدار (Y)
الغلة الحبية (Kg ha^{-1})	$Y=1270.4x+1539.9$
كفاءة استخدام المياه (Kgm^{-3})	$Y=0.2454x+0.4215$
كفاءة استخدام مياه الري (Kgm^{-3})	$Y=0.6592x+0.1379$

(150 Kg ha^{-1}) قيمة معنوية متوسطة ، ازدادت مع زيادة الإجهاد المائي من جهة ومع زيادة السماد الأزوتي من جهة أخرى، خاصة عند إضافته وفق النموذج 2.

4. الخلاصة والتوصيات

- ازدادت كفاءة استخدام مياه الري IWUE مع زيادة السماد الأزوتي بالدرجة الأولى، ثم مع مواعيد إضافته بالدرجة الثانية ، و مع تناقص كمية مياه الري بالدرجة الثالثة، حسب ظروف البحث.

- نتج من إضافة أقل مستوى للسماد الأزوتي (75Kg ha^{-1}) وعند كل نماذج مواعيد التسميد الأزوتي وكل مستويات مياه الري ، قيمة معنوية منخفضة لكفاءة استخدام مياه الري، ونسب ربح منخفضة إلى خاسرة، مع نسب هدر كبيرة للمياه.

- ونتج من تداخلات مستوى السماد الأزوتي المعتدل (150 Kg ha^{-1}) قيمة معنوية متوسطة لكفاءة استخدام مياه الري، تزايدت هذه القيم مع تناقص مستويات مياه الري التكميلي، بنسب هدر لمياه الري وأرباح معتدلة.

- نتج من إضافة أعلى مستوى للسماد الأزوتي (225KgNha^{-1}) على دفتين، ثلث الكمية عند بدء الإسطاء (Z_{20})، وثلثين عند بدء استطالة الساق (Z_{31}) كما هو في نموذج مواعيد التسميد الأزوتي (2)، عند أقل مستوى للري (40%)، أي بإضافة ($895\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$) مياه ري، أعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام مياه الري (3.188 Kg m^{-3}) ري و بنسبة أرباح (26%) تناقصت هذه القيمة إلى ($2.747, 3.005\text{ kgm}^{-3}$) ، بنسبة أرباح (53.2، 67.9%) ، ونسبة هدر مياه (1.9، 5%)، مع زيادة مياه الري إلى (70-100%) أي بإضافة ($2244, 1571\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$) على التوالي .

(225Kg N ha^{-1}) وذلك لكل نماذج مواعيد التسميد الأزوتي . بينما تقاربت كل قيمة من قيم التفاعل الثلاثي عند مستوى السماد المعتدل (150 Kg N ha^{-1}) لكل من مستويي مياه الري (70 and 100%) . وتقاربت أيضاً كل قيمة من قيم التفاعل الثلاثي لكفاءة استخدام المياه عند تفاعل مستوى السماد المنخفض (75 Kg ha^{-1}) ، مع مستويات مياه الري (40 , 70 and 100%) ومع كل نماذج مواعيد التسميد الأزوتي . وعلى العموم بلغت أعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام المياه (1.555 Kg m^{-3}) ، وذلك عند تفاعل أعلى مستوى مياه 100% مع أعلى مستوى سماد أزوتي (225 Kg N ha^{-1}) ونموذج 2 لمواعيد التسميد الأزوتي ($2 \times 225 \times 100\%$) ، بأعلى نسبة ربح إلى التكاليف بلغت (بدون أسعار التبن) 67.9%، قابل ذلك أعلى قيمة معنوية للغلة الحبية بلغت (8076 Kg ha^{-1}) وبكفاءة استخدام مياه ري IWUE جيدة بلغت (2.747 Kg m^{-3}) مياه ري ، مع نسبة هدر لمياه الري 5m^3 لكل 100Kg حب جاف تماماً وذلك مقارنة بأعلى قيمة معنوية لكفاءة استخدام مياه الري IWUE والتي بلغت (3.188 Kg m^{-3}) ، وذلك عند التفاعل $2 \times 225 \times 40\%$ ، بنسبة ربح إلى تكاليف 26.5% فقط ، وبنسبة توفير مياه ري تراوحت ما بين 1.4% مقارنة مع التفاعل $225 \times 40\% \times 1$ ، و 264.2% مقارنة بالتفاعل ($6 \times 75 \times 40\%$) . بينما بلغت أقل قيمة معنوية للغلة الحبية (2282 Kg ha^{-1}) قابلها أقل قيمة معنوية لكفاءة استخدام المياه WUE بلغت (0.59 Kg m^{-3}) ، وأقل قيمة معنوية أيضاً لكفاءة استخدام مياه الري IWUE والتي بلغت (0.3383 Kg m^{-3}) مياه ري ، عند التفاعل $6 \times 75 \times 40\%$ ، بأعلى نسبة خسارة نسبة للتكاليف بلغت (16.2%) ، وأعلى نسبة هدر للمياه بلغت 264.2% مقارنة بأعلى قيمة لكفاءة

جدول (6) تأثير التفاعل الثلاثي بين عوامل الدراسة (مستويات المياه X مستويات التسميد X مواعيد التسميد) على كفاءة استخدام المياه (WUE) ، كفاءة استخدام مياه الري (IWUE) ، الغلة الحبية ، دليل المساحة الورقية ، هدر المياه ، نسبة الربح إلى التكاليف (لمتوسط سنوات الدراسة).

ABC			كفاءة استخدام المياه (WUE)	كفاءة استخدام مياه الري (IWUE)	الغلة الحبية	دليل المساحة الورقية	هدر المياه	نسبة الربح إلى التكاليف
A	B	C	Kgm ⁻³		Kgha ⁻¹	m ² m ⁻²	%	%
100%	75	1	0.6883	0.7367	3554	1.506	104.4	5.0
		2	0.7183	0.8067	3722	1.626	92.6	9.3
		3	0.6683	0.69	3442	1.544	113.6	2.2
		4	0.6517	0.6467	3350	1.443	123.3	-0.1
		5	0.5933	0.515	3061	1.066	162.8	-7.4
		6	0.6133	0.5583	3169	1.313	147.7	-4.8
	150	1	1.172	1.862	6069	2.607	22.3	46.7
		2	1.192	1.912	6193	2.784	20.9	49.2
		3	1.15	1.807	5953	2.537	24.0	44.5
		4	1.138	1.785	5900	2.465	24.7	43.5
		5	0.9267	1.305	4794	1.933	45.3	21.6
		6	0.975	1.395	5047	2.191	40.3	26.7
	225	1	1.475	2.568	7652	4.843	7.6	61.1
		2	1.555	2.747	8076	4.976	5.0	67.9
		3	1.413	2.428	7332	4.193	9.8	55.9
		4	1.378	2.355	7162	4.132	11.1	53.2
		5	1.265	2.082	6558	3.459	16.7	43.1
		6	1.285	2.112	6663	3.881	16.0	44.8
70%	75	1	0.7217	0.8733	3266	1.331	83.1	5.1
		2	0.755	0.96	3409	1.443	72.8	9.1
		3	0.715	0.8417	3231	1.339	87.4	4.2
		4	0.7017	0.8033	3172	1.304	93.1	2.6
		5	0.6133	0.5467	2765	0.955	151.5	-8.7
		6	0.6483	0.6283	2933	1.164	127.8	-4.0
	150	1	1.142	2.037	5172	2.385	17.7	37.3
		2	1.177	2.145	5341	2.514	15.3	41.0
		3	1.122	1.975	5074	2.344	19.3	35.2
		4	1.105	1.937	5008	2.389	20.3	33.8
		5	0.91	1.392	4126	1.742	40.5	14.4
		6	0.9683	1.528	4385	1.984	34.1	20.2
	225	1	1.435	2.888	6493	4.327	3.3	49.6
		2	1.473	3.005	6691	4.283	1.9	53.2
		3	1.408	2.812	6387	3.743	4.2	47.7
		4	1.39	2.758	6292	3.698	4.9	46.0
		5	1.133	2.002	5131	3.128	18.6	24.2
		6	1.097	1.877	4968	3.52	21.9	20.8
40%	75	1	0.6617	0.68	2557	1.171	115.7	-7.5
		2	0.6967	0.815	2693	1.247	91.3	-3.1
		3	0.6717	0.695	2587	1.168	112.5	-6.5
		4	0.6567	0.65	2541	1.178	122.5	-8.0
		5	0.6167	0.4567	2379	0.8311	187.6	-13.0
		6	0.59	0.3383	2282	1.056	264.2	-16.2
	150	1	1.057	2.377	4073	2.062	10.7	21.0
		2	1.117	2.617	4310	2.123	6.8	26.8
		3	1.048	2.32	4044	2.057	11.7	20.3
		4	1.03	2.258	3978	2.077	12.9	18.7
		5	0.8333	1.438	3219	1.502	38.2	-0.5
		6	0.8617	1.53	3332	1.785	34.0	2.4
	225	1	1.228	3.052	4742	3.528	1.4	23.4
		2	1.267	3.188	4880	3.492	0.0	26.5
		3	1.222	3	4717	2.99	2.0	22.9
		4	1.212	2.952	4670	2.959	2.5	21.9
		5	0.9567	1.938	3701	2.503	20.2	0.5
		6	1.152	2.672	4435	2.811	6.1	16.8
%CV			2.72	5.14	2.76	10.41		
LSD%5			0.03603	0.1019	143.4	0.2411		

فيتمكن أن نوصي بأعلى مستوى للمياه (100%) ، أو المستوى المعتدل من المياه (70%) ، لكن في حال شح المياه نكتفي بهامش معقول من الربح مع غلة حبيبة متوسطة وفي هذه الحالة نوصي بمستوى مياه الري التكميلي (40%).

5. REFERENCES

- Acevedo E., Silver P., Silver H. and Solar B. (2000). Wheat production in Mediterranean environments. in: Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination, Satorre, E.h and Slafer G.A. (eds). Food Products press, An Impint of The Haworth press, Inc. New York., London, Oxford. pp, 296-331.
- Bessembinder J. J. E., Leffelaar P. A., Dhindwal A. S. and Ponsioen T. C. (2005). Which Crop and Which Drop, and the Scope for Improvement of Water Productivity. Agric. Water Manag., 73: 113-130.
- Cassel D.K. and Edwards E.C. (1985). Effects of subsoiling and irrigation on corn production. Soil Sci. Soc. Am. J, 49, 996-1001.
- Condon A.G., Richards R.A., Rebetzke G.J. and Farquhar G.D. (2004). Breeding for high water-use efficiency. J. Exp. Bot, 55, 2447-2460.
- DE Carvalho C. and Miguel P. (2009). Optimising root growth to improve and utilization of water and nitrogen in wheat and barley, PhD thesis, University of Nottingham.
- Deng XL, Shan and Shinobu I. (2002). High efficient use of limited supplement water by dryland spring wheat Trans. CSAE, 18, 84-91.
- Doorenbos J. and Pruitt W.O. (1977). Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 144p.
- Ejaz A.W, Ahmad R., Ali A. and Uliah S. (2007). Irrigation and nitrogen effects on grain development and yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot., 39(5): 1663 - 1972.
- Ercoli Laura, Leonarda Lulli, Marco Mariotti, Alessandro Masoni and Iduna Arduini (2008). Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. Europ. J. Agron. 28: 138-147.
- Heerman D. F. (1985) . Evapotranspiration in irrigation Management . Proc. of the National Conference on Advances in Evapotranspiration. ASAE Publication 14-85, Chicago, IL. pp. 323-334.
- Kibe A.M. and Singh. S. (2003). Influence of irrigation, nitrogen and zinc on productivity and water use by late sown wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agronomy, 48(3), 186-191.
- Kibe A. M., Singh S. and Kalra A N. (2006). Water nitrogen relationships for wheat growth and productivity in late sown conditions Agric. Water Manage, 84, 221-228.
- Li F.M., Song O.H., Liu H.S., Li F.R. and Liu X.L. (2001a). Effects of pre-sowing irrigation and phosphorus application on water use and yield of spring wheat under semi-arid conditions. Agric Water Manag., 49, 173-183.
- Li F.M., Yan X., Li F.R. and Guo A.H. (2001b). Effects of different water supply regimes on water use and yield performance of spring wheat in a simulated semiarid environment. Agric. Water Manag., 47, 25 - 35.
- Madani A.H., Makarem F. and Vazin Joudi M. (2011). The impact of post-anthesis nitrogen and water availability on yield formation of winter wheat. International Conference on Biology, Environment and Chemistry. Vol. 24 (2011).
- Miranzadeh H., Emam Y., Seyyed H. and Zare S. (2001). Productivity and radiation use efficiency of four dryland wheat cultivars under different levels of nitrogen and chlormequat chloride. J. Agr. Sci. Tech, 13, 339-351.
- Moragues M., Garcia del Moral L.F., Moralejo M., Royo C. (2006). Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin II. Biomass production and allocation. Field Crops Res. 95, 182-193.
- Oweis T. and Hachum A. (2006). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming

- systems in West Asia and North Africa..
Agricultural Water Management 80: 57–73.
- Parihar S.S. and Tiwari R.B. (2003). Effect of irrigation and nitrogen levels on yield, nutrient uptake and water use of late sown wheat (*Triticum aestivum*). Indian J. Agron, 48 (2), 103-107.
- Prihar S. S., Gajri P. R., Benbi D. K. and Arora V. K. (2000). Intensive cropping: efficient use of water, nutrients and tillage. The food products press, New York, USA ,p.3.
- Richards R.A., Rebetzke G.J., Condon A.G. and van Herwaarden A.F.(2002). Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Sci, 42, 111–121.
- Ryan J., Abdel Monem M. and Amri A. (2009). Nitrogen fertilizer response of some barley varieties in semi-arid conditions in morocco. J. Agr. Sci. Tech.,11: 227-236.
- Sander J., Zwart S. J., Wim G. M., Bastiaanssen W. and Sebal G.M.(2007). Detecting spatial variation of water productivity and scope for improvement in eight irrigated wheat systems. Agric. Water Manag., 89: 287–296.
- Sarma Abhijit, Singh Harbir and Nanwal R.K. (2007). Effect of integrated nutrient management on productivity of wheat (*Triticum aestivum*) under limited and adequate irrigation supplies. Indian J Agron. 52 (2), 120-123.
- Seckler D., Molden D., Amarasinghe U., de Fraiture C. (2000). Projected Water Scarcity in 2025. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Siddique K.H.M., Tennant D., Perry M.W. and Belford R.K. (1990). Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean environment. Austr. J. of Agric. Res. 41, 432- 447.
- Singh L., Singh C. M. and Singh G. R. (2012a). Response of bed planted wheat (*Triticum aestivum* L.) under the different moisture regime on water use and it's efficiency. J. Chem. Pharm. Res., 4(11), 4941-4945.
- Singh A., Aggarwal N., Aulakh G. S. and Hundal R. K. (2012b). Ways to Maximize the Water Use Efficiency in Field Crops – A review. Greener Journal of Agricultural Sci. ISSN:2276-7770 Vol.2(4), pp.108-129.
- Stephens W. and Hess T. (1999). Systems approaches to water management research. Agric. Water Manage, 40, 3-13.
- Sun H.Y., Liu C.M., Zhang X.Y., Shen Y.J. and Zhang Y.Q. (2006). Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. Agric. Water Management, 85, 211-218.
- Upchurch D.R., Mahan J.R., Wanjura D.F. and Burke J.J (2004). Concepts in deficit irrigation: defining a basis for effective management [abstract]. Environmental and Water Resources Institute World Congress Proceedings. Paper No. 9028.
- Zadoks J.C., Chang T.T. and Konzak C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res., 14: 415-421.
- Zhang H. and Oweis T. (1999). Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agric. Water Manag. 38: 195–211.
- Zhang H., Oweis T., Garabet S. and Pala M. (1998). Water use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rainfed and irrigation conditions in Mediterranean environment. Plant and Soil., 201, 295-305.
- Zhang Y., Kendy E., Yu Q., Liu C., Shen Y. and Sun H. (2004). Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. Agric. Water Manage. 64, 107–122.