تقييم التباين في كفاءة استعمال المياه لبعض طرز أكساد من القمح القاسي والطري

Evaluation the Variation of Water Use Efficiency Among Some ACSAD Genotypes of Bread and Durum Wheat

د. حسين المحاسنة [1-2] د. جمال صالح [1-2] د. حسام فرج [1-3]

Dr. Hussain Almahasneh [1-2] Dr. Jamal Saleh [1-2] Dr. Hossam Faraj [1-3]

(1) المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد).

(1) The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands,(ACSAD), Damascus, Syria.

(2) قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة،جامعة دمشق، سورية.

(2) Dep. of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

(3) قسم الاصول الوراثية النباتية، مركز بحوث الصحراء، المطرية، القاهرة، مصر.

(3) Plant Genetic Resources Dept., Desert Research Center, El-Matarya, Cairo, Egypt.

hussain_1974h@hotmail.com

الملخص

نُفذت تجربة أصص زراعية وتجربة حقلية في محطة بحوث ازرع التابعة لمنظمة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) خلال الموسم الزراعي 2017/2016، بهدف تقييم التباين في صفة كفاءة استعمال المياه وبعض الصفات الفيسيولوجية لطرز وراثية من القمح على مستوى النبات الواحد وعلى المستوى الحقلي، وهذه الطرز هي: 5 طرز من القمح الطري (أكساد885، أكساد899، أكساد969، أكساد901، أكساد1133)، و5 طرز من القمح القاسي (أكساد1107، أكساد1105، أكساد1187، أكساد1229، أكساد65).

أشارت نتائج التحليل الإحصائي في تجربة الأصص الزراعية إلى وجود فروقات معنوية بين طرز القمح المدروسة في معظم المؤشرات المدروسة، إذ كان متوسط المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي الأعلى معنوياً لدى الطراز أكساد1229 (6.86 سم^2. يوم$^{-1}$) تلاه ودون فروق معنوية الطراز أكساد969 (6.23 سم^2. يوم$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز أكساد1187 (3.96 سم^2. يوم$^{-1}$). وكان متوسط كمية المادة الجافة الكلية الأعلى معنوياً لدى الطراز أكساد1229 (4.84 غ. نبات$^{-1}$)، تلاه دون فروقات معنوية الطرز أكساد969، وأكساد 1107 (4.58، 4.31 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان متوسط كمية المادة الجافة الكلية المصنّعة الأدنى معنوياً لدى الطراز أكساد65 (2.84 غ. نبات$^{-1}$). وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى الطراز أكساد1229 (1.39غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء) تلاه دون فروقات معنوية الطراز أكساد 969 ، أكساد1105، أكساد885 (1.27، 1.24، 1.10 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز أكساد1107 (0.95 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي). وفي التجربة الحقلية كان متوسط الغلة الحبية والحيوية الأعلى معنوياً لدى نباتات الطراز أكساد1229 (5300 كغ. هكتار$^{-1}$، 13200 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، تلاه وبفروق معنوية الطراز أكساد969 (4900 كغ.هكتار$^{-1}$، 12800 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، بينما سجل الطراز أكساد65 أدنى غلة حبية (3430 كغ.هكتار$^{-1}$)، وسجل الطراز أكساد1187 أدنى غلة حيوية (8300 كغ.هكتار$^{-1}$). وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى نباتات الطراز أكساد1229 (1.603 كغ حبوب. م$^{-3}$)، تلاه دون فروقات معنوية الطراز أكساد969 (1.474 كغ حبوب. م$^{-3}$) والطراز أكساد1107 (1.444 كغ حبوب. م$^{-3}$)، بينما سجل أكساد1187 أدنى متوسط كفاءة استعمال مياه (0.992 كغ حبوب. م$^{-3}$).

تبين من الدراسة أنّ طرز القمح التي تفوقت معنوياً في مؤشرات النمو وتراكم المادة الجافة وكفاءة استعمال المياه في تجربة الأصص الزراعية (أكساد1229، أكساد969، أكساد1107)، هي نفسها التي تفوقت حقلياً في الغلة الحبية وكفاءة استعمال المياه.

الكلمات المفتاحية: التباين، القمح الطري، القمح القاسي، كفاءة استعمال المياه، الغلة الحبية.

©2019 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

ISSN:2305 - 5243 ; AIF-177 (p.19- 28)

Abstract

Agricultural pot and field experiment was carried out at Izraa Research Station (ACSAD) during the growing season 2016/2017, to evaluate the variation of water use efficiency and some physiological traits of some wheat genotypes at plant and field level, these genotypes are: Five genotypes of bread wheat (Acsad885, Acsad899, Acsad969, Acsad901, Acsad1133), and five genotypes of durum wheat (Acsad1107, Acsad1105, Acsad1187, Acsad1229, Acsad65).

Statistical analysis results of pot culture experiment indicated significant differences among studied genotypes in most investigated traits, the mean value of leaf area duration was the highest in the genotype Acsad1229 (6.86 $cm^2.day^{-1}$) followed by the genotype Acsad969 (6.23 $cm^2.day^{-1}$). Whereas, the lowest leaf area duration was recorded in the genotype Acsad1187 (3.96 cm^2. Day^{-1}). The mean value of total dry matter was the highest in the genotype Acsad1229 (4.84 $g.plant^{-1}$) followed by the genotype Acsad969 and Acsad1107 (4.58 and 4.31 $g.plant^{-1}$ respectively). Whereas the lowest dry matter accumulation was recorded in the genotype Acsad65 (2.84 $g.plant^{-1}$). The highest mean value of water use efficiency was recorded in the genotype Acsad1229 (1.39 g dry matter. Kg^{-1} water) followed by the genotype Acsad969, Acsad1105 and Acsad885 (1.27, 1.24 and 1.10 g dry matter. Kg^{-1} water respectively) without significant differences among them, the lowest was recorded in the genotype Acsad1107 (0.95 g dry matter. Kg^{-1} water).

Regarding the field experiment, the mean value of grain and biological yield were the highest in the genotype Acsad1229 (5300 $kg.ha^{-1}$ and 13200 $kg.ha^{-1}$ respectively) followed by the genotype Acsad969 (4900 and 12800 kg. ha^{-1} respectively), whereas the genotype Acsad65 recorded the lowest grain yield (3430 $kg.ha^{-1}$) and the genotype Acsad1187 the lowest biological yield (8300 $kg.ha^{-1}$ respectively). The mean value of water use efficiency was highest in the genotype Acsad1229 (1.603 kg $grains.m^{-3}$) followed by the genotype Acsad969 (1.474 kg $grains.m^{-3}$) and the genotype Acsad1107 (1.444 kg $grains.m^{-3}$) without significant differences among them. whereas the genotype Acsad1187 registered the lowest water use efficiency (0.992 kg $grains.m^{-3}$).

This study showed that wheat genotypes surpassed significantly in growth parameters, dry matter accumulation and water use efficiency in pot culture experiment (Acsad1229, Acsad969 and Acsad1107), surpassed also at field level in the grain yield and water use efficiency.

Keywords: Variation, Bread Wheat, Durum Wheat, Water Use Efficiency, Grain Yield.

المقدمة

تشغل محاصيل الحبوب Cereals المرتبة الأولى بين المحاصيل المزروعة في الوطن العربي، إذ بلغ إجمالي المساحة المزروعة بالحبوب نحو 32.32 مليون هكتار، ويأتي القمح والشعير في صدارة المحاصيل الحبية، وتشكل المساحة المزروعة بمحصول القمح بنوعيه القاسي والطري نحو 35 % من إجمالي المساحة المزروعة بالحبوب (11.33 مليون هكتار)، والإنتاج 26.23 مليون طنا، ومتوسط الإنتاجية 2315 كغ. هكتار-1 (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2017). بلغت المساحة المزروعة بمحصول القمح في القطر العربي السوري نحو 1.23 مليون هكتار، والإنتاج نحو 2.88 مليون طن، ومتوسط الإنتاجية نحو 2341 كغ. هكتار-1 (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2017). تُشكل المساحة المزروعة مطرياً بمحصول القمح نحو 60 % من إجمالي المساحة المزروعة بمحصول القمح في سورية، بمتوسط إنتاجية 1470 كغ. هكتار-1 مقارنةً بظروف الزراعة المروية (3131 كغ. هكتار-1). مايشير إلى أهمية المحافظة على استقرار الإنتاج الزراعي ضمن ظروف شح الموارد المائية لتقليل الفجوتين الإنتاجية والغذائية، وصولاً لتحقيق الاكتفاء الذاتي، وتحسين دخل المزارع ومستوى معيشته، وضمان تحقيق الأمن الغذائي.

تتحدد غلة المحصول الحبية تحت ظروف الزراعة المطرية بكمية المياه المتوفرة والمنتوحة من قبل النباتات، وكفاءة تحويل المياه المستعملة إلى كتلة حية، أو ما يُعرف اصطلاحاً بكفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency (WUE)، وهي تُعد صفةً مهمةً جداً كمعيار انتخاب لتحسين الغلة الحبية تحت ظروف الجفاف (Rebetzke وزملاؤه، 2002). وتبين المعادلة المقترحة من قبل Passioura (2006) أنَّ غلة محاصيل الحبوب الحبية تحت ظروف البيئات الشحيحة بالمياه تتحدد بثلاثة مكونات:

$$Y = T_E \times WUE \times HI$$

حيث: Y: الغلة الحبية، T: كمية المياه المفقودة بالتبخر - نتح، WUE: كفاءة استعمال المياه، HI: دليل الحصاد، وتُشير هذه المعادلة إلى أهمية صفة كفاءة استعمال المياه كمعيار انتخاب لتحسين غلة المحاصيل الحبية تحت ظروف الزراعة المطرية.

تُعرّف كفاءة استعمال المياه في المحصول على مستوى النبات الكامل تحت ظروف الزراعة الحقلية بأنَّها نسبة الغلة الحبية إلى كمية المياه المستعملة من قبل نباتات المحصول (Tambussi وزملاؤه، 2007)، ويُمكن أن تحقق النباتات كفاءةً عاليةً في استعمال المياه من خلال زيادة معدل التمثيل الضوئي Assimilation rate (`A´)، أو من خلال تقليل معدل التنفس، وفقد المياه بالنتح (T)، أو كلاهما معاً (Farquhar وزملاؤه، 1982). وتؤدي عملية تحسين كفاءة استعمال المياه في المحاصيل الحقلية إلى زيادة إنتاجية المياه، وزيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور (Parry وزملاؤه، 2005). تتحدد درجة تحمل الجفاف أيضاً بكفاءة نباتات المحصول على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب، إذ يُحسِّن ذلك من كفاءة النبات في استخلاص كمية أكبر من المياه من طبقات التربة العميقة الرطبة، بحيث يتم تعويض المياه المفقودة بالنتح Transpiration(T)، والمحافظة على جهد الامتلاء Turgor potential(Ψp) داخل الخلايا النباتية. وتُعد القدرة على تطوير نظام جذري متعمق ومتشعب ذات دور كبير في تحمل الجفاف، وتمتلك صفة طول الجذور أهميةً خاصةً في اختيار الأصناف المتحملة للجفاف في برامج التربية والتحسين االوراثي (Abd Allah وزملاؤه، 2010). يمكن تحسين إنتاجية محصول القمح من خلال غربلة الطرز الوراثية المختلفة المتاحة، استناداً إلى بعض الصفات الفسيولوجية والبيوكيميائية المرتبطة وراثياً بتحمل الإجهاد المائي مع المحافظة على طاقة المحصول الإنتاجيّة.

في تجربة لتقييم طرازين من القمح القاسي الصنف (HYV) شبه القزم، والطراز المحلي (LR)، تحت ظروف الإجهاد المائي المطبق في ظروف الزراعة الحقلية، من حيث الإنتاجية وكفاءة استعمال المياه، بيّنت النتائج انخفاض كمية المياه المستعملة والكتلة الحية تحت ظروف الإجهاد المائي، وكانت كمية المياه المستعملة الأعلى معنوياً لدى الطراز المحلي (LR) مقارنةً بالصنف المزروع (HYV)، ولُوحظ أنَّ كفاءة استعمال المياه كانت الأعلى معنوياً لدى الصنف (HYV)، مقارنة بالطراز (LR) نتيجة للاختلاف النسبي في كمية المياه المستعملة، والكتلة الحية الناتجة (Blum، 2005)، وأشارت نتائج التمو (2013) في تجربة لتقييم أداء بعض الطرز الوراثية من الشعير بالاعتماد على صفة كفاءة استعمال المياه بالطريقة الوزنية، إلى وجود فروقات معنوية بين الطرز الوراثية. وكان متوسط كمية المياه المنتوحة التراكمية الأعلى معنوياً لدى الصنف أكساد176، والأصول البرية عمان، والسويداء، ودرعا (4.42، 4.06، 3.95، 3.87 كغ. أصيص$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى السلالات أكساد1420، وأكساد1602، وأكساد1182 (2.39، 2.67، 2.79 كغ. أصيص$^{-1}$ على التوالي). وكان متوسط كمية المادة الجافة الكلية الأعلى معنوياً لدى الصنف أكساد176، والأصول البرية عمان، والسويداء، ودرعا (7.29، 6.86، 6.80، 6.77 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها. وكان متوسط معدل فقد المياه بالنتح في وحدة المساحة الورقية الأعلى معنوياً لدى الصنف أكساد176، والسلالتين أكساد1602 وأكساد1614 (2.80، 2.32، 2.29 غ. دسم$^{-2}$. يوم$^{-1}$ على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى السلالة أكساد1420، والأصل البري الحسكة، والصنف أكساد60 (1.47، 1.53، 1.71غ. دسم$^{-2}$. يوم$^{-1}$ على التوالي)، وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى السلالة أكساد1420، والصنف أكساد60 (2.67، 2.15 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي) دون فروقات معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز أكساد176. وفي تجربة لتقييم صنفين من الشعير (أكساد176، Rum)، بالإضافة إلى صنف محلي لصفة كفاءة استعمال المياه (WUE) تحت ظروف الزراعة المائية (Hydroponic conditions)، بيّنت النتائج أنَّ WUE كانت الأعلى معنوياً لدى الصنف المحلي مقارنةً بالصنفين أكساد176، و Rum (1.48، 1.76، 1.87 كغ. م$^{-3}$ على التوالي) (Al-Karaki و Al-Momani، 2011).

هدف البحث: يهدف البحث إلى تقييم التباين في صفة كفاءة استعمال المياه وبعض الصفات الفيزيولوجية لدى بعض الطرز الوراثية من القمح باعتماد الطريقة الوزنية على مستوى النبات الواحد وعلى المستوى الحقلي.

مواد البحث وطرائقه

1-المادة النباتية

تمّ تنفيذ الدراسة على خمسة طرز وراثية من القمح الطري (أكساد885، أكساد899، أكساد969، أكساد901، أكساد1133)، وخمسة طرز وراثية من القمح القاسي (أكساد1107، أكساد1105، أكساد1187، أكساد1229، أكساد65). وتمّ الحصول على البذار من برنامج الحبوب في المركز العربي/أكساد.

2- مكان تنفيذ البحث

نفذت الدراسة خلال الموسم الزراعي (2017/2016) في محطة بحوث ازرع التابعة للمركز العربي (أكساد)، في محافظة درعا (سورية)، وتقع محطة بحوث ازرع على بعد 80 كم جنوبي مدينة دمشق على خط طول 36°.15 شرقاً، وخط عرض 32°.51 شمالاً. وترتفع نحو 575 م عن سطح البحر، تُصنَّف منطقة ازرع كمنطقة استقرار ثانية، استناداً إلى العديد من المؤشرات المناخية، ومنها معدل الهطول المطري السنوي، ومتوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى (الجدول 1).

الجدول 1. متوسط درجات الحرارة والهطول المطري خلال موسم الزراعة في محطة بحوث إزرع.

أشهر موسم النمو	الموسم الزراعي (2016/ 2017)		
	متوسط درجات الحرارة (مْ)		متوسط الهطول المطري (ملم)
	العظمى	الصغرى	
تشرين ثاني/ نوفمبر	24.2	13.5	3.5
كانون أول/ ديسمبر	15.1	7.2	134.8
كانون ثاني/ يناير	11.4	5.2	49.9
شباط/ فبراير	20.1	13.3	10.5
آذار/ مارس	18.5	8.3	42.3
نيسان/ أبريل	25.5	13.4	1.5
أيار/ مايو	30.2	18.1	0.0
حزيران/ يونيو	36.3	20.3	0.0
المتوسط	**22.66**	**12.41**	**المجموع = 242.5**

تتميز تربة المحطة بأنّها طينية ثقيلة حمراء تتشقق عند الجفاف، وفقيرة بالمادة العضوية (0.71 %)، ومحتواها منخفض من الآزوت المعدني (7.14 مغ.كغ$^{-1}$ تربة)، ومتوسطة المحتوى من الفوسفور والبوتاسيوم (10.67، 390.10 مغ. كغ$^{-1}$ تربة على التوالي) (الجدول 2).

الجدول 2. التحليل الميكانيكي والكيميائي لتربة موقع الزراعة في محطة إزرع.

العمق (سم)	درجة الحموضة (pH)	المادة العضوية (%)	الآزوت المعدني (مغ .كغ$^{-1}$)	الفوسفور (مغ .كغ$^{-1}$)	البوتاسيوم (مغ .كغ$^{-1}$)	التحليل الميكانيكي		
						الرمل (%)	السلت (%)	الطين (%)
40 - 0	7.55	0.71	7.14	10.67	390.10	20.30	17.60	62.10

أولاً- تجربة الأصص الزراعية:

تقدير كفاءة استعمال الماء (WUE) لبعض طرز أكساد من القمح المزروعة في أصص زراعية بالطريقة الوزنية:

تستخدم الطريقة الوزنية لتقدير قيمة كفاءة استعمال الماء بهدف انتخاب الطرز التي تتسم بقيم مرتفعة لكفاءة استعمال الماء نظراً لأهمية هذه الصفة في تحسين تحمل الإجهاد المائي مع المحافظة على طاقة المحصول الإنتاجية بحسب المعادلة المقترحة من قبل Passioura (2006).

$$Yield = T_E \times WUE \times HI$$

حيث T_E: التبخر - نتح ، WUE: كفاءة استعمال المياه، HI: دليل الحصاد.

تسمح هذه الطريقة بحساب قيمة كفاءة استعمال الماء خلال مرحلة محددة من حياة النبات، إذ تنفذ التجربة عادةً في أصص، أو أنابيب زراعية، أو ليزيمترات مملوءة بالتراب الزراعي.

طريقة العمل:

1. تملأ الأصص الزراعية بالتراب، وتزرع حبوب الطرز المدروسة بمعدل خمس حبوب في كل أصيص، وبعد مرور عشرة أيام على الإنبات تتم عملية التفريد، بحيث يتم الإبقاء على نباتين قويين وسليمين ومتجانسي النمو في كل أصيص.
2. تروى الأصص الزراعية بشكل يومي للمحافظة على محتوى التربة المائي عند 100 % من السعة الحقلية. وتستمر عملية الري بهذه الطريقة حتى بداية مرحلة دراسة كفاءة استعمال الماء، إذ تروى الأصص قبل يوم واحد من بدء القياس بالماء حتى حد الإشباع وتترك مدة 48 ساعة حتى يرشح كل الماء الزائد، وتصبح التربة عند السعة الحقلية.

3. يغطى سطح التربة في الأصيص بقطع صغيرة من البلاستيك للحد ما أمكن من فقد الماء من التربة بالتبخر، وتسد الثقوب الموجودة في قاعدة الأصيص بالإسمنت لمنع فقد الماء بالرشح.
4. يسجل وزن كل أصيص على حدة متضمناً التربة عند السعة الحقلية (100 %) والنبات والقطع البلاستيكية المستعملة لتغطية سطح التربة، وذلك باستخدام ميزان إلكتروني محمول، ويتحرك بطريقة تسمح بالوصول إلى الأصيص الزراعي، وهو في مكانه.
5. يسجل يومياً وزن الأصص الزراعية خلال فترة الصباح (الساعة 8 إلى 10 صباحاً)، لحساب كمية المياه المفقودة يومياً بالنتح عن طريق النباتات خلال كامل فترة التجربة، وبعد الانتهاء من عملية الوزن يضاف لكل أصيص كمية المياه اللازمة لإعادة التربة إلى 100 % سعة حقلية.

- **حساب كمية المياه اللازمة لتأمين 100 % من السعة الحقلية:** تحسب من العلاقة:

$$W_{100}=A+B+Q_{100}$$

حيث W_{100}: وزن الأصيص عند 100 % سعة حقلية.

A: وزن التربة الجافة مع وزن الأصيص.

B: وزن القطع البلاستيكية الموزعة فوق سطح التربة مع وزن الأنبوب المغموس في التربة.

Q_{100}: وزن المياه الموجودة عند السعة الحقلية 100 %.

- **حساب كمية المياه الواجب إضافتها يومياً لتأمين 100 % سعة حقلية:** وتحسب من العلاقة:

$$RQ_{100} = W_{100} - X_{100}$$

إذ تمثل X_{100}: وزن الأصيص اليومي.

حساب كمية المياه المفقودة يومياً من الأصص الزراعية بالتبخر:

إنّ الغاية من وجود القطع البلاستيكية فوق سطح التربة هو الحد ما أمكن من فقد المياه بالتبخر، إلا أنها غير فعالة بشكل مطلق للحد من ذلك، ولحساب كمية المياه المفقودة بالتبخر تُترك مجموعة من الأصص الزراعية التي تتسم بكل مواصفات الأصص السابقة المزروعة إلّا أنها خالية من النباتات، وتروى أيضاً هذه الأصص بشكلٍ يومي، ويمثل الفرق بين وزن هذه الأصص عند سعة حقلية 100 % والوزن اليومي لهذه الأصص كمية المياه المفقودة بالتبخر (*CWT).

عند إجراء هذه التجربة في موسم الأمطار، تتم حماية الأصص الزراعية من مياه الأمطار باستعمال واق مطري (Rain-out shelter) يتحرك بسهولة على سكة حديدية لتغطية الأصص الزراعية خلال الليل وقبل هطول الأمطار خلال النهار.

المؤشرات المدروسة:

1) كمية الماء الكلية المنتوحة (Cumulative Water Transpired (CWT:

وتمثل حاصل فرق كمية الماء الكلية المفقودة بالتبخر-نتح من كمية الماء المفقودة بالتبخر فقط

$$CWT= CWA – CWT^*$$

حيث CWT: كمية الماء الكلية المنتوحة، CWA: كمية الماء الكلية المضافة إلى الأصيص.

*CWT: كمية الماء المفقودة بالتبخر.

2) المساحة الورقية للنبات (سم^2): تحسب في بداية التجربة عند مرحلة 30 يوماً بعد الزراعة (الزمن t_1) المساحة الورقية للنبات الأول (L_1)، بضرب طول الورقة بعرضها لجميع الأوراق على النبات، ثم ضرب الناتج بمعامل التصحيح في القمح (0.79). ويُترك النبات الثاني في الأصيص لتسجيل المساحة الورقية (L_2) بالطريقة نفسها عند نهاية التجربة في مرحلة 60 يوماً بعد الزراعة (الزمن t_2).

3) الوزن الجاف للنبات (غ): بعد تسجيل المساحة الورقية للنبات الأول، يؤخذ ويوضع في الفرن على درجة حرارة 65 °م حتى تمام الجفاف، ويوزن ويسجل الوزن الجلف للنبات (W_1) في بداية التجربة عند الزمن (t_1). ويُترك النبات الثاني في الأصيص لتسجيل الوزن الجاف (W_2) بالطريقة نفسها عند نهاية التجربة في الزمن (t_2).

4) كفاءة استعمال الماء WUE: وتحسب من العلاقة

$$WUE= TDM/CWT$$

حيث TDM: كمية المادة الجافة الكلية المصنعة خلال فترة التجربة $=W_2-W_1$.

CWT: كمية الماء الكلية المنتوحة خلال الفترة نفسها.

5) المساحة الورقية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي (LAD) Leaf Area Duration: وتحسب من العلاقة:

$$LAD = (L_1+L_2)/2 \times (t_2 - t_1)$$

حيث t_1: مرحلة 30 يوماً بعد الزراعة، t_2: مرحلة 60 يوماً بعد الزراعة.

6) معدل فقد الماء بالنتح (MTR) Mean Transpiration Ratio(غ/سم^2/يوم)، ويحسب من العلاقة

$$MTR=CWT/LAD$$

7) معدل صافي التمثيل الضوئي: Net Assimilation Rate، ويحسب من العلاقة:

$$NAR = \frac{(Log_e L_2 - Log_e L_1)(W_2 - W_1)}{(L_2 - L_1)(t_2 - t_1)}$$

ثانياً- تقدير كفاءة استعمال المياه لطرز القمح المدروسة على المستوى الحقلي:

تمّت زراعة طرز القمح المدروسة خلال الموسم الزراعي 2017/2016م، على سطور ضمن مسافات زراعية (20 × 5 سم)، بمعدل 10 سطور في كل قطعة تجريبية، و40 نباتاً في السطر الواحد، وبذلك تكون مساحة القطعة التجريبية (2 × 2 = 4 م^2)، وتمّت إضافة الأسمدة NPK حسب توصيات وزارة الزراعة في سورية ونتائج تحليل التربة. بلغ معدل الهطول المطري خلال فترة نمو المحصول 242.5 ملم، وكان هناك احتباس للأمطار خلال شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو، لذلك تمّ تقديم 3 ريات تكميلية (خلال مراحل الإزهار وتشكل وامتلاء الحبوب) بمعدل 30 ملم لكل ريّة، وبلغ المجموع الكلي لمياه الأمطار مع مياه الري المُضافة للتربة (332.5 ملم = 3320.5 م^3).

المؤشرات المدروسة في التجربة الحقلية:

1 - **الغلة الحبية** (كغ. هكتار$^{-1}$): تم حساب متوسط وزن الحبوب من النباتات في المتر المربع من الأرض عند النضج التام، ثم تمّ تحويل الناتج إلى كغ. هكتار$^{-1}$.

2 - **الغلة الحيوية** (كغ. هكتار$^{-1}$): وتمثل متوسط وزن الأجزاء الهوائية الجافة مع الحبوب للنباتات في المتر المربع من الأرض، ثم تمّ تحويل الناتج إلى كغ. هكتار$^{-1}$.

3 - **كفاءة استعمال المياه** (كغ. م$^{-3}$): حسبت من قسمة الغلة الحبية في وحدة المساحة (هكتار) على كمية الأمطار الهاطلة خلال كامل موسم النمو (م^3) (من تاريخ الزراعة حتى النضج)، مضافاً لها كمية مياه الري المقدمة للمحصول.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي: نُفذت تجربة الأصص الزراعية وفق التصميم العشوائي البسيط CRD، ونفذت التجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية RCBD، وبمعدل ثلاثة مكررات، وتمَّ تحليل البيانات للصفات المدروسة باستخدام برنامج التحليل الإحصائيGenStat.12V. لحساب قيم أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى المعنوية 5 % لجميع الصفات المدروسة، وحساب قيم معامل الاختلاف (CV%).

النتائج والمناقشة

أولاً- تقييم التباين الوراثي في صفة كفاءة استعمال المياه (WUE) في نباتات القمح المزروعة في أصص زراعية (الطريقة الوزنية):

1 - **المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي** (LAD) Leaf Area Duration (سم^2. يوم$^{-1}$):

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي بين الطرز الوراثية المدروسة، ويُلاحظ من الجدول 3 أنَّ متوسط المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي كان الأعلى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1229 (6.86 سم^2. يوم$^{-1}$) تلاه ودون فروق معنوية طراز القمح الطري أكساد969 (6.23 سم^2. يوم$^{-1}$)، وبفروق معنوية طراز القمح القاسي أكساد1107، وطرز القمح الطري أكساد901، وأكساد1133 (5.72، 5.66، 5.06 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي) في حين كان الأدنى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1187 (3.96 سم^2. يوم$^{-1}$). ويمكن أن يُعزى التباين في كفاءة الطرز الوراثية المدروسة في المحافظة على اخضرار الأوراق إلى التباين في حجم المجموعة الجذرية، والتي ترافق فيها المحافظة على المسطح الورقي الأخضر الفعّال في التمثيل الضوئي مع معدل نمو عالٍ للمجموعة الجذرية، وهذا يؤكد على أهمية المقدرة على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب في زيادة كفاءة النبات في استخلاص كمية أكبر من الماء من طبقات التربة العميقة الرطبة، وزيادة نقاط التماس مع حبيبات التربة، فتزداد كمية الماء المتصة من قبل الجذور لتكون كافيةً لتعويض الماء المفقود بالنتح، والمحافظة على الاتزان المائي داخل الخلايا النباتية أيّ المحافظة على ضغط الامتلاء (Turgor pressure) اللازم لاستمرار استطالة الخلايا النباتية، ومن ثمّ نمو الأوراق. ويؤدي من ناحية

أخرى امتلاك بعض الطرز الوراثية المقدرة على التعديل الحلولي من خلال تخفيض الجهد الحلولي، بفضل تصنيع وتجميع الذائبات التوافقية في سيتوبلاسم الخلايا النباتية (كتصنيع كمية أكبر من البرولين) إلى زيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين التربة وخلايا المجموعة الجذرية، فيستمر تدفق الماء وامتصاص اللازم للمحافظة على الحد الأدنى من جهد الامتلاء الضروري لاستطالة الخلايا النباتية.

2 - **كمية المياه المنتوحة التراكمية** (CWT) (كغ. أصيص$^{-1}$):

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة كمية المياه المنتوحة التراكمية بين الطرز الوراثية. ويُلاحظ من الجدول 3 أنَّ متوسط كمية المياه المنتوحة التراكمية كان الأعلى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1107 (4.56 كغ.أصيص$^{-1}$) تلاه بفروقات معنوية طراز القمح القاسي أكساد1187، وطراز القمح الطري أكساد1133، و وطراز القمح القاسي أكساد1229 (3.79 ، 3.62، 3.48 كغ.أصيص$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد65 (2.62 كغ.أصيص$^{-1}$).

3- **معدل فقد المياه بالنتح** (MTR) (غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) Mean Transpiration Ratio :

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة معدل فقد المياه بالنتح بين الطرز الوراثية. ويُلاحظ من الجدول 3 أنَّ متوسط معدل فقد المياه بالنتح كان الأعلى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1187 (0.96 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) تلاه دون فروق معنوية طراز القمح القاسي أكساد1107 (0.80 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) وبفروقات معنوية طرز القمح الطري أكساد885، أكساد899، أكساد1133 (0.73، 0.71، 0.71 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$ على التوالي)، وكان الأدنى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1229 (0.51 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$). ويُعزى التباين في كمية المياه الكلية المنتوحة، ومتوسط كمية المياه المنتوحة في وحدة المساحة الورقية إلى التباين في المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، إذ تؤدي زيادة المساحة الورقية واستمرار اخضرار الأوراق لفترة زمنية أطول إلى زيادة كمية المياه الكلية المنتوحة، ومعدل فقد المياه بالنتح، نتيجة زيادة كمية الأشعة الشمسية المستقبلة والممتصة، ما يؤدي إلى زيادة فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين الأوراق والوسط المحيط Leaf to air vapor pressure difference (VPD)، الذي يُعد بمثابة القوة الرئيسة المحركة لفقد الماء من الأوراق إلى الوسط المحيط. ويمكن أن يُعزى ذلك إلى التباين في درجة انفتاح المسامات بين الطرز أيّ الناقلية المسامية (g_s)، وسرعة الاستجابة للانغلاق نتيجة في العوامل المناخية، إذ تؤدي درجة الحرارة المرتفعة، والرطوبة النسبية الجوية المنخفضة، وزيادة سرعة الرياح، إلى زيادة فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين الأوراق والوسط المحيط (VPD)، ما يؤدي إلى زيادة معدل فقد المياه بالنتح (Grantz، 1990).

الجدول 3. المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي (LAD)، وكمية المياه المنتوحة التراكمية (CWT)، ومعدل فقد المياه بالنتح (MTR) لدى طرز القمح المدروسة.

الطرز الوراثية	المساحة الورقية الفعّالة (سم^2. يوم$^{-1}$)	كمية المياه المنتوحة (كغ. أصيص$^{-1}$)	معدل فقد المياه بالنتح (غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$)
أكساد 65	4.29^{e}	2.62^{d}	0.61^{bcd}
أكساد 1105	5.04^{cde}	2.83^{cd}	0.56^{cd}
أكساد 1107	5.72^{bc}	4.56^{a}	0.80^{ab}
أكساد 1187	3.96^{e}	3.79^{b}	0.96^{a}
أكساد 1229	6.86^{a}	3.48^{bc}	0.51^{d}
أكساد 885	4.57^{de}	3.33^{bcd}	0.73^{bc}
أكساد 899	4.75^{cde}	3.36^{bcd}	0.71^{bcd}
أكساد 969	6.23^{ab}	3.60^{b}	0.58^{cd}
أكساد 901	5.66^{bcd}	3.19^{bcd}	0.56^{cd}
أكساد 1133	5.06^{cde}	3.62^{b}	0.71^{bcd}
L.S.D0.05	1.12*	0.75*	0.22*
C.V%	11.31	13.14	12.95

*: توجد فروقات معنوية عند مستوى معنوية 5 %.

4- **كمية المادة الجافة الكلية** (TDM) (غ. نبات$^{-1}$):

يُلاحظ من الجدول 4 وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة كمية المادة الجافة الكلية المصنّعة بين الطرز الوراثية. وكان متوسط كمية المادة الجافة الكلية الأعلى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1229 (4.84 غ. نبات$^{-1}$) تلاه دون فروقات معنوية طراز القمح الطري أكساد969، وطراز القمح القاسي أكساد1107 (4.58، 4.31 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان متوسط كميةً المادة الجافة الكلية المصنّعة الأدنى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد65 (2.84 غ. نبات$^{-1}$). يُعزى التباين في كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة بين الطرز الوراثية إلى التباين في معدل فقد المياه بالنتح، ومن ثمّ كمية المياه الكلية المنتوحة، إذ يُلاحظ أنَّ الطرز الوراثية التي صنّعت كمية أكبر معنوياً من المادة الجافة هي الطرز نفسها التي كانت فيها كمية المياه الكلية المنتوحة معنوياً أعلى ، نتيجة وجود علاقة ارتباط خطية بين معدل فقد المياه بالنتح ومعدل التمثيل الضوئي، إذ تفقد النباتات المياه عن طريق المسامات أثناء عملية التبادل الغازي كضريبة للحصول على غاز الفحم (CO_2) اللازم لعملية التمثيل الضوئي، وتصنيع المركبات العضوية (المادة الجافة)، ويزداد معدل انتشار CO_2، ومن ثمّ تركيزه في مراكز التثبيت ضمن الصّانعات الخضراء (CO_2 - fixation sites) بازدياد معدل فقد المياه بالنتح (الناقلية المسامية)، ولكن بالمقابل لا يتحدد معدل التمثيل الضوئي بتركيز غاز الفحم الداخلي (C_i) وإنّما بكفاءة خلايا النسيج المتوسط التمثيلية Photosynthetic Mesophyll efficiency (g_m) ، أيّ كفاءة النبات في تحويل الكربون المعدني إلى كربون عضوي، ويتوقف الأخير على كمية الأنزيم Rubisco وفعّاليته (العودة وزملاؤه، 2015). ويُعزى أيضاً التباين بين الطرز الوراثية في كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة إلى التباين في حجم المصدر (المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي LAD)، ما يُشير إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر واستدامة اخضرار الأوراق لزيادة كفاءة النبات التمثيلية من خلال زيادة كمية الطاقة الضوئية الممتصة الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي.

5 - **كفاءة استعمال المياه** (غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء) (Water Use Efficiency (WUE:

يُلاحظ من الجدول 4 وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة كفاءة استعمال المياه بين الطرز، وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1229 (1.39 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء) تلاه دون فروقات معنوية طراز القمح الطري أكساد969، وطراز القمح القاسي أكساد1105، و طراز القمح الطري أكساد885 (1.27، 1.24، 1.10 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى طراز القمح القاسي أكساد1107 (0.95 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء).

الجدول 4. كمية المادة الجافة، وكفاءة استعمال المياه لدى بعض طرز القمح المدروسة.

الطرز الوراثية	كمية المادة الجافة (غ. نبات$^{-1}$)	كفاءة استعمال المياه (غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء)
أكساد65	2.84^{d}	1.08^{bcd}
أكساد1105	3.51^{bcd}	1.24^{abc}
أكساد1107	4.31^{abc}	0.95^{d}
أكساد1187	3.75^{bcd}	0.99^{d}
أكساد1229	4.84^{a}	1.39^{a}
أكساد885	3.65^{bcd}	1.10^{bcd}
أكساد899	3.62^{bcd}	1.08^{bcd}
أكساد969	4.58^{ab}	1.27^{ab}
أكساد901	3.44^{cd}	1.08^{bcd}
أكساد1133	3.67^{bcd}	1.01^{cd}
L.S.D0.05	1.07*	0.25*
C.V%	12.36	10.11

*: توجد فروقات معنوية عند مستوى معنوية 5 %.

تتحدد كفاءة استعمال المياه بشكلٍ أساس بالناقلية المسامية، أي معدل فقد المياه بالنتح، ومعدل التمثيل الضوئي (كمية المادة الجافة المصنّعة). ويُعزى انخفاض قيمة كفاءة استعمال المياه لدى بعض الطرز رغم تصنيعها معنوياً كميةً أكبر من المادة الجافة إلى فقدها بالمقابل كمية أكبر من المياه، إذ كانت كمية المياه الكلية المنتوحة الأعلى معنوياً لدى هذه الطرز الوراثية، الأمر الذي أدّى إلى تراجع قيمة كفاءة استعمال المياه. ويُعزى تفوق بعض الطرز في متوسط قيمة كفاءة استعمال المياه مقارنةً بباقي الطرز الوراثية إلى تدني قيمة كمية المياه الكلية المنتوحة لديها، الأمر الذي زاد من قيمة كفاءة استعمال المياه، إذ تحددت قيمة كفاءة استعمال المياه في مثل هذه الطرز الوراثية بالعوامل المسامية (Stomatal factors)، وتسمى اصطلاحاً Conductance types، وغالباً ما تُعطي مثل هذه الطرز الوراثية غلة حبية معنوياً أدنى مقارنة بالطرز الوراثية التي تزداد فيها قيمة كفاءة استعمال المياه بازدياد كمية المادة الجافة المُصنّعة عند أي مستوى من معدل فقد المياه بالنتح، أو تلك التي يترافق فيها تراجع الناقلية المسامية، ومن ثمّ معدل فقد المياه بالنتح مع ازدياد معدل التمثيل الضوئي، أو المحافظة على معدل التمثيل الضوئي، ويمكن تسميتها اصطلاحاً بالطرز الكفوءة (Capacity types)، مثل الطراز أكساد1229 والطراز أكساد969 اللذين صنّعا كمية أكبر معنوياً من المادة الجافة (4.84 و 4.58 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) مقارنة بباقي الطرز الوراثية.

ثانياً- تقدير كفاءة استعمال المياه على المستوى الحقلي لطرز القمح المدروسة.

1 - **الغلة الحبية** (كغ. هكتار$^{-1}$):

يلاحظ من الجدول 5 وجود فروقات معنوية في متوسط الغلة الحبية بين طرز القمح المدروسة، إذ كان متوسط الغلة الحبية الأعلى معنوياً لدى نباتات طراز القمح القاسي أكساد1229 (5300 كغ. هكتار$^{-1}$)، تلاه وبفروق معنوية طراز القمح الطري أكساد969 (4900 كغ. هكتار$^{-1}$)، وطراز القمح القاسي أكساد1107 (4800 كغ. هكتار$^{-1}$)، بينما سجل طراز القمح القاسي أكساد65 أدنى غلة حبية (3430 كغ. هكتار$^{-1}$).

2 - **الغلة الحيوية** (كغ. هكتار$^{-1}$):

يلاحظ من الجدول 5 وجود فروقات معنوية في متوسط الغلة الحيوية بين طرز القمح المدروسة، إذ كان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً لدى نباتات طراز القمح القاسي أكساد1229 (13200 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه ودون فروقات معنوية طراز القمح الطري أكساد969 (12800 كغ.هكتار$^{-1}$)، وطراز القمح الطري أكساد1133 (12700 كغ.هكتار$^{-1}$)، وسجل طراز القمح القاسي أكساد1187 أدنى غلة حيوية (8300 كغ.هكتار$^{-1}$).

3 - **كفاءة استعمال المياه** (كغ حبوب. م$^{-3}$):

يلاحظ من الجدول 5 وجود فروقات معنوية في متوسط كفاءة استعمال المياه (أمطار + ماء ري) بين طرز القمح المدروسة، إذ كان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى نباتات طراز القمح القاسي أكساد1229 (1.603 كغ حبوب. م$^{-3}$)، تلاه ودون فروقات معنوية طراز القمح الطري أكساد969 (1.474 كغ حبوب. م$^{-3}$)، وطراز القمح القاسي أكساد1107 (1.444 كغ حبوب. م$^{-3}$)، بينما سجل طراز القمح القاسي أكساد1187 أدنى متوسط كفاءة استعمال مياه (0.992 كغ حبوب. م$^{-3}$).

الجدول 5. الغلة الحبية والغلة الحيوية وكفاءة استعمال المياه لدى بعض طرز القمح.

الطرز الوراثية	الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)	الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)	كفاءة استعمال المياه (كغ حبوب. م$^{-3}$)
أكساد65	3430^{g}	8665^{f}	1.032^{d}
أكساد1105	4330de	10355^{e}	1.302^{bc}
أكساد1107	4800^{bc}	11900^{cd}	1.444^{ab}
أكساد1187	3300^{g}	8300^{f}	0.992^{d}
أكساد1229	5330^{a}	13200^{a}	1.603^{a}
أكساد885	3830^{f}	12200^{bc}	1.152^{cd}
أكساد899	4660^{bc}	12300^{bc}	1.402^{ab}
أكساد969	4900^{b}	12800^{ab}	1.474^{ab}
أكساد901	4200^{e}	11400^{d}	1.263^{bc}
أكساد1133	4530^{cd}	12700^{ab}	1.362^{bc}
L.S.D$_{0.05}$	275.11*	661.30*	0.23*
C.V%	13.16	11.32	8.30

*: توجد فروقات معنوية عند مستوى معنوية 5 %.

بيّنت النتائج أنّ الطرز التي حققت غلة حبية أعلى معنوياً اتسمت جميعها بكفاءة استعمال مياه عالية وهي الطرز (أكساد1229، أكساد969، أكساد1107) ويمكن عدها طرزاً كفؤة في كفاءة استعمال المياه، ويمكن أن يُعزى السبب في ذلك إلى قدرتها على المحافظة على المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي معدل صافي تمثيل ضوئي عال، وتشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب قادر على امتصاص الماء من طبقات التربة العميقة للمحافظة على ضغط الامتلاء داخل الخلايا النباتية واستمرار تدفق غاز CO_2، وتصنيع منتجات التمثيل الضوئي، ما يشير إلى أهمية تلك الصفات في تحسين تحمل الجفاف مع المحافظة على الطاقة الإنتاجية. وتتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه التمو (2013) في محصول الشعير، وما توصل إليه Blum (2005). ويستنتج أنّ طرز القمح التي تفوقت معنوياً في مؤشرات النمو وتراكم المادة الجافة وكفاءة استعمال المياه في تجربة الأصص الزراعية (أكساد1229، أكساد969، أكساد1107)، قد تفوقت حقلياً في الغلة الحبية وكفاءة استعمال المياه.

الاستنتاجات والمقترحات

- تميزت الطرز الوراثية من القمح أكساد1229، أكساد969، وأكساد1107 بكفاءة عالية في استعمال المياه، في حين كانت كفاءة استعمال المياه الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي أكساد65
- يمكن استخدام الطرز الوراثية من القمح أكساد1229، أكساد969، أكساد1107 التي تميزت بكفاءة عالية في استعمال المياه آباءً في برامج التربية والتحسين الوراثي المستقبلية لتطوير أصناف من القمح متحملة للجفاف والتغيرات المناخية المستقبلية.

المراجع

- التمو، منور. 2013. التباين الوراثي في استجابة بعض طرز الشعير (*Hordeum* spp.) لتحمل الجفاف: تقييم الصفات الفسيولوجية والبيوكيميائية والجزيئية، رسالة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- العودة، أيمن ومأمون خيتي وريما رباح نصر .2015. فسيولوجيا المحاصيل الحقلية. الجزء النظري. كلية الزراعة، منشورات جامعة دمشق.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2017. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق. الجمهورية العربية السورية.
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية. 2017. الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، جامعة الدول العربية، السودان.
- Abd Allah A. A., A. Badawy Shimaa, B. A. Zayed and A. A. ElGohary. 2010. The role of root system traits in the drought tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). World Acad. Sci. Eng. Technol. 68:1378–1382.
- Al-Karaki, G. N. and N. Al-Momani. 2011. Evaluation of Some Barley Cultivars for Green Fodder Production and Water Use Efficiency under Hydroponic Conditions Jordan Journal of Agricultural Sciences. 7(3).
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive - Australian Journal of Agricultural Research. 56: 1159-1168
- Farquhar, G. D.; M. H. O'Leary, and J. A. Berry. 1982. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves, Aust. J. Plant Physiol. 9: 121-137.
- Grantz, D. A. 1990. Plant response to atmospheric humidity. Plant Cell Environ. 13: 667-679.
- Parry, M. A. J.; J. Flexas and H. Medrano. 2005. Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. Ann Appl Biol. 147: 211-226.
- Passioura, J. B. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce from breeding to field management. Agric. Water Manage. 80: 176–196.
- Rebetzke, G. J.; A. G. Condon, R. A. Richards, and G. J. Farquhar. 2002. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat. Crop Sci. 42: 739-745.
- Tambussi, E. A.; J. Bort and J. L. Araus. 2007. Water use efficiency in C_3 cereals under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects. Ann. Appl. Biol. 150: 307-321.

N° Ref: 914