مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 4 (2023): 223-232

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vol. 39 No.4 (2023): 223-232

تأثير الري الناقص في إنتاج نبات الذرة البيضاء (*Sorghum bicolor* L.)

عبد الرحمن أحمد شاوردي[1]، د. رياض عبدالقادر بلديه[2]، د. هيثم محمود عيد[3]

[1] طالب دكتوراه في قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.
abd.shawerdi@damascusuniversity.edu.sy

[2] أستاذ بقسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، ص.ب 35076، جامعة دمشق، سورية.

[3] باحث في مركز بحوث طرطوس، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.

الملخص:

أجري هذا البحث في محطة بحوث زاهد الغربية في طرطوس خلال الموسم الزراعي 2019، بهدف دراسة تأثير الري الناقص في إنتاج نبات الذرة البيضاء باستخدام ثلاث معاملات مائية هي: ري كامل، 75% من الري الكامل، و60% من الري الكامل، صممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة، واتبعت طريقة الري بالتنقيط.

تمت عملية السقاية عند وصول رطوبة التربة إلى 80% من السعة الحقلية وحتى الوصول إلى 100% من السعة الحقلية في معاملة الري الكامل، وتم تقديم 75% و60% من مياه الري المقدمة في معاملة الري الكامل لمعاملتي الري الناقص 75% و60% على التوالي.

تم الحصول على أعلى إنتاجية في معاملتي الري الكامل والمعاملة 75% بمتوسط قدره 1.367 طن/هـ و1.300 طن/هـ، على التوالي، بفروق غير معنوية، بينما حققت المعاملة 60% زيادة في كفاءة استخدام المياه بنسبة 44.86% مقارنة بالري الكامل.

الكلمات المفتاحية: الذرة البيضاء، الري الناقص، كفاءة استخدام المياه، الإنتاجية.

تاريخ الايداع: 2022/6/15
تاريخ القبول: 2023/2/28

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

The Effect of Deficit Irrigation on Product of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)

Abd alrahman Ahmad Shawerdi [1], Dr. Riyadh Abd elkader Baladia [2], Dr. Haitham Mahmoud Eid[3]

[1] PhD candidate, Dept. of Rural engineering, Fac. Agri, Damascus University, Syria abd.shawerdi@damascusuniversity.edu.sy

[2]Professor, Dept. of Rural engineering. Fac. Agri. P.O. Box 35067.Damascus University, Syria.

[3]Researcher in Tartous center, the General Commission of Scientific Agricultural Research, Syria.

Received:15/6/2022
Accepted: 28/2/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

This research was conducted in Western Zahed station in Tartous during the agricultural season (2019), to study the impact of deficit irrigation in Sorghum plant productivity by using three water treatments: full irrigation, 75% of full irrigation, and 60% of full irrigation, the experiment was designed by full random sectors method, drip irrigation method was used.

Watering process happened when soil moisture reached to 80% of field capacity, and continued until 100% of field capacity in the full irrigation treatment, 75% of full irrigation, and 60% of full irrigation treatments were provided in 75% and 60% of water that the full irrigation treatment was provided in, respectively.

The highest productivity was achieved in the full irrigation and 75% treatments with average 1.367 tons/h, and 1.300 tons/h, respectively, with no significant differences, while the treatment 60% achieved an increase in the water use efficiency by 44.86%, compared to the full irrigation treatment.

Keywords: Sorghum, Deficit Irrigation, Water Use Efficiency, Productivity.

1. المقدمة Introduction:

يعد الماء من أهم مقومات الحياة واستمرارها على سطح الأرض، كما يلعب دوراً هاماً في تكوين الترب، ولهذا فقد اكتسب الماء أهمية كبيرة.

لقد قامت جميع الحضارات القديمة وازدهرت حيث توفر الماء، لقد ساد الاعتقاد بأن الموارد المائية غير قابلة للاستنزاف إلا أن الأزمات المائية غيرت هذا الاعتقاد. (بلديه، 2014، 15)

يستأثر القطاع الزراعي في سورية بأكثر من 80% من الموارد المائية، من مياه الينابيع والآبار ومشاريع الري التي تعتمد على المياه السطحية ومياه الأنهار مستخدمة طرائق الري التقليدية. (النحاس، 2011، 23)

إن تزايد الطلب على المياه وخاصة للأغراض الزراعية أدى إلى تفاقم الأوضاع فيما يخص استنزاف الموارد المائية، حيث أدت زيادة المساحات المروية إلى زيادة الطلب على الموارد المائية على اختلاف مصادرها. (منلا حسن، 2007، 3)

لذلك كان لابدّ من إيجاد طرائق لزيادة كفاءة استخدام المياه المتاحة مثل إدخال تقانات الري الحديث والري الناقص وجدولة الري التي يمكن بوساطتها توفير وترشيد استخدام مياه الري والحصول على إنتاج جيد (جمال وآخرون، 2005، 1).

تعد استراتيجيات الري الناقص طريقة مناسبة لزيادة التوفير في مياه الري من خلال تعريض المحاصيل إلى الإجهاد المائي الخفيف والسماح بحدوث انخفاضات هامشية فقط في غلة المحصول والجودة. (Miguel *et al*., 2007, 1421)

إن تحسين كفاءة منظومات الري الإجمالية ورفع كفاءة استخدام المياه، مترافقة مع التوعية والإرشاد المائي، سيؤدي إلى توفير كميات المياه المستخدمة في الزراعة وفقاً للبرامج المطبقة للتحول إلى تقنيات الري الحديث وترشيد استخدام المياه بحيث يساعد ذلك في إعادة التوازن بين المتاح المتجدد من الموارد المائية والطلب عليها (منلا حسن، 2007، 4)

يتمثل الإجهاد المائي بزيادة رطوبة التربة أو نقصانها حيث يؤثر كل من الزيادة والنقص في الرطوبة في الإنتاج فالإجهاد المائي يعبر عن العلاقة ما بين محتوى التربة من الماء وقوى الشد الرطوبي من قبل حبيبات التربة. (بلديه و الشاطر، 2016، 31)

أدى تعريض القمح إلى الإجهاد المائي إلى ازدياد معدل نقل نواتج التركيب الضوئي المخزونة في الساق إلى الحبوب، كما سبب الإجهاد المائي ازدياداً معنوياً في معدل تراكم البروتين. (علي وآخرون، 2008، 219)

أوضحت التجارب أن استخدام الري الناقص بنسبة 50% على محصول الكينوا من أجل مضاعفة المساحة المروية كان مربحاً أكثر من إعطاء كامل المقننات المائية لري نصف المساحة السابقة، حيث كان معامل استجابة المحصول للري الناقص (0.67). (Garcia *et al*., 2003, 119)

إن تطبيق الري الناقص على الذرة الصفراء أظهر عدم وجود فروق معنوية بين الري الكامل والري الناقص بنسبة 70% من الري الكامل. (صالح و فالح، 2012، 62)

عند تطبيق الري الناقص على الذرة الصفراء لوحظ عدم وجود فروق معنوية بين معاملة الري الكامل والري الناقص (حذف ريتين عند مرحلة النمو الخضري) في حاصل إنتاج الحبوب. (عبد فهد وآخرون، 2001، 1)

لدى المقارنة بين الذرة الصفراء والذرة البيضاء في ظروف الري الناقص، بينت النتائج أن الذرة البيضاء كان لديها قدرة أكبر على انتزاع الماء من طبقات التربة الأعمق، وبالتالي يمكن اعتبارها كبديل للذرة الصفراء في ظروف نقص المياه. (Farre and Faci, 2006, 135). ويهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الإجهاد المائي في إنتاجية الذرة البيضاء، وتحديد كفاءة استخدام المياه لنبات الذرة البيضاء في ظروف الإجهاد المائي.

2. مواد البحث وطرائقه Materials and methods:

مكان وزمان تنفيذ البحث: نفذت التجربة في محطة بحوث زاهد الغربية في محافظة طرطوس عام 2019، وتقع المحطة على بعد 20 كم عن مدينة طرطوس، متوسط الهطول السنوي (850) مم، والتربة طينية متشققة فيرتسويل، ويبين الجدول رقم (1) بعض المعطيات المناخية في منطقة التجربة خلال أشهر الدراسة، كما يبين الجدول رقم (2) بعض الخواص الفيزيائية للتربة في منطقة التجربة.

الجدول (1): المعطيات المناخية لمنطقة التجربة خلال أشهر التجربة[1]

الشهر	أمطار(مم)	ادنى حرارة (م°)	اعلى حرارة (م°)	الرطوبة الدنيا (%)	الرطوبة العليا (%)	السطوع الشمسي (سا)
حزيران	31	21.7	29.5	51	87.9	11.5
تموز	0	24.6	31.7	55.4	84.4	12
آب	0	25.5	31.5	57.2	81.1	11.4
ايلول	45	21.6	30.5	47.2	86.8	9.7
تشرين 1	56	19	29.3	33.5	79.8	7.1

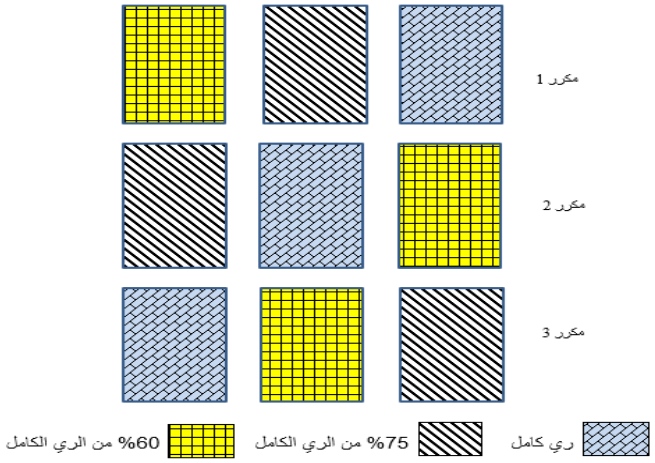
الجدول(2): بعض الخواص الفيزيائية لتربة التجربة

العمق (سم)	الكثافة (غ / سم^3)		المسامية الكلية (%)	السعة الحقلية (%)		التركيب الميكانيكي (%)		
	الظاهرية	الحقيقية		وزنا	حجما	رمل	سلت	طين
25 - 0	1.24	2.58	52	35.42	43.93	20	28	52
50-25	1.3	2.68	51	33.99	42.18	24	30	46

المادة النباتية: المادة النباتية المستخدمة في الدراسة هي نبات الذرة البيضاء (*Sorghum bicolor* L.)، تمت الزراعة بتاريخ25 حزيران وكان الحصاد بتاريخ 3 تشرين الأول.

التصميم الإحصائي: صممت التجربة على أساس القطاعات العشوائية الكاملة، تتألف التجربة من ثلاث معاملات مائية وهي 100% و75% و60% من كمية الري الكامل، كررت القطع التجريبية في ثلاث مكررات بشكل عشوائي، ليصبح عدد القطع التجريبية الكلية 9 قطع تجريبية بطول 10 متر وبعرض 2.8 م للقطعة، وكل قطعة تجريبية مؤلفة من أربعة خطوط زراعة المسافة بينها 70 سم، والمسافة بين النباتات على الخط الواحد 20 سم، كما هو موضح في الشكل رقم (1). تم اتباع طريقة الري بالتنقيط باستخدام أنابيب تنقيط GR، بحيث وُضع خط ري لكل خط زراعة بتباعد 40 سم بين النقاطات، تصريف النقاطة 4 ل/سا، زُرعت البذار على خطوط وتم إضافة الأسمدة حيث تم اكمال المتطلبات السمادية للنبات بناءً على تحليل التربة.

[1] المحطة المناخية في محطة بحوث زاهد الغربية



الشكل (1): يبين مخطط التجربة

نُفذت عملية الري عند وصول التربة في معاملة الري الكامل إلى ما يقارب 80% من السعة الحقلية، واتبعت في تحديد الرطوبة الطريقة الوزنية.

تم تحديد الرطوبة عند السعة الحقلية وهي الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بعد صرف ماء الجاذبية الأرضي الأمر الذي يتحقق بعد يوم أو يومين أو ثلاثة من الري السطحي أو سقوط الأمطار الغزيرة على التربة (بلديه، 2014، 110).

تم حساب مقنن السقاية: وهو كمية المياه الواجب إضافتها في الرية الواحدة إلى العمق الفعال للجذور.

مقنن السقاية ($م^3/هـ$) = 100 * الكثافة الظاهرية * عمق الجذور * (السعة الحقلية % – 80% من السعة الحقلية) *نسبة التغطية. (بلديه والشاطر، 2014، 83).

وكان عمق الجذور يساوي 30 سم من بداية الموسم وحتى مرحلة الإزهار ثم الانتقال إلى العمق 60 سم حتى نهاية الموسم.

تم احتساب نسبة التغطية 50% حتى مرحلة الإزهار و75% حتى نهاية الموسم.

مقنن السقاية الكلي = مقنن السقاية الصافي / كفاءة شبكة الري

حددت كفاءة شبكة الري عن طريق قياس التجانس التام للشبكة وكانت بحدود 90%.

تم حساب المعامل (Ky): وهو معامل استجابة المحصول للري الناقص والذي يشير إلى الانخفاض النسبي لمردود المحصول نتيجة النقص النسبي في الاستهلاك المائي للمعاملة المطبق عليها الري الناقص بالنسبة إلى معاملة الري الكامل، والذي يعطى بالمعادلة التالية:

$$K_y = \frac{1 - \frac{y_a}{y_{max}}}{1 - \frac{ET_a}{ET_{max}}}$$

حيث:

Y_a: الإنتاج الفعلي للمحصول في حالة الري الناقص (كغ/هـ).

Y_{max}: الإنتاج الأعظمي (الفعلي) للري الكامل في حال عدم وجود إجهادات مائية (كغ/هـ).

ET_a: الاستهلاك المائي (المعدل) نتيجة الإجهاد المائي (الري الناقص).

ET_{max}: الاستهلاك المائي الأعظمي للري الكامل في حال عدم وجود إجهاد مائي.

إذا كانت قيمة هذا المعامل أعلى من الواحد الصحيح فإنها تدل على أن الانخفاض النسبي في الإنتاجية يكون أعلى من الانخفاض النسبي الناتج من الاستهلاك المائي للمحصول، وإذا قلت قيمة هذا المعامل عن الواحد الصحيح فإنه يدل على استجابة المحصول للري الناقص. (Stewart *et al*., 1977)

3. النتائج والمناقشة Results and discussion:

أولاً: الاستهلاك المائي للنباتات في ظروف الإجهاد المائي:

يبين الجدول رقم (3) كل من كميات مياه الري الصافية والفعلية المقدمة للنبات والاستهلاك المائي الصافي والكلي في المعاملات الثلاث، بلغ عدد الريات المقدمة للنبات 16 رية، وكانت كمية المياه المقدمة في الرية الواحدة 151.3 م^3/هـ في المراحل الأولى و453.8 م^3/هـ في المراحل المتقدمة من نمو النبات، كما كان الاستهلاك المائي الكلي 5492 م^3/هـ وذلك في معاملة الري الكامل، بينما في المعاملة 75% كانت المياه المقدمة في الرية الواحدة 113.5 م^3/هـ في المراحل الأولى و 340.33 م^3/هـ في المراحل المتقدمة، وبلغ الاستهلاك المائي الكلي 4231.5 م^3/هـ، وفي المعاملة 60% كانت كمية المياه المقدمة في الرية الواحدة 90.75 م^3/هـ في المراحل الأولى و 272.3 م^3/هـ في المراحل المتقدمة، وكان الاستهلاك المائي الكلي 3475.2 م^3/هـ.

أي أن الاستهلاك المائي الكلي للمعاملة 75% انخفض بمقدار 1260.5 م^3/هـ مقارنة بالمعاملة الري الكامل، وكذلك انخفض الاستهلاك المائي الكلي للمعاملة 60% بمقدار 2016.8 م^3/هـ مقارنة بالمعاملة الري الكامل، وهذه الكميات تدل على الأثر الكبير للري الناقص في توفير مياه الري.

الجدول (3): كميات الماء المضافة لمعاملات التجربة

المعاملات المائية	السقايات الفعلية م^3/هـ	الهطول المطري م^3/هـ	الاستهلاك المائي الكلي م^3/هـ	مقنن السقاية حتى الإزهار م^3/هـ	مقنن السقاية حتى نهاية الموسم م^3/هـ
الري الكامل	5042	450	5492	151.3	453.8
75% من الري الكامل	3781.5	450	4231.5	113.5	340.33
60% من الري الكامل	3025.2	450	3475.2	90.75	272.3

ثانياً: الإنتاجية:

يبين الجدول (4) إنتاجية نبات الذرة البيضاء لكل من المعاملات الثلاث مقدرة بالطن/هـ، كما يبين الجدول (5) أقل فرق معنوي (L.S.D) والفروق بين متوسطات المعاملات، ونلاحظ انخفاض الإنتاج في المعاملة 75% بمقدار 67 كغ/هـ، مقارنة بالري الكامل وكانت هذه الفروق غير معنوية على مستوى 5%، وانخفاض الإنتاج في المعاملة 60% بمقدار 178 كغ/هـ، مقارنة بالري الكامل، وكانت هذه الفروق معنوية على مستوى 5%، بينما انخفض الإنتاج في المعاملة 60% بمقدار 111 كغ/هـ مقارنة بالمعاملة 75% وكانت الفروق معنوية على مستوى 5%.

الجدول (4): إنتاجية النبات لكل من المعاملات الثلاث

المعاملات المائية	الإنتاج طن/هـ
الري الكامل	1.367
75% من الري الكامل	1.300
60% من الري الكامل	1.189

الجدول (5): أقل فرق معنوي للإنتاجية والفروق بين متوسطات المعاملات

المعاملات	الفروق بين المتوسطات	%5 L.S.D 82.3026
الري الكامل – 75% من الري الكامل	67	غير معنوي
الري الكامل – 60% من الري الكامل	178	معنوي
75% من الري الكامل – 60% من الري الكامل	111	معنوي

ثالثاً: كفاءة استخدام المياه:

يبين الجدول رقم (6) كفاءة استخدام المياه للمعاملات الثلاث ويبين الجدول رقم (7) أقل فرق معنوي (L.S.D) والفروق بين متوسطات المعاملات، حيث نلاحظ أن كفاءة استخدام المياه ازدادت في معاملة الري الناقص 75% بنسبة 23.3% مقارنة بالري الكامل، بفروق معنوية على مستوى 5%، وبنسبة 37.35% في معاملة الري الناقص 60% مقارنة بالري الكامل، وكانت هذه الزيادة معنوية على مستوى 5%، كما ازدادت بنسبة 11.4% في معاملة الري الناقص 60% مقارنة بالري الناقص 75%، وأيضاً بفروق معنوية على مستوى 5%.

الجدول(6): كفاءة استخدام المياه

المعاملات المائية	كفاءة استخدام المياه كغ/م^3
الري الكامل	0.249
الري الناقص 75%	0.307
الري الناقص 60%	0.342

الجدول (7): أقل فرق معنوي لكفاءة استخدام المياه والفروق بين متوسطات المعاملات

المعاملات	الفروق بين المتوسطات	%5 L.S.D 0.0341
الري الكامل – 75% من الري الكامل	0.058	معنوي
الري الكامل – 60% من الري الكامل	0.093	معنوي
75% من الري الكامل – 60% من الري الكامل	0.035	معنوي

رابعاً: معامل استجابة المحصول للري الناقص (Ky):

نلاحظ من الجدول رقم (8) أن معامل استجابة المحصول أقل من الواحد في كلتا معاملتي الري الناقص 75% و 60% مما يدل على تحمل محصول الذرة البيضاء للري الناقص في كلتا النسبتين.

الجدول رقم (8): معامل استجابة المحصول للري الناقص

المعاملات المائية	الاستهلاك المائي الكلي ($م^3$/هـ)	الإنتاجية (طن/هـ)	K_y
الري الكامل	5492	1.367	-
الري الناقص 75%	4231.5	1.300	0.213
الري الناقص 60%	3475.2	1.189	0.354

4. الاستنتاجات Conclusions:

1. وفرت معاملتا الري الناقص 75% و60% في الاستهلاك المائي بمقدار 1260.5 $م^3$/هـ، وبمقدار 2016.8 $م^3$/هـ، على التوالي، مقارنة بالري الكامل.
2. تفوقت المعاملة 75% على معاملة الري الكامل من حيث التوفير في مياه الري بينما انخفض الإنتاج فيها مقارنة بالري الكامل بنسبة 4.9% وبفروق غير معنوية.
3. ازدادت كفاءة استخدام المياه في معاملتي الري الناقص 75% و 60% بنسب 23.3% و 37.35%، على التوالي، مقارنة بالري الكامل، كما ازدادت كفاءة استخدام المياه في المعاملة 60% بنسبة 11.4% مقارنة بالمعاملة 75%، وكانت الفروق معنوية بين جميع المعاملات، بالتالي تعتبر المعاملة 60% الأفضل من حيث كفاءة استخدام المياه.
4. تحمل محصول الذرة البيضاء الري الناقص في المعاملتين 75% و 60% حيث كان معامل استجابة المحصول للري الناقص (Ky) أقل من الواحد وكانت المعاملة 75% الأفضل لأن المعامل (Ky) كان فيها أصغر منه في المعاملة 60%.
5. إمكانية ري الذرة البيضاء بنسبة 60% من الري الكامل في ظروف شح المياه حيث حققت هذه المعاملة زيادة في كفاءة استخدام المياه بنسبة 37.35% وبنسبة 11.4% مقارنة بمعاملة الري الكامل والمعاملة 75%، على التوالي.

5. التوصيات والمقترحات Recommendations:

نوصي بإجراء أبحاث الري الناقص على مزيد من المحاصيل لأهميتها الكبيرة في مجال التوفير في مياه الري.

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع References:

1. النحاس، عدنان. (2011). الري الحديث في القطر العربي السوري. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، مج: 27. عدد: 2. ص –ص: 23–42. دمشق: سورية. جامعة دمشق.
2. بلديه، رياض عبد القادر، اسميطة، أحمد فايز، والخليلي، جمال. (2016). الري والصرف. دمشق: سورية. جامعة دمشق. ص: 520.
3. بلديه، رياض عبد القادر، والشاطر، محمد سعيد، (2014). أنظمة الري والتسميد. دمشق: سورية. جامعة دمشق. ص: 377.
4. بلديه، رياض عبد القادر. (2014). فيزياء وميكانيك التربة. دمشق: سورية. جامعة دمشق. ص: 404.
5. جمال، مجد، والشايب، رياض، وقيسي، علي. (2005). الخطة الوطنية للتحول للري الحديث في الجمهورية العربية السورية. دمشق: سورية. وزارة الزراعة.
6. صالح، عبد الامير ثجيل، وفالح، عدنان شبار. (2012). إدارة ري محصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) لزيادة كفاءة استخدام المياه في وسط العراق. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، مج: 4. عدد: 1. ص –ص: 62–75. ديالى: العراق. جامعة ديالى.
7. عبد فهد، علي، شهاب، رمزي محمد، علي، عبد الحسين وناس، ومحمد، علي عباس. (2001). إدارة ري محصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) لزيادة كفاءة استخدام المياه في وسط العراق. مركز التربة والموارد المائية – دائرة البحوث الزراعية وتكنولوجيا الغذاء – وزارة العلوم والتكنولوجيا. ص: 32. بغداد: العراق. وزارة العلوم والتكنولوجيا.
8. علي، أحمد عمر، الشحاذة العودة، أيمن، وصبوح، محمود. (2008). تأثير الإجهاد المائي في بعض صفات القمح الكمية ومحتوى البروتين من الحبوب. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، مج: 24. عدد: 1. ص –ص: 219–236. دمشق: سورية. جامعة دمشق.
9. منلا حسن، عبير. (2007). كفاءة استخدام الموارد المائية في الزراعة السورية. المركز الوطني للسياسات الزراعية– وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. ورقة عمل رقم 26. دمشق: سورية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. ص: 14.
10. Garcia, M., Raesb, D., Jacobsen, S.E., (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (Chenopodium quinoa) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management*, 60, 119–134.
11. Farre, I., and J. M. Faci. (2006). Comparative response of maize (Zea mays L.) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. Vol 83, Issues 1–2, P: 135–143.
12. Miguel Costa, J., Maria F. Ortuno, and M. Manuela Chaves. (2007). Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*, Vol 49, Issue 10, p: 1421–1434.
13. Stewart, J.I, Cuenca, R.H, Pruirtt ,W.O, Hagan, R.M, Tosso, J. (1977). Determination and utilization of water production functions for principal California crops. W-67 California Contributing Project report. Davis, USA, University of California.