

استخدام تقانة التجفيف التدريجي لتمييز قدرة تحمل بعض الطرز الوراثية من الشعير للإجهاد الرطوبي

أحمد شمس الدين شعبان⁽¹⁾ وعبد الله اليوسف*⁽²⁾ ونعيم الحسين⁽²⁾ ويमान جبور⁽²⁾ وصالح صالح⁽²⁾ وهبة الأطرش⁽²⁾

(1). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية.

(2). مركز بحوث حلب، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(* للمراسلة: د. عبد الله اليوسف. البريد الإلكتروني: dr.abdalvoussef@gmail.com).

تاريخ القبول: 2016/12/21

تاريخ الاستلام: 2016/11/03

الملخص

أجريت تجربة تجفيف تدريجي تحت ظروف البيت الزجاجي في قسم المحاصيل الحقلية بكلية الزراعة جامعة حلب، بسورية، خلال الموسم 2016 من أجل مقارنة معدل النتح لثمانية طرز وراثية من الشعير. تم ربط قيم نسبة النتح المعدلة (NTR) Normalized Transpiration Ratio، مع قيم كمية الماء القابلة للاستفادة من قبل النبات يومياً Fractions of Transpirable Soil Water (FTSW) باستخدام النموذج الخطي Linear plateau. أظهرت النتائج اختلافاً في منحى العلاقة بين معدل النتح وكمية الماء القابلة للإفادة بين الطرز الوراثية المدروسة، وحددت أدنى قيمة لمتوسط النقطة الحرجة Threshold بحوالي 0.43 للصنف فرات 5، بينما لوحظت أعلى قيمة للنقطة الحرجة (0.64) في نباتات الصنف عربي أسود. وكان الصنف عربي أسود الأقل انخفاضاً في كمية الغلة الحيوية الرطبة نتيجة تعرضه للتجفيف التدريجي، إذ انخفضت كمية الغلة الحيوية بنسبة 19.3%، تلاه الصنف فرات 3 بنسبة انخفاض لم تتجاوز 31.5%، بينما تجاوزت نسبة الانخفاض 65% في باقي الطرز الوراثية، وتراوحت من 66.5% في الصنف فرات 2 إلى 80.3% في الصنف T6669.

الكلمات المفتاحية: التجفيف التدريجي، معدل النتح، الإجهاد الرطوبي، الشعير.

المقدمة:

يؤثر الجفاف سلباً في إنتاجية المحاصيل، إذ يترافق مع الظواهر الفيزيولوجية الحدية التي تتحكم بها رطوبة التربة، وتتضمن هذه الظواهر، تغيرات في معدل النتح، والتمثيل الضوئي، ونسبة البروتين، والتغذية المعدنية، والعلاقات الهرمونية (Al-Agely and Wahbi, 2003)، وكذلك انخفاض إمتصاص العناصر المغذية والماء من قبل الجذور لتأثرها بمعدلات النتح (Kramer and Boyer, 1995). ويُعدّ المناخ في سورية من المناخات المتوسطة، التي طرأت عليها تغيرات كبيرة منذ آلاف السنين (نحال، 1996). تتميز هذه المناطق بكميات هطول من 200-800 ملم سنوياً، وتتركز عادةً هذه الهطولات في أقل من 100 يوم ماطر معظمها في فصل الشتاء (Baldy, 1986). ومع أن زمن بداية الهطول في أول الموسم وتوقفه في آخر الموسم لا يتغير كثيراً، إلا أن التغير يكون واضحاً في التوزيع خلال الموسم، وفي المجموع الكلي للهطول (Stapper and Harris, 1989). وقد بين Zhang and Oweis (1999) أن نقص الماء هو المحدد الرئيسي لإنتاجية المحاصيل في المناطق المتوسطة الجافة، لذلك اتجهت الأبحاث لرفع كفاءة استخدام الماء (Water Use Efficiency (WUE) (Reynolds et al., 2007).

يحتل محصول الشعير *Hordeum vulgare* L. المرتبة الرابعة ضمن لائحة المحاصيل الحبيبة في العالم، وتتجح زراعته في البيئات الأكثر جفافاً التي لا تتجح فيها زراعة المحاصيل الحبيبة النجيلية الأخرى كالقمح، والذرة الصفراء، وفي البيئات المتملحة والهامشية ذات الهطولات المطرية المحدودة، وفي المناطق الجافة وشبه الجافة في شمالي أفريقيا، والشرق الأوسط. كما يتميز بقدرة نمو عالية، إذ ينمو ضمن مدى واسعاً من الظروف البيئية (Ceccarelli et al., 2004). يُعدّ الجفاف العامل الرئيس المحدد في إنتاج الشعير، ويؤثر كباقي الإجهادات البيئية في الإنتاج، إذ تتسبب قلة الماء المتاح في انخفاض الغلة الحبيبة،

مؤثرةً بذلك على مختلف مناطق العالم التي تزرع الشعير (Ceccarelli *et al.*, 2004).

ومن ناحية أخرى فقد أكد (Ceccarelli and Grando, 1991) أن للشعير قدرة أكبر على إعطاء غلة في حالة العجز المائي مقارنة بالقمح. وعموماً تتمكن أصناف الشعير المزروعة في بيئات حوض البحر الأبيض المتوسط الجافة من النمو والتطور، وإعطاء غلة حبيبة جيدة، بسبب امتلاكها المقدرة على النمو السريع خلال المراحل المبكرة من حياة النبات (قبل الإزهار)، إذ تتمكن النباتات من تجنب الإجهاد المائي والحرارة المرتفعة خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات. ويساعد ذلك في تحسين كفاءة استخدام المياه من خلال زيادة كمية المياه المتاحة للنباتات عن طريق تقليل معدل فقد الماء بالتبخّر، فالنمو المبكر والسريع، يساعد على تغطية سطح التربة بشكل كامل، وتقليل مساحة الأرض المعرضة بشكل مباشر لأشعة الشمس (Lopez-Castaneda *et al.*, 1995). وبما أن مصادر المياه في تناقص مستمر فإن تحسين تحمل الشعير للجفاف يعد أمراً مهماً. ويؤدي إجهاد الجفاف في مرحلة الإشتاء إلى تخفيض عدد الإشتاءات إلى النصف (Rickman *et al.*, 1983; Peterson *et al.*, 1984). وترتبط الإنتاجية الحبيبة في ظروف الجفاف ارتباطاً إيجابياً مع عدد الإشتاءات الإنتاجية (Waqas, 2006). هذا وتتطلب الزراعة تحت الظروف المطرية (البعليّة) إتباع استراتيجيات للحفاظ على رطوبة التربة ما بين هطل مطري وآخر، كالحّد مبكراً من استهلاك الماء في بداية الموسم، مما قد يسمح بإطالة فترة توفير الرطوبة الأرضية حتى المراحل الحرجة أو الحساسة لفترة امتلاء الحبوب (Zaman-Allah *et al.*, 2011). ولتقليل سحب الرطوبة الأرضية فقد اعتمد (Richards and Passioura, 1989) طريقة لاختيار الطرز الوراثة للقمح المقاومة للجفاف الأرضي باختيار الطرز المتميزة بأقطار صغيرة للنسج اللحائية في الساق. ووضعت استراتيجيات اختيار أخرى كالتالي وضعها (Sinclair *et al.*, 2005) بتقليل فقد الماء بالنتح في فترة مبكرة من عمر النبات عند تعرّضه للجفاف. وبيّن (Sinclair and Muscho, 2001) وجود احتمال الحصول على زيادة معنوية في الغلة ناتجة عن الانخفاض المبكر لمعدل النتج عند قيم مرتفعة من النقطة الحرجة لمؤشر FTSW تحت الظروف البعلية. إن فهم الأساس الفيزيولوجي للتباين الوراثي ضمن النوع الواحد لمقاومة الجفاف لا يزال غير مكتملاً، إذ يتم الاعتماد على صفات عديدة لتفسير التباينات، منها زاوية توضع الأوراق على النبات، وضيق الأوراق أو انخفاض المسطح الورقي، وزيادة الطبقة الشمعية في الورقة... الخ (Ford *et al.*, 2011).

تتبع أهمية التجفيف التدريجي لوجود صعوبة في الفصل بين التبخر والنتح حقلياً، ويحتاج الأمر لاستخدام أجهزة ومعدّات عديدة كجهاز التشتت النثروني أو Diviner 2000 وقراءات عديدة خلال الموسم، إضافة إلى قراءات أجهزة فيزيولوجية كجهاز Porometer لقياس المسامية، وتبادل غاز ثاني أكسيد الكربون، أو تحاليل غالية النثن كقياس الكربون النظير (Carbon Isotope Discrimination (CID)، بينما يمكننا تحديد كمية الماء المنتوح فعلياً من خلال تجارب التجفيف التدريجي المتحكّم بها، لذا لجأ بعض الباحثين إلى اختبارات الأصص ضمن ظروف متحكّم بها لتحديد كمية الماء المنتوح فعلاً عن طريق منع تبخر الماء من سطح التربة، وتطبيق عملية تجفيف تدريجية Gradual Drought على الأصص (Merlot *et al.*, 2002; Taji *et al.*, 2002). كما أن تجربة التجفيف التدريجي تحدد بشكل سريع الطرز الحساسة لتناقص المحتوى الرطوبي حول منطقة انتشار الجذور تدريجياً من تلك التي تستمر بالنتح بشكل شبه طبيعي. واستخدم العديد من الباحثين جزء الماء القابل للنتح (لإفادة) (The fraction of transpirable soil water (FTSW) والذي يُحسب كنسبة مئوية من الماء الكلي القابل للنتح المتبقي في التربة كأحد المؤشرات الدالة على استهلاك الماء من قبل النباتات. وعليه فقد استخدم FTSW لفرض مستويات مختلفة من الإجهاد الرطوبي على النبات أو لمراقبة التغيرات في نتج النبات عند فرض تجفيف قسري على التربة من نقطة السعة الحقلية إلى نقطة الذبول الدائم (Sinclair and Ludlow, 1986; Ray and Sinclair, 1998; Sinclair and Muchow, 2001; Vamerali *et al.*, 2003; Sinclair *et al.*, 2005; Sinclair *et al.*, 2007). تناولت هذه الأبحاث نباتي الذرة الصفراء وفول الصويا المتميزان بحجم نباتي كبير، ومعدّل نتج مرتفع مقارنةً مع غيرهما من المحاصيل، وأظهرت النتائج أن وسط النمو (تربة) للمجموع الجذري هو الذي يلعب دوراً رئيساً في عملية النتج وليس الصنف أو النوع (Sinclair and Muchow, 2001; Vamerali *et al.*, 2003; Wahbi and Sinclair, 2006). أما الدراسات عن محصول الشعير في مثل هذه الظروف فقد كانت قليلة.

تتبع أهمية البحث كونه يساهم بشكل سريع في الانتخاب لتحمل الجفاف أو للكفاءة العالية لاستخدام ماء التربة، عبر مقارنة قدرة الطرز الوراثة المدروسة على تحمل التجفاف التدريجي في وسط نمو الجذور، ومن ناحية أخرى فإن للبحث أهمية تطبيقية من خلال المساهمة في تحديد الطرز الوراثة الأكثر تحملاً لنقص الرطوبة، والتي تبقى معدلات نتجها أفضل من غيرها في ظروف نقص الرطوبة، وبالتالي يهدف هذا البحث إلى دراسة تحمل طرز وراثية من الشعير للجفاف من خلال دراسة العلاقات المائية بين التربة والنبات، من خلال قياس منحني انخفاض معدل النتج، وثم التحديد بدقة في أي حدود من السعة الحقلية سيبدأ تناقص معدل النتج للطرز الوراثة، وهل هذا الانحدار في معدل النتج انحدار تدريجي أم حاد.

مواد البحث وطرقه:

أجريت تجربة أصص في البيت الزجاجي التابع لكلية الزراعة بجامعة حلب، خلال الفترة الممتدة من 2016/1/14 حتى 2016/4/14. تضمنت المادة النباتية ثمانية طرز وراثية من الشعير، تم الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. وهي عبارة عن أربعة أصناف ثنائية الصّف (عربي أسود، عربي أبيض محسن، فرات 2، فرات 3) معتمدة لمنطقة الاستقرار الثانية، وصنفان سداسيا الصّف هما: فرات 4 (منطقة استقرار ثانية) وفرات 5 (منطقة استقرار ثالثة)، بالإضافة إلى سلالتين ميسرتين هما T6669 و M6568.

استُخدمت تربة الطبقة السطحية (0-20 سم) من مشتل كلية الزراعة. إذ أخذت كميات كافية من التربة، وجُففت هوائياً بعد أن تمّ تكسير الأقدار الكبيرة بمطرقة بلاستيكية، عُربلت التربة من خلال غربال بقطر فتحات 0.2 ملم، استُعملت أصص بحجم 1200 سم³، تحتوي قاعدتها على تقوب (لكي تسمح برشح الماء الزائد)، وتمّ وضع غربال قماشى ذو تقوب ناعمة جداً في قعرها لمنع خروج حبيبات التربة ثم أُضيفت التربة المغرلة إليه. فُدرت الكثافة الظاهرية بـ 1.1 غ/سم³، وعلى أساسها تمّت تعبئة الأصص، فكانت كمية التربة الجافة هوائياً المضافة لكل أصيص 1300 غ. تضمنت التجربة 48 أصيصاً (8 * 6 = 48)، إذ تمّت زراعة الطرز الوراثية المختبرة بواقع 6 مكررات لكل صنف (اثان منها للمعاملة الرطبة و 4 منها لمعاملة التجفيف التدريجي).

تمّت زراعة 10 حبوب من كل صنف في الأصيص بتاريخ 2016/1/14 على عمق 2.5 سم، وروبت الأصص مباشرة بعد الزراعة بكمية كافية من الماء، وكُررت السقاية كلما دعت الحاجة. في صباح 2016/3/5 (بعد 52 يوم من الزراعة) كانت النباتات في مرحلة بداية الإشطاء، رويت الأصص لتصل رطوبة التربة لمرحلة الإشباع، ثم تُركت لمدة 24 ساعة لرشح الماء الزائد. في صباح اليوم التالي (أي 2016/3/6) تمّت تغطية الأصص باستخدام أكياس من البولي إيثيلين لمنع تبخر الماء من سطح التربة مع إبقاء النبات بدون تغطية ثم وزنت الأصص، كما تمّ وضع نهايات ماصات بلاستيكية ملاصقة لسوق النباتات ليتمّ من خلالها تزويد النبات بالماء باستخدام ماصة ميكرونية. وزنت الأصص من جديد ثم حُسبت كمية الماء المستهلكة باليوم، بعدها تمّ تحديد أربعة أصص من كل صنف تمثل المدى الكامل لكمية الماء المستهلكة، وتمّ اعتمادهم كمعاملة تجفيف تدريجي، أمّا الأصيلين المتبقين فقد تمّ تحديدهم كمعاملة رطبة «الشاهد» وذلك بالمحافظة على رطوبتها ضمن حدود السعة الحقلية (90%) طوال فترة التجربة، إذ أنّ هذين الأصيلين من كل صنف كانت توزن يومياً (في نفس الوقت من كل يوم)، وتعوّض كمية الماء المفقودة منهما يومياً لتبقى الرطوبة ضمن رطوبة السعة الحقلية (90%). أمّا الأصص الأربعة المتبقية فقد طُبّق عليها معاملة التجفيف التدريجي حيث سُمح لها بأن تفقد يومياً 15 مل ماء حتى تاريخ 2016/3/25، ثم سُمح لها بأن تنتج 25 مل يومياً حتى نهاية التجربة. وتمّ وزن الأصص يومياً في موعد ثابت، هو الواحدة ظهراً. استمرت معاملة التجفيف 41 يوماً لحين جفاف النباتات وموتها في المعاملات المعرضة للتجفيف التدريجي، ثم حُصّدت النباتات من فوق سطح التربة واستخلصت الجذور وغسلت وجُففت في الفرن على درجة 65 م لمدة 48 ساعة لحساب المادة الجافة.

تمّ التعبير عن نسبة النتج (Transpiration Ratio (TR) في الأصص المعاملة بالتجفيف التدريجي كنسبة بين كمية الماء المفقودة يومياً (النتج) لكل أصيص (في معاملة التجفيف التدريجي) منسوباً إلى متوسط كمية الماء المفقودة يومياً في الأصص الرطبة (المعاملة الرطبة)، وأجري تعديل لأرقام نسبة النتج (Normalizing) حسب Jeffrey and Sinclair, (1998) وذلك بحساب متوسط أوزان الأصص قبل أن تبدأ قيم نسبة النتج (TR) بالانخفاض عن 1.0 وتقسيم الوزن اليومي لكل أصيص على المتوسط. كما حُسبت كمية الماء القابلة للاستفادة من قبل النبات يومياً (FTSW) Fraction of Transpirable Soil Water لكل أصيص من أصص معاملة التجفيف باستخدام المعادلة (1):

$$FTSW = \frac{\text{الوزن اليومي للأصيص} - \text{وزن الأصيص في نهاية التجربة}}{\text{وزن الأصيص (في بداية التجربة) - في نهاية التجربة}} \quad (1)$$

تمّ ربط قيم نسبة النتج المعدلة (Normalized Transpiration Ratio (NTR) (Y) مع قيم FTSW (X) وذلك باستخدام نموذج الانحدار الخطي Linear Plateau إذ رسمت العلاقة الخطية على مرحلتين:

$$\begin{aligned} \text{الأولى (2) عندما } NTR = 1.0 & \quad \text{والثانية (3) عندما } NTR \text{ أصغر من } 1.0 \text{ باستخدام منحني الانحدار:} \\ X > C_p & \quad Y = 1.0 \quad (2) \\ X < C_p & \quad Y = A + B * X \quad (3) \end{aligned}$$

حيث A و B: يمثلان ثوابت معاملة الانحدار في المرحلة الثانية.

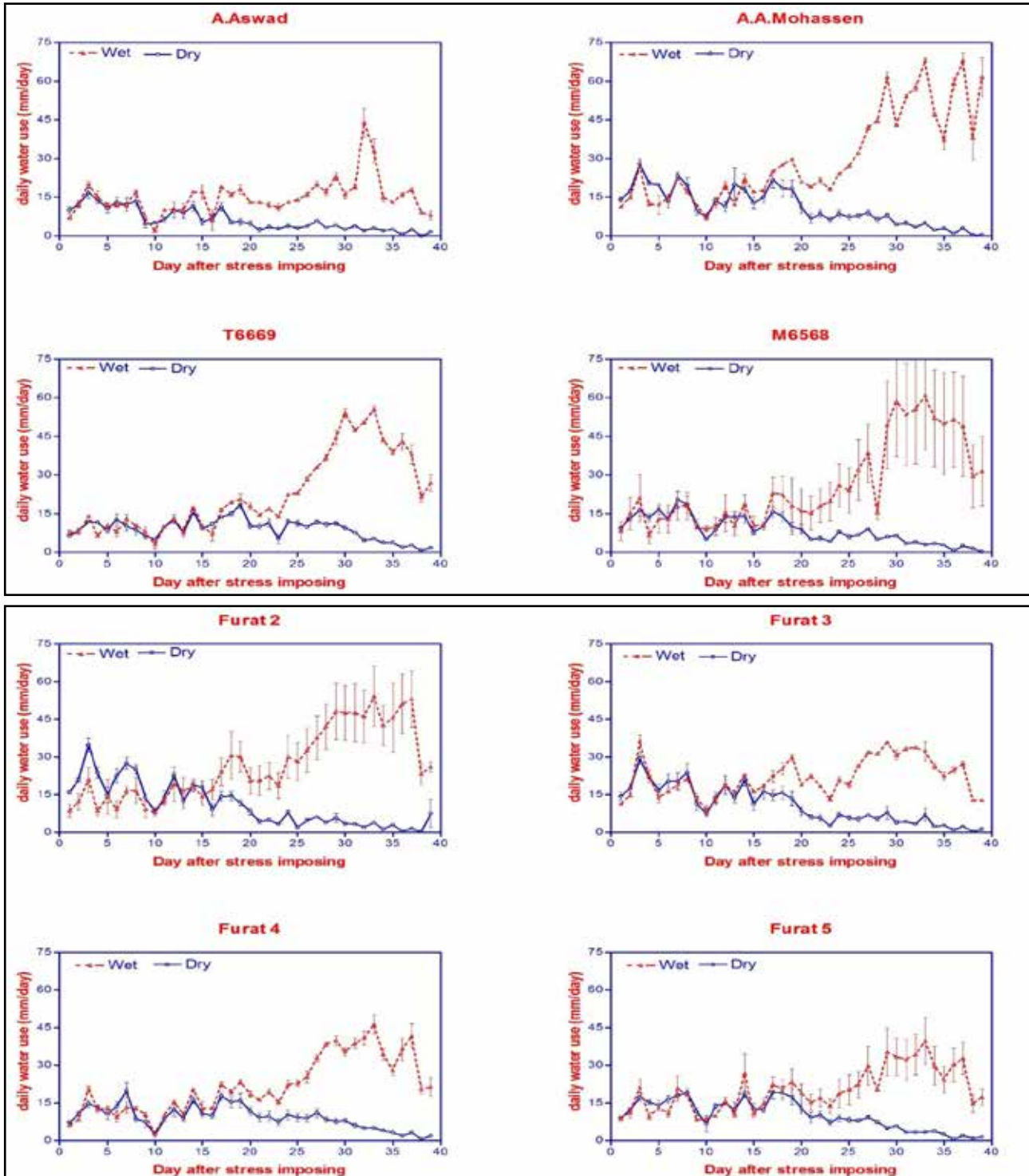
Cp: هي النقطة الحرجة (Threshold) التي يبدأ عندها نسبة النتج بالانخفاض في الأصص المعاملة بالتجفيف بالمقارنة مع الأصص الرطبة. وبيّن Sinclair et al., (1998) الذي استخدم هذه العلاقة أنّ قيم Cp يمكن تعريفها باستخدام معاملي

$$\text{الانحدار حسب المعادلة رقم (4):} \quad C_p = (1-A)/B \quad (4)$$

استُخدم البرنامج Prism V3.0 لرسم المنحنيات وتحديد الثوابت لقيم النقطة الحرجة (Threshold). كما استخدم برنامج GenStat 12th edition لتحليل التباين ومقارنة المتوسطات باستخدام قيمة أقل فرق معنوي LSD.

النتائج:

أظهرت نتائج دراسة الاستهلاك اليومي للماء (كمية الماء المستهلكة للنتج) تبايناً واضحاً في كميات الاستهلاك ما بين الأصناف وضمن المعاملات المختلفة.



الشكل 1. الاستهلاك اليومي للماء للطرز الوراثية من الشعير بعد تطبيق التجفيف التدريجي في بداية مرحلة الإشتاء

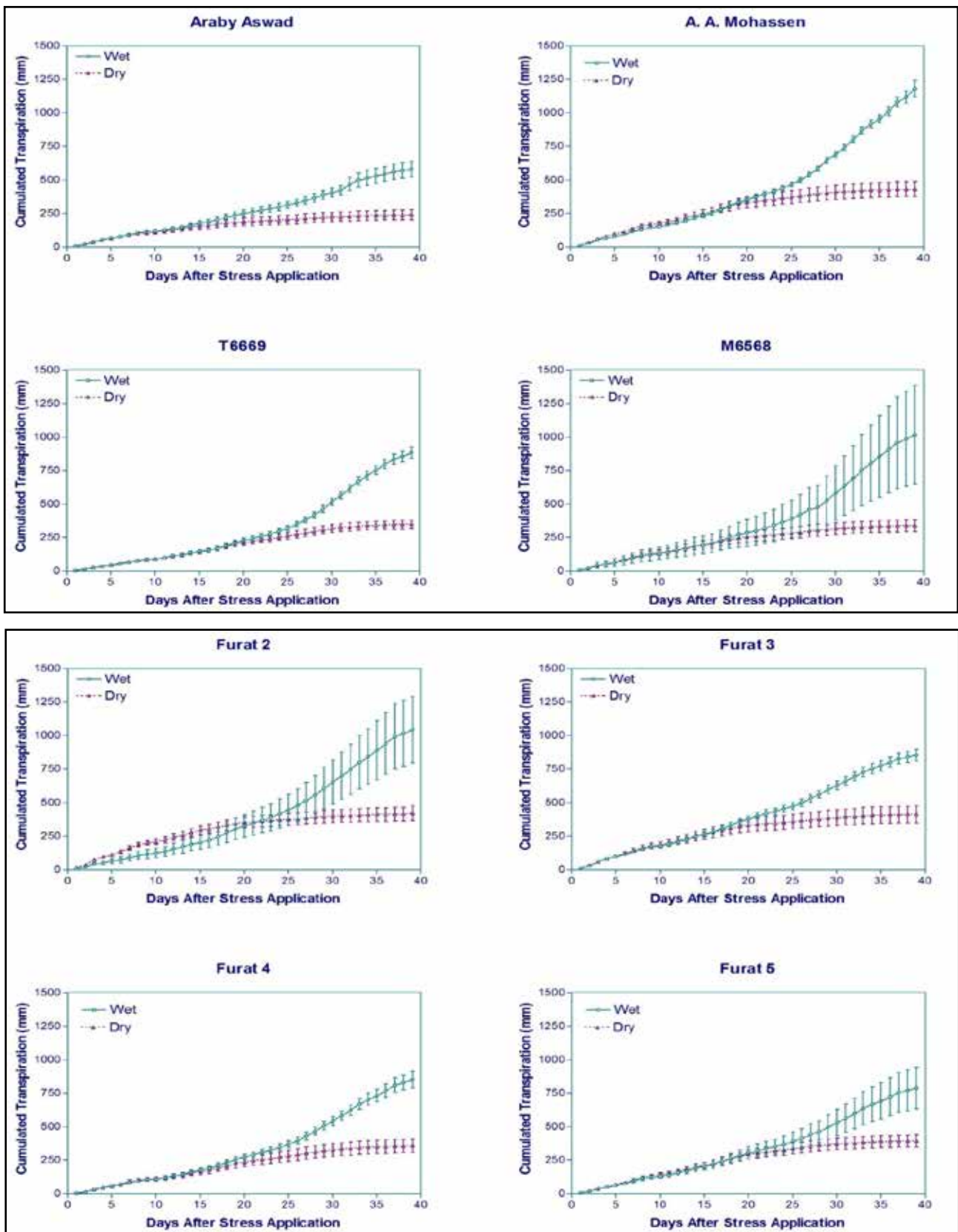
مع العلم أنّ كمّيات الاستهلاك اليومي ما بين المعاملات المعرّضة للتجفيف التدريجي والمعاملات الرطبة كانت متقاربة في بداية تطبيق التجفيف التدريجي ودون فروق معنويّة فيما بينهما (الشكل 1).

ومع تقدّم الزمن بدأت كمّيات الاستهلاك في الأصص الرطبة تتفوّق على مثيلاتها في الأصص المعرّضة للتجفيف التدريجي، وكانت بداية هذه الفروق مختلفة ما بين الطرز الوراثيّة، فقد بدأ تفوّق النباتات النامية في الأصص الرطبة في اليوم الرابع عشر للصنف عربي أسود، والخامس عشر للصنف فرات 3، والسادس عشر للصنف فرات 2، والثامن عشر للصنفين عربي أبيض محسن و T6669، والتاسع عشر للصنف فرات 4، والعشرين للصنف M6568، بينما تأخر في الصنف فرات 5 إلى اليوم الواحد والعشرين (الشكل 1).

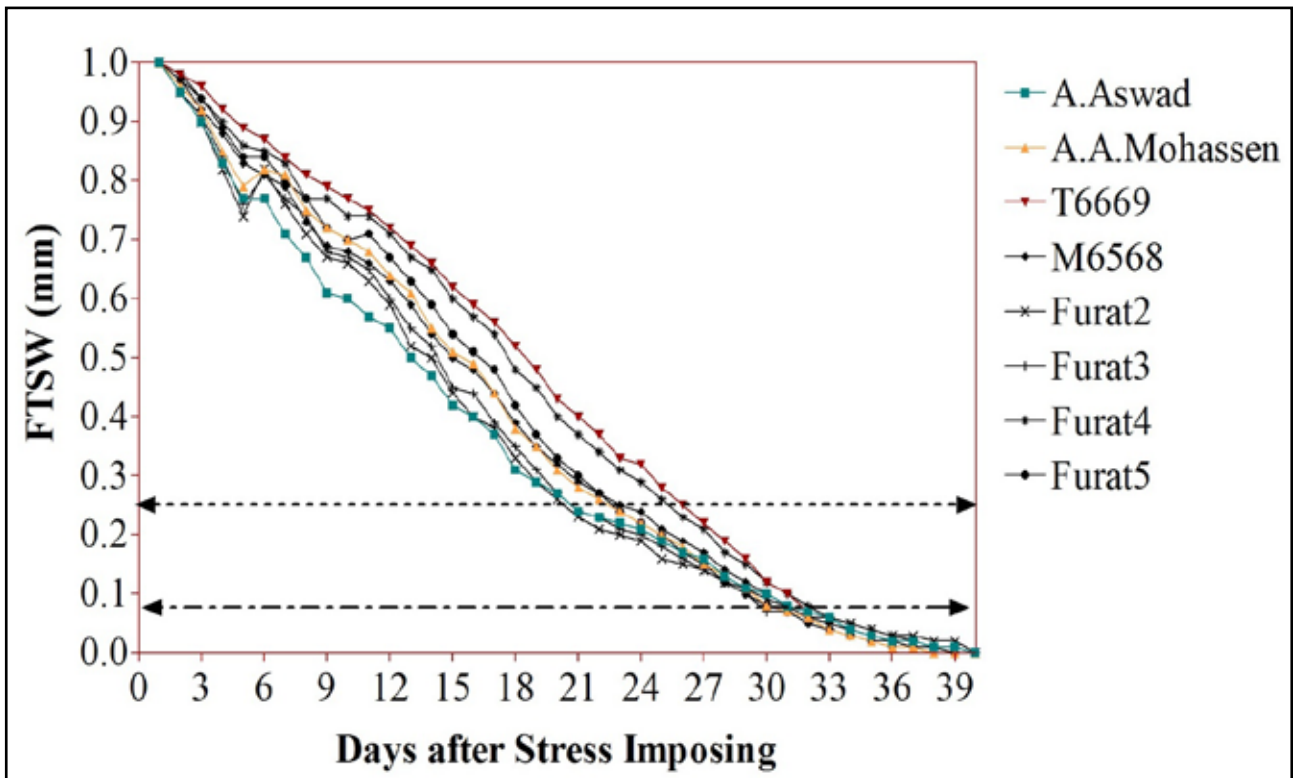
ولدى دراسة كمّيات النتج اليومي التراكمي للأصص المعرّضة للتجفيف التدريجي على النتج اليومي التراكمي للأصص الرطبة يتبيّن من الشكل (2) أنّ كمّيات الاستهلاك الكلي طيلة فترة التجفيف التدريجي (39 يوم) بلغت في الأصص الرطبة 578 ملم للصنف عربي أسود بمعدل نتج يومي (15 مل/أصيص)، و 788 ملم للصنف فرات 5 بمعدل نتج يومي (20 مل/أصيص)، و 852، و 853 و 883 مل للطرز الوراثيّة فرات 4 وفرات 3 و T6669 وبمعدل نتج يومي 22، 22، 23 مل/أصيص لكلّ منها على التوالي. في حين تجاوزت كمّيات الاستهلاك الكلي 1000 مل لكلّ من الطرز الوراثيّة المتبقية فبلغت 1018 و 1042 و 1180 مل وبمعدل نتج يومي 26، و 27، و 30 مل/أصيص لكل من الطرز الوراثيّة M6568، وفرات 2 وعربي أبيض محسن الذي استهلك أكبر كمّية من المياه في الظروف الرطبة. أمّا في الأصص المعرّضة للتجفيف التدريجي فقد استمرّ الصنف عربي أسود بأقل كمّية استهلاك (240 مل) ومعدل نتج يومي (6 مل/أصيص)، وكذلك الصنف عربي أبيض محسن بأعلى كمّية استهلاك (430 مل) ومعدل نتج يومي (11 مل/أصيص)، في حين تغيّر ترتيب الطرز الوراثيّة المتبقية حسب كمّية الاستهلاك التي انخفضت بشكل واضح لدى نباتات الصنف M6568 فبلغت 339 مل، وفي الصنف T6669 بلغت 349 مل، وفي الصنف فرات 4 بلغت 358 مل. وبلغ معدّل النتج اليومي 10 مل/أصيص في نباتات الصنف فرات 5 لتصل كمّية الاستهلاك الكلية حوالي 395 مل. أمّا الصنفان فرات 3 وفرات 2 فقد استهلكا 411 و 420 مل ماء وبمعدل نتج يومي 11 مل/أصيص.

بناءً على ما سبق يتضح أنّ النسبة المئوية لانخفاض كمّيات المياه المستهلكة نتيجة التعرض للتجفيف التدريجي كانت أقلّها في نباتات الصنف فرات 5 (49.87%) وفرات 3 (51.82%)، بينما تجاوزت هذه النسبة 60% في كل من الطرز الوراثيّة T6669 (60.48%) وعربي أبيض محسن (63.56%) و M6568 (66.70%).

يُظهر الشكل (3) قيم كمّية الماء القابل للاستفادة FTSW للطرز الوراثيّة المختبرة، إذ تدلّ هذه القيم على كمّيات الماء المتاحة في الأصص المعرّضة للتجفيف التدريجي، فإذا انخفضت هذه القيمة عن 0.1 دلّ ذلك على تماوت النباتات نتيجة فقدان رطوبة التربة المتاحة. هذا وقد اختلفت الطرز الوراثيّة فيما بينها من ناحية سرعة انخفاض كمّيات المياه القابلة للاستفادة، إذ لوحظ أعلى منحني للصنف T6669 تلاه فرات 4، بينما الصنفان فرات 2 و M6568 كان فقد الرطوبة المتاحة فيهما أسرع، وبعد ثلاثين يوماً من فرض التجفيف التدريجي انخفضت قيمة FTSW عن 0.1 في جميع الطرز الوراثيّة (الشكل 3).



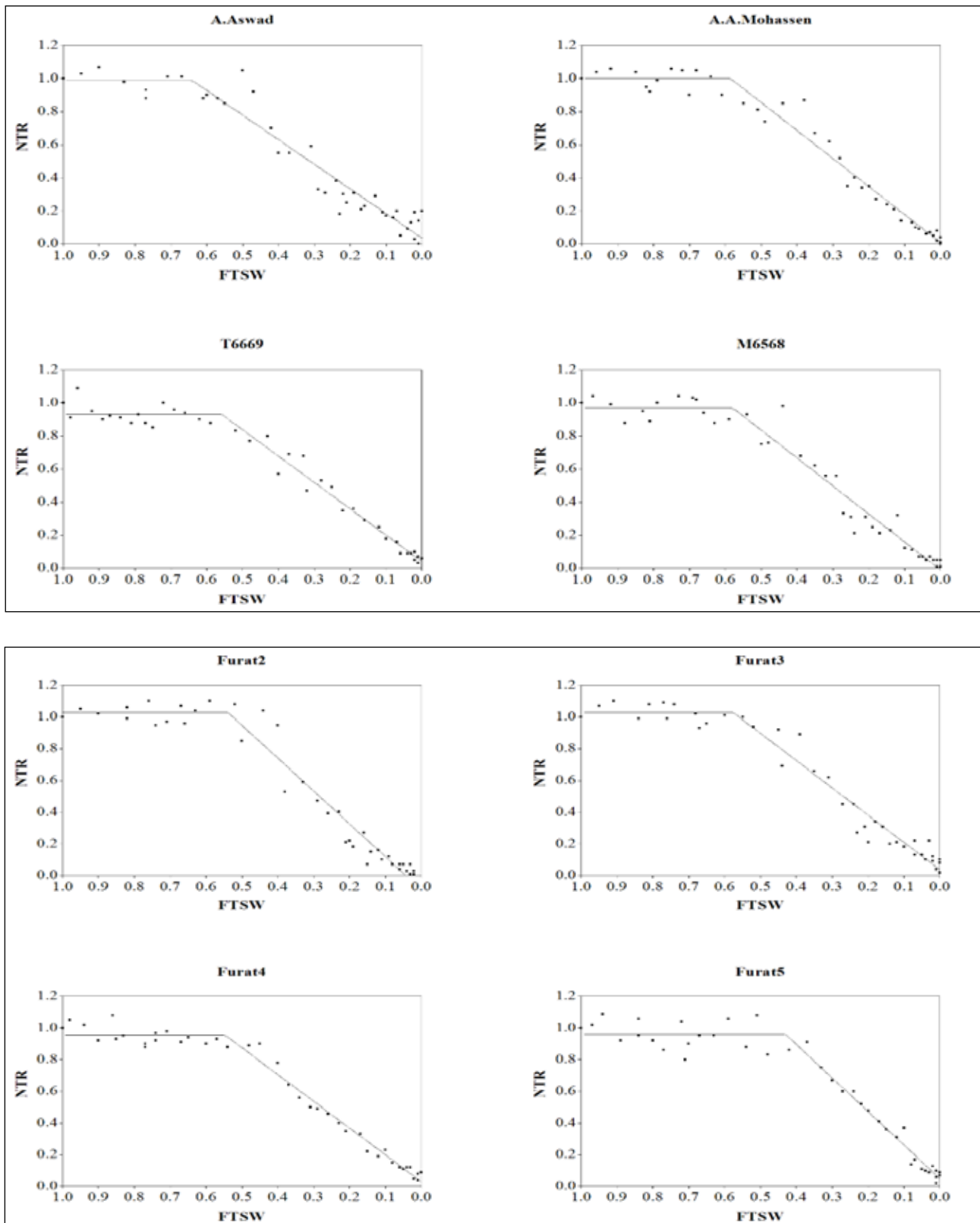
الشكل 2. معدل النتح التراكمي للطرز الوراثية من الشعير بعد تطبيق التجفيف التدريجي في بداية مرحلة الإشتاء



الشكل 3. كمية الماء القابلة للاستفادة FTSW في الأصص المعرضة للتجفيف التدريجي للطرز الوراثية المختبرة

تمّ رسم العلاقة بين قيم NTR وFTSW لكلّ صنف (الشكل 4) وحُدّدت قيمة متوسط النقطة الحرجة threshold بنحو 0.43 للصنف فرات 5 (أي أنه الصنف الأكثر تحملاً لانخفاض رطوبة التربة)، إذ استمرت النباتات المعرضة للتجفيف التدريجي بالنتح اليومي بمعدّل يشابه نتح النباتات في الظروف الرطبة (دون ظهور أعراض إجهاد رطوبي) حتى وصول كمية الماء القابل للاستفادة 43%، ثم بدأ معدّل النتح في هذه النباتات المعرضة للتجفيف التدريجي ينخفض بشكلٍ مستمر نتيجة الإجهاد الرطوبي. وكان أداء مجموعة من الطرز الوراثية متقارباً إذ بلغت قيمة النقطة الحرجة 0.54، 0.55، 0.56 لكلّ من الطرز الوراثية: فرات 2، وفرات 4، وT6669، في حين بلغت قيمة النقطة الحرجة 0.58 في كل من الصنفين فرات 3 وM6568، بينما بلغت 0.59 في الصنف عربي أبيض محسن، بينما لوحظت أعلى قيمة للنقطة الحرجة (0.64) في نباتات الصنف عربي أسود، وهذا يشير إلى أنّ نباتات هذا الصنف انخفض معدّل نتحها اليومي لدى تعرّضها للتجفيف التدريجي مع وصول كمية الماء القابلة للاستفادة 64% (الشكل 4).

أنتجت النباتات النامية في الظروف الرطبة كمية أكبر من المجموع الخضري والجذري بالمقارنة مع النباتات النامية في ظروف التجفيف التدريجي، وعليه ظهرت فروق معنوية لصالح النباتات النامية في الظروف الرطبة لمعظم الصفات المدروسة باستثناء وزن المجموع الخضري الجاف. وقد بلغ متوسط الوزن الرطب لكامل النباتات النامية في الظروف الرطبة 13.93 غ/أصيص مقابل 4.87 غ/أصيص لمتوسط النباتات النامية في ظروف التجفيف التدريجي، وكذلك الأمر بالنسبة لكمية المادة الجافة المتشكلة لكامل النبات إذ بلغت 2.71 و2.12 غ/أصيص لكلّ من متوسطي النباتات النامية في الظروف الرطبة والجافة على التوالي (الجدول 1).



الشكل 4. العلاقة بين كمية الماء القابلة للاستفادة FTSW ونسبة نتج النباتات المعرضة للتجفيف التدريجي في بداية مرحلة الإشتاء إلى النباتات النامية في ظروف رطبة

الجدول 1. الوزن الرطب والجاف (غ/أصيص) لكل من المجموع الخضري والجذري وكامل لمتوسط الطرز الوراثية النامية ضمن معاملتي التجفيف التدريجي (Dry) والظروف الرطبة (Wet)

مستوى المعنوية	حدود الثقة (95%)		الخطأ القياسي الحد الأدنى	المتوسط	الصفات
	الحد الأعلى				
<0.001***	5.67	3.34	0.570	4.50	جاف
	14.55	11.26	0.806	12.90	رطب
0.066ns	2.22	1.67	0.135	1.95	جاف
	2.78	2.00	0.190	2.39	رطب
<0.001***	0.40	0.33	0.016	0.36	جاف
	1.08	0.98	0.023	1.03	رطب
<0.001***	0.18	0.16	0.007	0.17	جاف
	0.34	0.30	0.010	0.32	رطب
<0.001***	6.04	3.70	0.574	4.87	جاف
	15.59	12.28	0.812	13.93	رطب
0.017*	2.39	1.84	0.136	2.12	جاف
	3.10	2.32	0.192	2.71	رطب

وجدت فروق معنوية ما بين الطرز الوراثية المدروسة عند مستوى معنوية ($P \leq 0.001$) للأوزان الرطبة للمجموع الخضري والمجموع الجذري وكامل النبات، كما لوحظت فروق معنوية عند مستوى ($P \leq 0.05$) للوزن الجاف للمجموع الجذري، في حين لم يشاهد وجود أية فروق معنوية للوزن الجاف للمجموع الخضري وكذلك كامل النبات (الجدول 2). ولدى دراسة الأوزان الرطبة للمجموع الخضري والجذري وكامل النبات، لوحظ أنّ الصنف عربي أبيض محسن قد أنتج أعلى كمية من المجموع الخضري الرطب 13.67 غ/أصيص (متوسط للنباتات النامية تحت ظروف التجفيف التدريجي والنباتات النامية في الظروف الرطبة)، وكذلك أعلى كمية للمجموع الجذري الرطب 0.86 غ/أصيص، ولكامل النبات 14.53 غ/أصيص. تلاه الصنف فرات 2 بأعلى وزن رطب للمجموع الخضري (12.55 غ/أصيص) ولكامل النبات (13.14 غ/أصيص)، والصنف M6568 بوزن رطب للمجموع الخضري (12.16 غ/أصيص) ولكامل النبات (12.58 غ/أصيص). أما الطرز الوراثية فرات 4 وفرات 5 وعربي أسود فقد أنتجت كميات متدنية من المجموع الخضري والجذري وبالتالي كامل النبات، إذ لم تتجاوز الغلة الحيوية (الوزن الرطب لكامل النبات) 7.68، 5.29، 5.09 غ/أصيص لكل منها على التوالي (الجدول 2). تميّز الصنف فرات 3 والصنف عربي أبيض محسن بأعلى وزن جاف للمجموع الجذري إذ بلغ 0.29 و0.28 غ/أصيص لكل منهما على التوالي. بينما انخفض إلى 0.23، 0.22، 0.21 غ/أصيص في كل من الطرز الوراثية: فرات 2 و T6669 وعربي أسود على التوالي (الجدول 2).

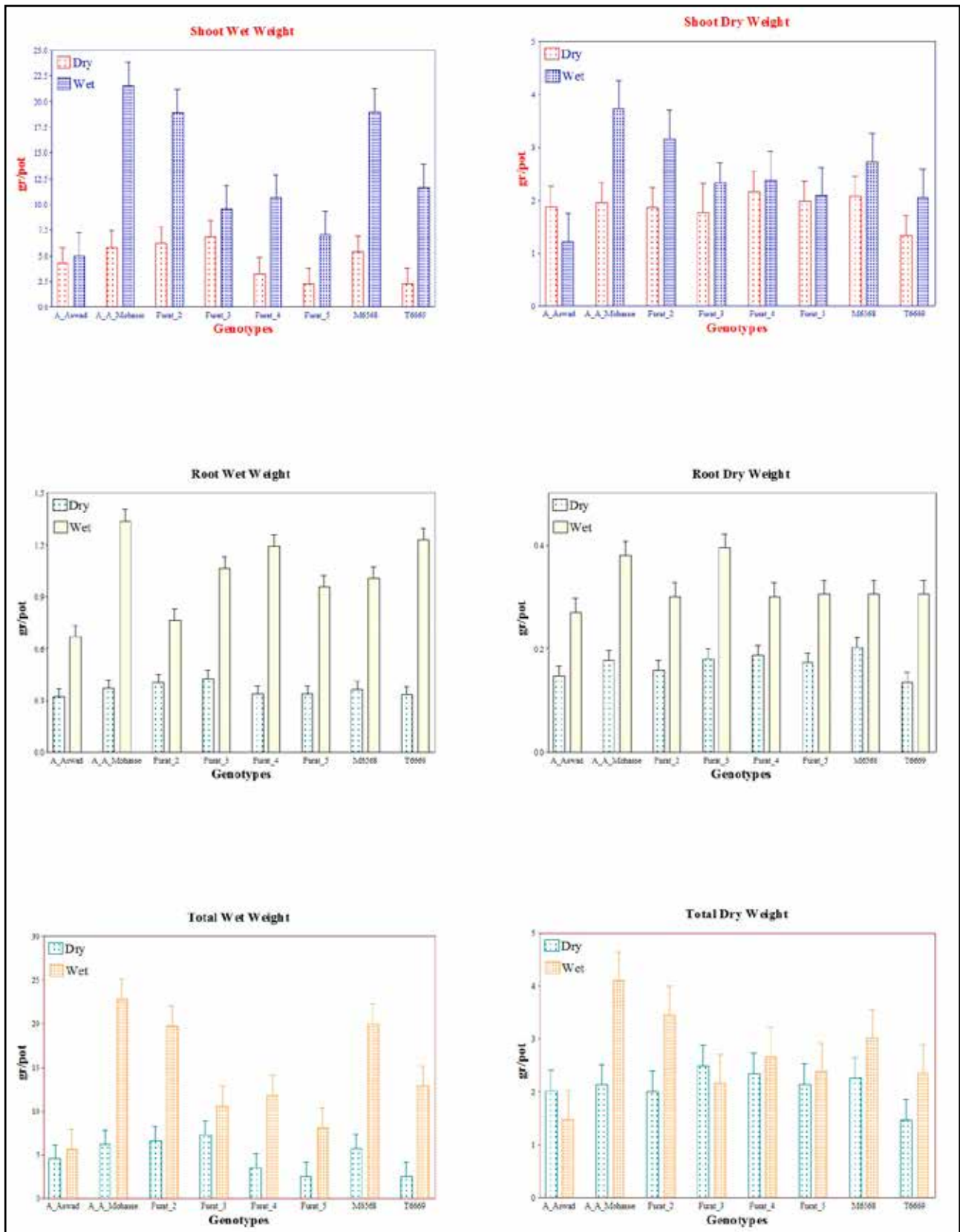
ولدى دراسة الأثر المشترك للطرز الوراثية مع معاملات الرطوبة، يتبين من الشكل (5) اختلاف منحنى استجابة الطرز الوراثية للمعاملات المائية، وكانت الفروق معنوية للأوزان الرطبة فقط. فلدى دراسة وزن المجموع الخضري الرطب على سبيل المثال سجلت أعلى كمية في الظروف الرطبة لدى الطرز الوراثية عربي أبيض محسن وفرات 2 و M6568، بينما أعلى كمية في ظروف التجفيف التدريجي سجلت لنباتات الطرز الوراثية فرات 3 وفرات 2 وعربي أبيض محسن، أما أقل كمية من المجموع الخضري في الظروف الرطبة كان من نصيب نباتات الصنفين فرات 5 وعربي أسود. بينما لوحظت أدنى كمية للمجموع الخضري في نباتات فرات 5 و T6669 وفرات 4 وذلك في الأصص المعرضة للتجفيف التدريجي (الشكل 5).

ولوحظ نفس منحنى النتائج لدى دراسة الوزن الرطب لكامل النبات. إذ بلغ متوسط الوزن الرطب في الظروف الرطبة 5.63، 8.02، 10.61، 11.8، 12.86، 19.68، 19.98، 22.87 غ/أصيص وفي ظروف التجفيف التدريجي 4.54، 2.56، 7.26، 3.56، 2.54، 6.58، 5.71، 6.19 غ/أصيص لكل من الطرز الوراثية: عربي أسود، وفرات 5، وفرات 3، وفرات 4، و T6669 وفرات 2، و M6568، وعربي أبيض محسن. وعليه يكون الصنف عربي أسود هو الأقل انخفاضاً في كمية الغلة الحيوية الرطبة نتيجة تعرضه للتجفيف التدريجي إذ انخفضت كمية الغلة الحيوية بنسبة 19.3% فقط بين النباتات النامية

في الظروف الرطبة والنباتات المعرضة للتجفيف التدريجي، مع الأخذ بعين الاعتبار أنّ النباتات لم تشكّل كمية كبيرة من المادة الجافة في الظروف الرطبة، تلاه الصنف فرات 3 بنسبة انخفاض لم تتجاوز 31.5%، بينما تجاوزت نسبة الانخفاض 65% في باقي الطرز الوراثية وتراوحت من 66.5% في الصنف فرات 2 إلى 80.3% في الصنف T6669.

الجدول 2. متوسط إنتاجية الطرز الوراثية من الشعير النامية في الظروف الرطبة والمعرضة للتجفيف التدريجي بدءاً من مرحلة الإشتاء

المجموع الخضري الجاف			المجموع الخضري الرطب			الطرز الوراثية
حدود الثقة (٩٥%)		المتوسط	حدود الثقة (٩٥%)		المتوسط	
الحد الأدنى	الحد الأعلى		الحد الأدنى	الحد الأعلى		
2.22	0.87	1.55	7.44	1.75	4.59	A_Aswad
3.52	2.17	2.84	16.52	10.83	13.67	A_Mohassen
3.18	1.84	2.51	15.39	9.71	12.55	Furat_2
2.72	1.38	2.05	11.04	5.35	8.19	Furat_3
2.94	1.60	2.27	9.76	4.07	6.91	Furat_4
2.70	1.36	2.03	7.49	1.80	4.64	Furat_5
3.06	1.72	2.39	15.00	9.31	12.16	M6568
2.37	1.02	1.70	9.76	4.08	6.92	T6669
		2.17			8.70	المتوسط
		0.84			3.75	LSD5%
المجموع الجذري الجاف			المجموع الجذري الرطب			
0.24	0.17	0.21	0.58	0.41	0.50	A_Aswad
0.31	0.24	0.28	0.94	0.78	0.86	A_Mohassen
0.26	0.19	0.23	0.67	0.50	0.59	Furat_2
0.32	0.25	0.29	0.83	0.66	0.75	Furat_3
0.28	0.21	0.24	0.85	0.69	0.77	Furat_4
0.27	0.20	0.24	0.73	0.57	0.65	Furat_5
0.29	0.22	0.25	0.77	0.61	0.69	M6568
0.25	0.19	0.22	0.86	0.70	0.78	T6669
		0.245			0.70	المتوسط
		0.044			0.107	LSD5%
كامل النبات جاف			كامل النبات رطب			
2.43	1.08	1.75	7.95	2.22	5.09	A_Aswad
3.80	2.44	3.12	17.39	11.67	14.53	A_Mohassen
3.42	2.06	2.74	16.00	10.27	13.14	Furat_2
3.01	1.66	2.34	11.80	6.07	8.94	Furat_3
3.19	1.84	2.52	10.54	4.82	7.68	Furat_4
2.95	1.59	2.27	8.15	2.43	5.29	Furat_5
3.33	1.97	2.65	15.71	9.98	12.85	M6568
2.59	1.24	1.92	10.57	4.84	7.70	T6669
		2.41			9.40	المتوسط
		0.851			3.766	LSD5%
كامل النبات جاف	كامل النبات رطب	المجموع الجذري الجاف	المجموع الجذري الرطب	المجموع الخضري الجاف	المجموع الخضري الرطب	
0.126 ^{ns}	<0.001 ^{***}	0.024 [*]	<0.001 ^{***}	0.149 ^{ns}	<0.001 ^{***}	مستوى المعنوية



الشكل 5. إنتاجية الطرز الوراثية في الظروف الرطبة والمعرضة للتجفيف التدريجي (الأثر المشترك)

المناقشة:

يُعدّ تبخر الماء من سطح التربة مكوناً رئيساً لفقد الماء الكلي، ولا سيما في بداية نمو المحاصيل والنباتات لا تزال صغيرة الحجم والغطاء النباتي لا يغطي كامل سطح التربة (Kato *et al.*, 2004)، وتظهر أهمية ذلك لا سيما في المناطق شبه الجافة (شمال سورية على سبيل المثال)، إذ أنّ تبخر الماء من سطح التربة يعدّ الجزء الأكبر للاستهلاك المائي الكلي والذي قد يتجاوز 50% كما ذكر (Corbeel *et al.*, 1998). ولذلك يمكن مقارنة كفاءة النتج لأنواع والطرز الوراثية المختلفة من خلال تحديد كمية الماء المستهلكة فعلاً من قبل النبات (الماء المنتوج) وتحويلها إلى مادة جافة، لذا تمّ اللجوء لتجربة الأصص هذه بهدف تحديد كمية الماء المفقودة فقط من خلال نتج النبات. وعليه ظهر أنّ الصنف عربي أسود (المعتمد قديماً) استهلك أقل كمية من المياه في الظروف الرطبة (578 ملم) في حين أنّ الطرز الوراثية الأحدث استهلك كميات أكبر من الماء بالمقارنة مع الصنف عربي أسود بنسبة زيادة بلغت 36.3%، 47.4% لكلّ من الصنفين سداسيا الصّفوف (فرات 5 وفرات 4 على التوالي)، وبنسبة 52.8%، و76.1% للسلاطين المبشرتين T6669 وM6568 على التوالي، وبنسبة 47.6% و80.3% و104.2% لكلّ من الطرز الوراثية ثنائية الصّف فرات 3 وفرات 2 وعربي أبيض محسن على التوالي. وبنفس منحنى النتائج لوحظ أقل كمية للوزن الرطب لكامل النبات (5.09 غ) للصنف عربي أسود، وازدادت إنتاجية الطرز الوراثية بالمقارنة مع هذا الصنف بنسبة بلغت 3.9%، 50.8%، 75.6%، 51.3%، 152.3%، 158.2%، 185.5% لكلّ من الطرز الوراثية فرات 5 وفرات 4 وفرات 3 وT6669 وM6568 وفرات 2 وعربي أبيض محسن على التوالي، كما زادت كمية المادة الجافة الكلية لنفس الطرز الوراثية على التوالي بالمقارنة مع صنف عربي أسود بنسبة بلغت 29.7%، 44.0%، 33.7%، 9.7%، 51.4%، 56.6%، 78.3% لكلّ منها على التوالي. وبذلك بلغت كفاءة استخدام الماء 2.17، 2.60، 2.63، 2.64، 2.74، 2.88، 2.96، 3.02 ملغ مادة جافة/مل ماء منتوج لكلّ من الطرز الوراثية T6669 وM6568 وفرات 2 وعربي أبيض محسن وفرات 3 وفرات 5 وفرات 4 وعربي أسود على التوالي. أي أنّه في ظروف انخفاض الرطوبة لا يزال الصنف القديم عربي أسود هو الأكثر من ناحية كفاءة استخدام المياه، بينما للحصول على كمية أكبر من المادة الخضراء ومع توافر الرطوبة يفضل استخدام الطرز الوراثية المحسنة، مع الأخذ بعين الاعتبار أنّ بعض الطرز الوراثية النامية تحت ظروف الصوب الزجاجية لا تعكس معدّلات نمو مشابهة لما هو عليه تحت الظروف الحقلية.

وبما أنّ الطرز الوراثية الأحدث أعطت معدّلات نمو خضري أكبر في البداية فإنّ هذه الصفة يمكن أن تكون هامة، إذ أنّ الإنبات السريع وقوة النمو الخضري المبكر سجلاً كصفات مهمة من ناحية كفاءة استخدام المياه في المحاصيل النجيلية تحت ظروف المناطق المتوسطة (Richards *et al.*, 2002). ويؤكد (Passioura, 2004) أنّ التبخر من سطح التربة يرتبط سلباً مع كمية الظلّة النباتية (مساحة التربة المظلة بالغطاء النباتي). وعليه فإنّ الإنجازات التي تحققت على القمح والشعير للحصول على مسطح ورقي أكبر في المراحل المبكرة من عمر المحصول ساهمت بشكل فعال في تقليل فقد الماء من خلال التبخر من سطح التربة (Lopez-Castaneda *et al.*, 1995; Rebetzke *et al.*, 2004). إذ أنّ انتشار الغطاء النباتي يمكن أن يقلل من تبخر سطح التربة من خلال ثلاثة آليات وفق ما بينه (Gregory *et al.*, 2000) الأول من خلال تقليل الأشعة الصافية الممتصة من قبل التربة، والثاني من خلال ترطيب الهواء Humidification of the air وزيادة المقاومة الايروديناميكية Aerodynamic resistance لنقل بخار الماء من التربة، والثالث من خلال امتصاص الماء عن طريق جذور النباتات القريبة من سطح التربة مما يقلل الوصلية المائية Hydraulic conductance.

إنّ النباتات المعرّضة للإجهاد الرطوبي عادةً ما تكون أصغر وتقلل من امتداد الورقة Leaf expansion (Takami *et al.*, 1981; Connor and Sadras, 1992)، كما تقلل من الناقلية المسامية (Kiani *et al.*, 2007) والنتج بالمقارنة مع النباتات النامية في الظروف الرطبة. فمع زيادة فترة الجفاف الأرضي وانخفاض نسبة الرطوبة في التربة ستزداد عدد الأيام التي تكون فيها مسام النباتات مغلقة (لتقليل الفقد بالنتج) وبالتالي تبقى الناقلية المسامية منخفضة، مما يساهم في زيادة كفاءة النتج (Sinclair, 2012).

ويمكن تحديد حساسية الطرز الوراثية لنقص الرطوبة في التربة (الجفاف الأرضي) بمصطلح FTSW أي كمية الماء المتبقية في التربة والقابلة للنقل لصالح النبات، فقد بيّن (Sadras and Milroy, 1996) أنّ حدود معدّلات النتج تتغير عند تناقص قيمة FTSW إلى الثلث. إذ أظهرت نتائج دراسات التجفيف أنّ النقطة الحرجة threshold للمؤشر FTSW تتخفّض مع معدّلات النتج. فالنباتات تستمرّ في النتج بمعدل متسارع وتنمو حتى تصل لقيمة النقطة الحرجة للمؤشر FTSW.

وقد نفذ وهبي وآخرون، (2008) تجربة أصص لمقارنة معدّل النتح لسنة الطرز الوراثية من القمح القاسي على نوعين من الترب السورية تل حديا (طينية) وريدا (مالية طينية لومية)، ثم تمّ ربط قيم معدّل النتح المعدلة (Normalized Transpiration Ratio (NTR) مع قيم كمية الماء القابلة للاستفادة من قبل النبات يوميا Fraction of Transpirable Soil Water (FTSW) باستخدام ثلاثة نماذج رياضية (Logistic، خطي وأسّي)، ولوحظت أعلى قيم لمعامل التقدير R^2 باستخدام النموذج Logistic. حيث أظهرت النتائج اختلافاً في منحى العلاقة بين معدّل النتح وكمية الماء القابلة للاستفادة، وذلك بين الطرز الوراثية وبين نوعي التربة المدروسة. تراوحت قيمة النقطة الحرجة (Threshold) للطرز الوراثية المزروعة في تربة تل حديا من 0.23 إلى 0.45 أما في تربة ريديا فتراوحت بين 0.26 إلى 0.37. تميّز الصنف Omruf-2 بنقطة حرجة منخفضة بالمتوسط في كلا التريبتين، ومادة جافة مرتفعة، أي أنّه حافظ على نتح عالي حتى مرحلة متقدّمة من انخفاض رطوبة التربة، وأعطى إنتاجية عالية. أمّا نتائج هذا البحث فتشير إلى أنّ قيم النقطة الحرجة قد تراوحت بين 0.43 و0.64. وهذا ما لاحظته العديد من الباحثين من حيث تباين الاستجابة الوراثية داخل النوع الواحد (اختلاف ما بين الأصناف والسلالات) تجاه قيم النقطة الحرجة للمؤشر FTSW كما في الدخن اللؤلؤي (Kholova et al., 2010) والذرة البيضاء (Gholipour et al., 2012) والذرة الصفراء (Sinclair, 2012). وقد وجد (Devi et al., 2009) على سبيل المثال لدى مقارنتهم 19 طرازاً وراثياً من الفول السوداني أنّ القيم الحرجة للمؤشر FTSW والتي يبدأ عندها تناقص كفاءة النتح مع تجفاف التربة قد تراوحت بين 0.22 و0.71. فعلى الرغم من عدم وجود فروق معنوية تذكر بين الطرز الوراثية في الظروف الرطبة، إلا أنّ تعريضها للتجفيف التدريجي أدى لظهور هذا التباين الكبير في الاستجابة لنقص الرطوبة. واستنتج الباحثون من ذلك أنّ زيادة كفاءة النتح للطرز الوراثية يظهر في الطرز ذات القيم المرتفعة من FTSW فهي تقلّل معدّل النتح مع بداية تجفاف التربة. بدوره وجد كل من (Schoppach and Sadok, 2012) تبايناً في قيم FTSW لثمانية طرز وراثية من القمح والتي تراوحت من -0.43 إلى 0.52.

الاستنتاجات:

- 1- اختلف سلوك الطرز الوراثية من ناحية كفاءة استخدام الماء ومعدّل النتح وبالتالي إنتاج المادة الجافة باختلاف ظروف المعاملات (الرطوبة والتجفيف التدريجي).
- 2- كان الصنف عربي أسود الأقل استهلاكاً للماء، والأقل إنتاجاً للمادة الجافة في الظروف الرطبة، لكنّه الأكثر كفاءة في استخدام الماء بخلاف الطرز الوراثية المحسّنة لا سيما عربي أبيض محسّن. كما كان الصنف عربي أسود الأقل انخفاضاً في كمية الغلّة الحيوية الرطبة نتيجة تعرّضه للتجفيف التدريجي.
- 3- سجّلت أدنى قيمة لمتوسط النقطة الحرجة Threshold بنحو 0.43 للصنف فرات 5، بينما لوحظت أعلى قيمة للنقطة الحرجة (0.64) في نباتات الصنف عربي أسود.

التوصيات:

- 1- اعتماد طريقة التجفيف التدريجي كطريقة رديفة وسريعة للكشف عن الطرز الوراثية الحساسة لنقص الرطوبة الطويل (المستمر).
- 2- متابعة العمل على نفس المادة النباتية في الظروف الحقلية.
- 3- ربط قيم FTSW ببعض القراءات الفيزيولوجية مثل دليل لون الورقة SPAD، والناقلية المسامية، ودرجة حرارة الأوراق.

المراجع:

- نحال، إبراهيم (1996). إزالة الغطاء النباتي وعلاقتها بالتصحر في سورية والبلاد المجاورة، الملخص العربي للجزء الأول: (تغيّرات المناخ وتغيّرات الغطاء الحراجي الطبيعي عبر التاريخ). مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الزراعية. (26): 271-273.
- وهبي، عمار ورامي كف الغزال ولقمان كريم وميلودي نشيط وأحمد شمس الدين شعبان (2008). معدّل النتح لمجموعة أصناف من القمح القاسي (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) بتعريضها للتجفيف التدريجي ضمن ظروف البيت الزجاجي. مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الزراعية. العدد 68.
- Al-Agely, A.; and A. Wahbi (2003). Extractable soil water and transpiration rate of mycorrhizal corn. Presented (orally) at the 4th International Conference on Mycorrhizae, between 10- 15 August 2003 at Montreal, Canada.

- Baldy, C. (1986). Comportement des blés dans les climats méditerranéens. Ecol. Medit. XII. 3-4: 73-88.
- Ceccarelli, S.; and S. Grando (1991). Selection environment and environmental sensitivity in barley. Euphytica. 57:157- 167.
- Ceccarelli, S.; S. Grando; M. Baum; and S.M. Udupa (2004). Breeding for Drought Resistance in a Changing Climate. pp 167- 190. In S.C. Rao and J. Ryan (ed.) 2004. Challenges and Strategies for Dryland Agriculture. CSSA Spec. Publ. 32. ASA and CSSA, Madison, WI.
- Connor, D.J.; and V. Sadras (1992). Physiology of yield expression in sunflower. Field crops Res., 30:333-389.
- Corbeel, M.; G. Hofman; and V. Van Cleemput (1998). Analysis of water use by wheat grown on a cracking clay soil in a semi-arid Mediterranean environment: weather and nitrogen effect. Agricultural Water Management. 38(2):147-167.
- Ford, K.L.; A. Cassin; and A. Bacic (2011). Quantitative proteomic analysis of wheat cultivars with differing drought stress tolerance. Frontiers in Plant Science. 2: 44-51.
- Gholipour, M.; T.R. Sinclair; and P.V.V. Prasad (2012). Genotypic variation within sorghum in transpiration response to drying soil. Journal of Agronomy and Crop Science, in press.
- Gregory, P.J.; L.P. Simmonds; and C.J. Pilbeam (2000). Soil type, climatic regime and the response of water use efficiency to crop management. Agronomy Journal. 92:814-820.
- Jeffery, D.R.; and T.R. Sinclair (1998). The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. Journal of Experimental Botany. 49(325):1381-1386.
- Kato, T.; R. Kimura; and M. Kamichika (2004). Estimation of evapotranspiration, transpiration ratio and water use efficiency from a sparse canopy using a compartment model. Agricultural Water Management. 65:173-191.
- Kholova, J.; C.T. Hash; A. Kakkera; M.Kocova; and V. Vadez (2010). Constitutive water-conserving mechanisms are correlated with terminal drought tolerance of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) R.Br.). Journal of Experimental Botany. 61:369-377. doi:10.1093/jxb/erp314.
- Kiani, S.P.; P. Grieu; P. Maury; T. Gentzbittel and A. Sarrafi (2007). Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theor. Appl. Genet., 114:193-207.
- Kramer, P.J.; and J.S. Boyer (1995). Water relations of plants and soils. Academic, New York. Pp 325.
- Lopez – Castaneda, C.R.A.; G. Richards; D. Farquhar; and R.E. Williamson (1995). Variation in early vigor between wheat and barley. Crop Science. 35:472-499.
- Merlot, S.; A.C. Mustilli; B. Genty; H. North; V. Lefebvre; B. Sotta; A. Vavasseur; and J. Giraudat (2002). Use of infrared thermal imaging to isolate Arabidopsis mutants defective in stomatal regulation. Plant Journal. 30:601-610.
- Passioura, J. (2004). Increasing crop productivity when water is scarce-from breeding to field management. In “New directions for a diverse planet”. Proceeding of 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- Peterson, C.M.; B. Klepper; F.B. Pumphrey; and R.W. Rickman (1984). Restricted rooting decreased tillering and growth of winter wheat. Agronomy Journal. 76:861-863.

- Ray, J.D.; and T.R. Sinclair (1998). The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *Journal of Experimental Botany*. 49:1381-1386.
- Rebetzke, G.J.; T.L. Botwright; C.S. Moore; R.A. Richards; and A.G. Condon (2004). Genotypic variation in specific leaf area for genetic improvement of early vigour in wheat. *Field Crop Research*. 88:179-189.
- Reynolds, M.P.; C.S. Pierre; A. Saad; M. Vargas; and A.G. Condon (2007). Evaluation potential genetic gains in wheat associated with stress-adaptive trait expression in elite genetic resources under drought and heat stress. *Crop Science*. 47:172-189.
- Richards, A.R.; G.J. Rebetzke; A.G. Condon; and Van Herwaarden (2002). Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereal. *Crop Science*. 42:111-121.
- Rickman, R.W.; B.L. Klepper; and C.M. Peterson (1983). Time distribution for describing appearance of specific culms of winter wheat. *Agronomy Journal*. 75:551-556.
- Sadras, V.O.; and S.P. Milroy (1996). Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: a review. *Field Crops Research*. 47:253-266. doi:10.1016/0378-4290(96)00014-7.
- Sinclair, T.R. (2012). Is transpiration efficiency a viable plant trait in breeding for crop improvement? *Functional Plant Biology*. 39: 359-365. <http://dx.doi.org/10.1071/FP11198>.
- Sinclair, T.R.; and M.M. Ludlow (1986). Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13:329-341.
- Sinclair, T.R.; and R.C. Muchow (2001). System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. *Agronomy Journal*. 93:263-270.
- Sinclair, T.R.; G.L. Hammer; and E.J. van Oosterom (2005). Potential yield and water use efficiency benefits in sorghum from limited maximum transpiration rate. *Functional Plant Biology*. 32: 945-952.
- Sinclair, T.R.; L. Hammond; and J. Harrison (1998). Extractable Soil Water and Transpire on Rate of Soybean on Sandy Soils. *Agronomy Journal*. 90:363-368.
- Sinclair, T.R.; M.A. Zwieniecki; and N.M. Holbrook (2007). Changes in plant-soil hydraulic pressure gradients of soybean in response to soil drying. *Ann. Appl. Biol.*, 152:49-57.
- Sinclair, T.R.; N.M. Holbrook; and M.A. Zwieniecki (2005). Daily transpiration rates of woody species on drying soil. *Tree Physiology*. 25:1469-1472.
- Stapper, M.; and H.C. Harris (1989). Assessing the productivity of wheat genotypes in a Mediterranean climate, using a crop simulation model. *Field Crops Research*. 20:129-152.
- Taji, T.; C. Ohsumi; S. Iuchi; M. Seki; M. Kasuga; M. Kobayashi; K. Yamagushi-Shinozaki and K. Shinozaki (2002). Important roles of drought –and cold- inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in (*Arabidopsis thaliana*). *Plant Journal*. 29:417-426.
- Takami, S.; N. Turner; and H. Rawson (1981). Leaf expansion of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in relation to water deficits. I. Patterns during plant development. *Plant Cell Environ.*, 4:399-407.
- Vamerali, T.; M. Saccomani; S. Bona; G. Mosca; M. Guarise and A. Ganis (2003). A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant and soil*. 255:157-167.

- Wahbi, A.; and T.R. Sinclair (2006). Transpiration response of Arabidopsis, maize, and soybean to drying of artificial and mineral soil. *Journal of Environmental and Experimental Botany*. 59(2):188-192.
- Waqas, M.B. (2006). Role of some agronomic traits for grain yield production in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought conditions. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6:11-19.
- Zaman-Allah, M.; D.M. Jenkinson; and V. Vadez (2011). A conservative pattern of water use, rather than deep or profuse rooting, is critical for the terminal drought tolerance of chickpea. *Journal of Experimental Botany*. 62: 4239–4252.
- Zhang, H.; and T. Oweis (1999). Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*. 38:195–211.

Using Gradual Drought Technique to Discriminate Moisture Stress Tolerance Capacity of Some Barley Genotypes

Ahmad Shams Aldien Shaaban⁽¹⁾ Abdullah Al-Youssef^{*(2)} Naim Al-Hussein⁽²⁾
Yaman Jabbour⁽²⁾ Saleh Saleh⁽²⁾ and Hiba Al-Atrash⁽²⁾

(1). Dept. of Field Crops, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Aleppo, Syria.

(2). Aleppo Research Center, General Commission for Scientific Agriculture Research (GCSAR), Damascus, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Addullah Al-Youssef. Email: dr.abdalyoussef@gmail.com).

Received: 03/11/2016

Accepted: 21/12/2016

Abstract

Gradual drought experiment was carried out under greenhouse conditions at a Field of Crop Department, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Syria, during 2016 season to compare transpiration rate of eight barley genotypes. Relations between Normalized Transpiration Ratio (NTR) and Fraction of Transpirable Soil Water (FTSW) were determined using linear plateau models. Results showed that, there were differences in the curve of relation between NTR and FTSW for the studied genotypes. The lowest threshold values were 0.43 for Furat 5 genotype, while the highest value was 0.64 for Araby Aswad genotype. Also, Araby Aswad genotype had the minimum decreasing in wet biomass after gradual drought imposing, where the decreasing in biomass was (19.3%), followed by Furat 3 (31.5%). Whereas, decreasing ratio in other genotypes exceeded 65%, and ranged between 66.5% for Furat 2 genotype to 80.3% for T6669 genotype.

Key words: Gradual dehydration, Transpiration ratio, Water stress threshold, Barley.