



تقييم الاستجابات الفيزيولوجية والبيوكيميائية لبعض طرز القمح السورية في ظروف الإجهاد المائي

Estimation The Physiological and Biochemical Responses of Some Syrian Wheat Genotypes Under Water Stress Conditions

سمير أبو إصبع⁽¹⁾ أ.د. محمد سليمان⁽¹⁾ د. لبنى مقراني⁽¹⁾ د. عماد القاضي^(2,1)

Samir Abou-Isba⁽¹⁾ Mohammad Soliman⁽¹⁾ Lubna Mokrani⁽¹⁾ Imad Al-Kadi^(1,2)

(1) قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

(1) Depart. of Plant Biology, Faculty of science, Damascus, Damascus University, Syria

(2) كلية الصيدلة، الجامعة العربية الدولية الخاصة، دمشق، سورية.

(2) Faculty of Pharmacy, Arab international private university, Damascus, Syria.

loubnak@gmail.com

الملخص

نفذت الدراسة في قسم علم الحياة النباتية في كلية العلوم، جامعة دمشق (سورية) خلال عامي 2016 و2017، في شروط بيئية متحكم بها (غرفة نمو)، بهدف تقييم استجابة ستة طرز من القمح (شام1، شام3، أم الربيع5، حوراني، لحن وجدارة2) لتحمل الجفاف، اعتماداً على بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية المرتبطة وراثياً بتحسين تحمل الجفاف. فالقيمة العالية في الطرز شام1 وشام3 وجدارة2 وحوراني نتجت عن إغلاق المسام وزيادة تراكم البرولين الحر (Prol.) والسكريات الذوابة (Sug.) تحت تأثير الجفاف، والذي ترافق مع ثباتية في اليخضور والأغشية الستوبلاسمية (CMS) لضمان استمرار استطالة خلايا الأوراق، وكانت قيم نسبة المادة الجافة وقرينتي الجفاف (DTI و GMP) الأعلى لديها. من ناحية أخرى، سُجلت أدنى القيم لمحتوى الماء النسبي (RWC) في الطرازين أم الربيع5 ولحن، وكانا الأكثر تراجعاً في محتوى الماء النسبي لعدم كفاءتهما في إغلاق المسام بالقدر الكافي، واتبعت أغلب الطرز نمط التعديل الحلولي الفعال، بتجميع الذائبات العضوية التوافقية (البرولين الحر و/أو السكر الذوابة) مع المحافظة على توازن العلاقات المائية ضمن أنسجتها. يُعد صنف شام1 من الأصناف المحلية الأكثر تأقلاً لظروف نقص الماء، ومادة وراثية جيدة لنقل بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية المرتبطة بتحسين التحمل للجفاف. وعليه يمكن الاعتماد على الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية المدروسة، ومؤشرات الجفاف DTI و GMP، كمعايير لاختيار أصناف القمح الأكثر تحملاً للجفاف في مرحلة النمو المبكر وفي شروط غرفة النمو.

الكلمات المفتاحية: القمح، الإجهاد المائي، مؤشرات الجفاف، محتوى الماء النسبي، الذائبات العضوية التوافقية.

Abstract

A study was conducted in controlled growth chamber, in the department of plant biology in faculty of science, Damascus university (Syria) (2016 - 2017), to evaluate the response of six wheat genotypes (Cham₁, Cham₃, Omrabis₅, Lahn, Jedara₂ and Horani) for drought tolerance, based on some physiological and biochemical traits, which are genetically associated with drought tolerance. Indeed, high values of relative water content were found in Cham₁, Cham₃, Jadar₂ and Horani as a result of stomata closing and free proline (Prol.) and soluble sugar (Sug), accumulation under drought effect, they exhibited more stability of chlorophyll and integrity of the cytoplasmic membranes (CMS) to sustain cell elongation, where the leaf dry weight and DTI and GMP were significantly higher in the same varieties. Whereas, the lowest values of relative water content (RWC) were noticed in Omrabis

©2019 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. ISSN:2305 - 5243 ; AIF-177 (p.29 - 46)

and Lahn₂ because they hadn't the ability to close efficiency their stomata. Thus, almost of genotypes could be classified as active osmo-regulating varieties, by accumulating compatible solutes (proline and/or soluble sugar) which maintain a good water balance relations within leaf tissues. Cham₁ is considered as the most adapted local variety to drought stress, and as a promising genetic material for some of the physiological and biochemical traits associated with drought tolerance. The studied physiological and biochemical traits and drought indices DTI and GMP could be good criterion, in earlier growth stage, for selection of drought tolerant wheat genotypes, under controlled growth chamber.

Keywords: Wheat, Water stress, Drought indices, Relative water content and compatible organic solutes.

المقدمة

يُعد القمح أحد أهم المحاصيل الغذائية في العالم، إذ يُزرع منذ أكثر من 13000 سنة (Hillman وزملاؤه، 2001)، ويُعد القمح القاسي من أكثر أنواع القمح شيوعاً في الزراعة في دول حوض البحر الأبيض المتوسط كونه يدخل في معظم منتجات الغذاء المستهلكة محلياً مثل صناعة البرغل، والفرينة، والخبز البلدي، والمعكرونة (Nachit، 1992)، تتركز زراعة القمح على مستوى الدول العربية في دول المغرب والجزائر ومصر وسورية (FAO، 2009). يغطي القمح نحو 53% من مساحة محاصيل الحبوب الأساسية في سورية، إذ قدرت المساحة المزروعة بنحو مليون و375 ألف هكتاراً أعطت غلة مقدارها 2.316 طن/هكتار (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2013). تاريخياً يُزرع صنف القمح القاسي حوراني في هضبة حوران (المنطقة الجنوبية من سورية وصولاً إلى شمالي الأردن)، وفي مناطق الغاب وصولاً إلى حلب والرقعة.

يُعد توفر المياه أحد أهم العوامل المحددة لإنتاجية المحاصيل الحقلية المختلفة (Reddy وزملاؤه، 2004)، ويُقلل الجفاف من إجمالي الغلة الحبية بمعدل 80 إلى 90%، وهذا يفوق إجمالي الإجهادات البيئية الأخرى، ويتوقف حجم الضرر على شدة الجفاف ومدته، والمرحلة التطورية للنبات التي يحدث خلالها الجفاف (Germ وزملاؤه، 2005). يُعد الإجهاد البيئي غير المميت محفزاً لبعض المورثات، مما يؤدي إلى زيادة مستوى التعبير المورثي (Gene expression) وتصنيع مواد جديدة كوسائل دفاعية لتحسين تحمل الظرف البيئي الطارئ غير المناسب، فتزداد المقدرة التكيفية لظروف الجفاف (Al-Ouda، 1999).

يؤدي تعرض النبات للإجهاد المائي (Water stress) إلى تراجع جهد الأوراق المائي Leaf water potential (Ψ_w)، ومحتوى الماء النسبي (RWC) Relative water content، ومعدل النتح (T) Transpiration rate، وبترافق ذلك مع زيادة درجة حرارة الورقة بسبب انغلاق المسامات وتعطل التأثير المبرد (Cooling effect) لعملية فقد الماء بالنتح. يُعد محتوى الماء النسبي مؤشراً لحالة جهد الماء في أوراق القمح تحت ظروف الجفاف، وهو أحد الصفات المرتبطة بتحملة، ولهذا تعد صفة محتوى الماء النسبي وثباتية الغشاء الخلوي Cell membrane stability (CMS) مؤشراً لتحمل الجفاف ومفيدة في انتخاب أصناف القمح المتحملة للجفاف (Geravandi وزملاؤه، 2011). يؤدي نقص الماء في النسيج النباتية إلى تثبيط التركيب الضوئي (Photosynthesis)، لذلك تُعد مقدرة النبات في المحافظة على سلامة جهاز التركيب الضوئي تحت ظروف الجفاف مؤشراً مهماً على تحمله للجفاف (Mohammadi وزملاؤه، 2009). تؤدي الأصبغة البرتقالية (Carotenoides) دوراً مهماً في حماية مكونات جهاز التركيب الضوئي من الأكسدة الضوئية (Photooxidation)، وتحول دون تشكل جذور الأوكسجين الحرة المنشطة (ROS) الناتجة عن الطاقة الضوئية المحرصة الزائدة (Tas و Tas، 2007)، يُساعد وجود الأصبغة البرتقالية بكميات مرتفعة في القمح القاسي على تحسين تحملها للجفاف (Gholamin و Khayatnezhad، 2011). تُعد صفة سلامة الأغشية السيتوبلاسمية، والمحافظة على استقرار جزيئات اليخضور من معايير الانتخاب لتحمل الجفاف في محصول القمح (Ayalew وزملاؤه، 2016)، ويمكن اعتماد نسبة جزيئات اليخضور (أ) إلى اليخضور (ب) (a/b ratio) مع ثباتية الغشاء الخلوي، ومحتوى الماء النسبي في الأوراق كمعايير انتخاب لتحمل الجفاف (Rahman وزملاؤه، 2016). ولوحظ تزايد تراكم البرولين الحر (Free proline) في القمح في شروط الجفاف (Maralian وزملاؤه، 2010).

من آليات المحافظة على علاقات النبات المائية تحت ظروف الإجهاد المائي ضبط الضغط الحلولي (Osmotic stress) في الخلايا، من خلال تراكم الذائبات العضوية المتوافقة أو الشوارد المعدنية (السكريات الذوابة، والبرولين والغلايسين بيتين، والأحماض العضوية وشوارد الكالسيوم والبوتاسيوم والكلور) (Farooq وزملاؤه، 2009). ويمكن انتخاب أصناف القمح المتحملة للجفاف من خلال دراسة مؤشرات الجفاف التي سجلت قيماً قصوى لكل من مؤشرات تحمل الجفاف، مثل قرينة تحمل إجهاد الجفاف (DTI)، وقرينة الإنتاج الهندسي (GMP) (Golabadi وزملاؤه، 2006). قسّم Fernandez (1992) الأنماط الوراثية بناءً على استجابتها تحت ظروف الإجهاد والظروف المناسبة إلى أربعة مجموعات: تضم المجموعة الأولى الأصناف ذات المردود المرتفع في كلا الطرفين، وتضم المجموعة الثانية الأصناف ذات المردود المرتفع فقط تحت الظروف المناسبة (غير المجهدة)، وتضم المجموعة الثالثة الأصناف ذات المردود الجيد فقط تحت الظروف المجهدة، وتضم المجموعة الرابعة الأصناف ذات المردود المنخفض في كلا الطرفين. وعليه، يُفضل إجراء عملية التقييم والانتخاب ضمن

البيئات المستهدفة المناسبة (Clark وزملاؤه، 1984).
 يُمكن أن تتعرض النباتات عامةً، ومحاصيل الحبوب الصغيرة الشتوية (القمح والشعير) للإجهاد المائي في مناطق الزراعة الجافة وشبه الجافة، خلال أية مرحلة من مراحل نمو النبات وتطوره، فمن المنطقي العمل في برامج التربية على دراسة تأثير الإجهاد المائي خلال جميع مراحل نمو المحصول (Ayalew وزملاؤه، 2015، Passioura، 2012). ذكر العديد من الباحثين أنّ مراحل نمو المحصول المختلفة تمتلك آليات تحمل مختلفة تجاه الإجهاد، والتي تبين الحاجة للعمل على مراحل مختلفة من نمو المحصول، وأظهرت العديد من الدراسات وجود تباين وراثي في أصناف القمح في تحمل البادرة للإجهاد المائي (Ayalew وزملاؤه، 2015، Ayalew وزملاؤه، 2016).
 مبررات البحث وأهدافه:

تحتاج التربية من أجل تحسين تحمل الجفاف لتكامل جميع المنهجيات التي تساعد على تقييم انتخاب الطراز الوراثي في كل مراحل حياته بدلاً من اقتصرها على المرحلة النهائية (Qu وزملاؤه، 2008). يُعتقد بأنّ مرحلة البادرة والنمو الأولي المبكر القوي للبادرات، وتشكيل مجموع جذري عميق ومتشعب من الصفات المهمة المرتبطة بتحسين تحمل الإجهاد المائي (Kirkegaard و Lilley، 2011، Al-Karaki، 2008). أكد Ayalew (2016) إمكانية تحمل البادرة للجفاف كمؤشر أولي لقدرة النبات على تحمل الجفاف خلال المراحل المتقدمة من حياته.
 هدف البحث: تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم أداء بعض طرز القمح القاسي خلال مرحلة البادرة استجابةً للإجهاد المائي، اعتماداً على بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية، بهدف تحديد الطرز الأكثر تحملاً للجفاف في مراحل النمو المبكرة.

مواد البحث وطرائقه

المادة النباتية وشروط النمو:

نُفذت الدراسة على ستة طرز وراثية من الأقماح السورية، هي: شام1 الذي يمتلك قدرة إنتاجية وراثية عالية، إذ أظهر تأقلاً واسعاً للزراعة في مناطق بيئية مختلفة، وهو متحمل للجفاف والحرارة المرتفعة، وشام3 وهو صنف متحمل للجفاف مخصص للزراعة في منطقة الاستقرار الثانية، وأم الربيع5 وهي سلالة تصلح للزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة، وهوراني وهو صنف محلي قديم متحمل للجفاف، ولحن الذي استُنبط في ايكاردا، ويصلح للزراعة في المناطق المروية، وجدارة2 وهي سلالة مرتفعة الإنتاجية ومتحملة للجفاف. تم الحصول على البذار من قسم التقانات الحيوية (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية السورية). زُرعت الطرز الوراثية المدروسة في غرفة زراعة ذات شروط نمو (25° م نهاراً و 18° م ليلاً، وإنارة 300 ميكرومول فوتون/م²/ثانية لمدة 14 ساعة، و 55% رطوبة نسبية). تم إنبات الحبوب على أوراق ترشيش في أطباق بتري ضمن الحاضنة (23° م)، ثم نقلت البادرات ذات الأطوال المتساوية بعمر ثمانية أيام إلى أصص سعة 2 لتر تحتوي تربة حمراء وبيربليت وتورب (1:1:1). وضعت خمس بادرات في كل أصيص، وبمعدل أربعة مكررات (أصص) لكل معاملة ري (للشاهد، ومُعاملة الإجهاد المائي). وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD).

اختُبرت الأصص في بداية التجربة لتحديد السعة الحقلية (FC)، ورويت بكميات متساوية من الماء، ووزنت، وتم تحديد الفترة الزمنية التي يتوقف عندها جريان الماء من أسفل كل أصيص (ثلاثة أيام). عدت اللحظة التي تصل فيها الأصص إلى وزن ثابت بأنها نقطة ذبول دائمة (15% من FC)، اعتمد في هذه الدراسة المستوى 25 إلى 30% من السعة الحقلية كإجهاد مائي (كان تماسك التربة ضعيفاً، فعند مسكها باليد وعصرها يلاحظ أنها هشّة التماسك)، و 65 إلى 70% من السعة الحقلية رياً طبيعياً جيداً (كشاهد) (Pour-Aboughadreh وزملاؤه، 2017). قبل تطبيق إجهاد نقص الماء رُويت جميع الأصص بكميات متساوية لمدة 10 أيام لتحقيق نمواً جيداً، ثم طبق إجهاد نقص الماء لمدة 12 يوماً، رويت النباتات بحجوم مناسبة من الماء (رُويت نباتات معاملة الإجهاد المائي بكمية تساوي تقريباً نصف الكمية اللازمة لري النباتات الشاهدة)، وذلك بالاعتماد على حيوية النبات ومظهر التربة. وخلال ذلك كانت توزن الأصص كل ثلاثة أيام لتحديد حجم الماء اللازم للري، وبذلك تكون البادرات قد وصلت إلى مرحلة ثلاث أوراق حقيقية (المرحلة GS13 وفق سلم زادوكس لمراحل نمو القمح) (Zadoks وزملاؤه، 1974). تم أجريت جميع القياسات للصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية (للورقة الثانية) مثل محتوى الماء النسبي في الأوراق، وسلامة الأغشية الخلوية، ومحتوى الخلايا من الأصبغة البرتقالية والأصبغة اليخضورية وكمية البرولين الحر، وكمية السكريات الذوابة بالكحول. أخذت العينات للدراسة من الساعة السابعة حتى العاشرة صباحاً.

الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية للورقة:

محتوى الماء النسبي في الأوراق (LRWC%)

لتقدير محتوى الماء النسبي تم إتباع طريقة Weatherlay و Barrs (1962)، ثم طبقت المعادلة التالية:

$$\text{محتوى الماء النسبي (\%)} = \frac{\text{الوزن الرطب - الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع - الوزن الجاف}} \times 100$$

سلامة الأغشية الخلوية (CMS%) Cell membrane stability

قُدِّرَ معامل ثباتية الغشاء السيتوبلازمي بالاعتماد على مدى تسرب الشوارد (Electrolyte leakage) باستخدام مقياس الناقلية الكهربائية، ووفقاً للطريقة المقترحة من قبل Deshmukh وزملائه (1991)، وحُسب معامل ثباتية الغشاء بتطبيق المعادلة التالية:

$$100 \times \left[\left(\frac{I_1}{I_2} \right) - 1 \right] = \text{معامل ثباتية الغشاء}$$

حيث (ت1) هي القراءة الأولى و(ت2) القراءة الثانية

محتوى الأصبغة الورقية (ميلي غرام. غ⁻¹ مادة خضراء) Content of leaf pigment

تم تحديد محتوى اليخضور والأصبغة البرتقالية، اعتماداً على الطريقة المقترحة من Hiscox و Israelstam (1979) باستخدام المذيب العضوي (Dimethyl sulphoxide) (DMSO)، ثم أخذت قراءة الامتصاص للمحلول الصافي الناتج لأطوال موجات 480 و 649 و 665 نانومتر لتقدير كمية اليخضور (أ) (Cha) واليخضور (ب) (Chb)، والأصبغة البرتقالية (الكاروتينات والكارانثوفيل)، على التوالي، وقدرت الكميات وفقاً للمعادلات التالية (Lichtenthaler و Welburn، 1983):

$$\text{Cha } (\mu\text{g/ml}) = 12.19 (A_{665}) - 3.45 (A_{649})$$

$$\text{Chb } (\mu\text{g/ml}) = 21.99 (A_{649}) - 5.32 (A_{665})$$

$$\text{Carotenoids } (\mu\text{g/ml}) = [1000(A_{480}) - 2.14 (\text{Cha}) - 70.16 (\text{Chb})]/200$$

محتوى البرولين الحر (ميكرو غرام. غ⁻¹ مادة خضراء) Free proline content

قُدِّرَ كمية البرولين المنحلة بالتولوين عند طول موجة 520 نانومتر وفقاً لطريقة Bates وزملائه (1973).

محتوى السكريات الذوابة بالكحول (ميكرو غرام. غ⁻¹ مادة خضراء) Alcohol soluble sugar content (Sug)

قُدِّرَ محتوى السكريات الذوابة بالكحول الإيثيلي (80%)، بعد أن حُوِّمَت بالأنترون المنشط، عند طول موجة 620 نانومتر (Bartolozzi وزملاؤه، 1997).

تقدير نسبة المادة الجافة للأجزاء الهوائية (%) Dry matter percent of shoots (%DM)

تكون إنتاجية النبات في مرحلة البادرة متركَزة في الكتلة الحيوية للأجزاء الهوائية (الأوراق)، والتي تقدر بكمية مادتها الجافة، لذلك تم قطع الأجزاء الهوائية عند سطح التربة، ووزنت وزناً رطباً، ثم جُففت في فرن بحرارة 70°م مدة 48 ساعة، ووزنت بميزان حساس، وقُدِّرَت نسبة المادة الجافة للأجزاء الهوائية كالتالي:

$$100 \times \frac{\text{الوزن الجاف للأجزاء الهوائية}}{\text{الوزن الرطب للأجزاء الهوائية}} = \text{نسبة المادة الجافة (\%)}$$

مؤشرات الجفاف:

1. قرينة تحمل إجهاد الجفاف (DTI) Drought-stress tolerance index

يمكن استعمال هذه القرينة لتحديد الأصناف ذات المردود العالي في الظروف المجهدة والمروية (Fernandez، 1993):

$$DTI = \frac{(Y_s \times Y_p)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

حيث Y_s و Y_p: إنتاجية (المادة الجافة للفروع الهوائي) للطراز نفسه (تحت شروط الري الطبيعي ومعاملة الجفاف بالترتيب)، و \bar{Y}_p هي متوسط المادة الجافة لجميع الأصناف في شروط الري الطبيعي (الشاهد).

$$GMP = \sqrt[2]{(Y_s \times Y_p)}$$

2. قرينة متوسط قيم الإنتاج الهندسي (GMP) Geometric Mean Productivity

تستعمل هذه القرينة من قبل مربّي النباتات ضمن البيئات التي تعاني تغيراً في شدة الإجهاد من سنة لأخرى (Kelly و Ramirez، 1998):

3. قرينة تحمل الجفاف (TOL) Tolerance of drought index

وتمثل الفرق في مردود الإنتاج بين ظروف الجفاف وظروف الري الطبيعي (Rosielle و Hamblin، 1981).

4. قرينة الحساسية لإجهاد الجفاف (SSI) Stress Sensitivity Index

وحُسبت وفقاً للمعادلة المقترحة من قبل Fischer و Maurer (1978) كالتالي:

$$SSI = [1 - (Y_s/Y_p)] / [1 - (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)]$$

حيث \bar{Y}_S ، \bar{Y}_P : متوسط المادة الجافة لجميع الأصناف في شروط الري الطبيعي ومعاملة الجفاف على التوالي.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، ومثلت البيانات بالمتوسط، الذي قُدّر لثلاثة مكررات، وُدّرس تحليل التباين ANOVA على الطرز المختلفة لمقارنة تأثير إجهاد الجفاف عند مستوى معنوية ($P \leq 0.01$)، وقُدّرت قيمة معامل التباين ($CV\%$) وأقل فرق معنوي LSD، باستخدام برنامج Genstat.12.

ويهدف دراسة علاقة الارتباط بين جميع المتغيرات معاً من جهة، ومدى التشابه والاختلاف بين الأصناف من جهة ثانية، ولإبراز مميزات كل طراز، تم إجراء تحاليل متعددة الأبعاد، وذلك وفق طريقة تحليل المكونات الرئيسية (PCA) Principal Component Analysis. وذلك باستعمال برنامج الإحصاء STATISTICA 10 (Statsoft، 2011)، إذ سُجّلت النتائج على شكل مصفوفة تمثل أسطرها الأصناف وأعمدتها المتغيرات الكمية المدروسة، كما درست علاقة الارتباط (بيرسون) بين مؤشرات الجفاف، ونسبة المادة الجافة تحت ظروف الري الطبيعي، وإجهاد نقص الماء ومتوسط الشاهد ومعاملة الجفاف ببرنامج SPSS-20.

النتائج والمناقشة

تحليل التباين ANOVA وتحليل المكونات الأساسية (PCA) Principle component analysis:

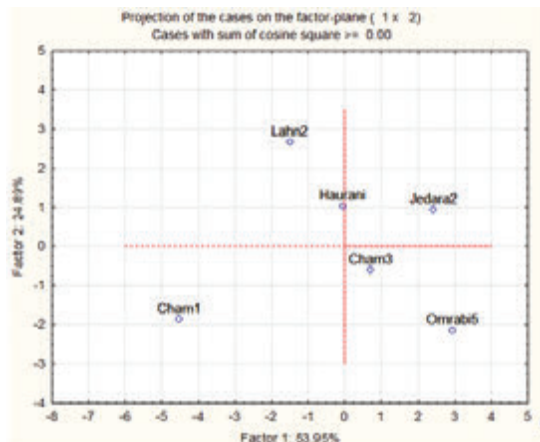
بيّن تحليل التباين (الجدولان 2 و 3). وجود فروقات معنوية بين الطرز المدروسة ومعاملة الري والتفاعل المتبادل بين الطرز والري للجميع باستثناء صفة نسبة الأصبغة البرتقالية إلى اليخضور الكلي.

ويوضح الشكلان 1 و 2 دائرة الارتباط بين المتغيرات وخريطة توزع الأفراد، تحت ظروف الري الطبيعية، للمحورين التركيبيين الأول والثاني، وهذا يُمثل 78.83% من التباين الكلي لمجموع الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية. ويُفسّر المحور التركيبي الأول PC_1 53.2% من إجمالي التباين (الجدول 1)، الذي شارك في تركيبه بشكل خاص المتغيرات: كمية اليخضور (ب)، وقرينة ثباتية الغشاء الخلوي، وكمية المادة الجافة، ومؤشري الجفاف (GMP و DTI)، ونسبة اليخضور b/a ، ومحتوى الماء النسبي في الأوراق (توجد في الطرف السالب للمحور الأول)، إضافة إلى النسبة $C/(a+b)$ و a/b وبدرجة أقل البرولين (توجد في الجهة الموجبة للمحور الأول). أما الأصناف فهي تتبعثر بشكل جيد في الخارطة ($2*1$)، وهذا يعكس التباين الملاحظ فيما بينها بالنسبة للمتغيرات، ويتضح لنا أن الصنف شام 1 يمتلك أكبر قيم للصفات الموجودة بالطرف السالب من المحور الأول، يليه الطراز لحن، إذ كان الصنف شام 1 أغنى الأصناف باليخضور (ب)، ويمتلك أعلى قيمة بقرينة ثباتية الغشاء الخلوي، وأعلى نسبة من المادة الجافة لمؤشري الجفاف (DTI) و (GMP)، وأعلى نسبة من (b/a) ، وأعلى محتوى من الماء النسبي. أما الطراز لحن فيُظهر بعض الخصائص المناقضة لما يبديه الصنف السابق لانفصالهما على المحور الثاني، فهو يمتلك أعلى كمية من السكريات الذوابة ومن اليخضور (أ)، والأصبغة البرتقالية ومجموع اليخضورين $(a+b)$. ويبدي الطراز أم الربيع 5 ودرجة أقل جدارة 2 خصائص مناقضة لما يبديه الطرازان السابقان لأنهما يقعان في الطرف المقابل لهما، وبالتالي فهو يملك القيم الأدنى من كمية السكريات الذوابة بالكحول وكمية اليخضور (أ)، وقرينة ثباتية الغشاء الخلوي، ونسبة المادة الجافة، ومؤشري الجفاف DTI و GMP، ومحتوى الماء النسبي، وكمية الأصبغة البرتقالية، ومجموع اليخضورين $(a+b)$. ويلاحظ انفصال هذين الصنفين على المحور الثاني، إذ يلاحظ أن الطراز أم الربيع 5 هو الطراز الأكثر غنى بالبرولين، وأن الطراز جدارة 2 هو الأكثر غنى بالأصبغة البرتقالية و $C/(a+b)$. وأبدت الطرز حوراني وجدارة 2 وشام 3 قيمة متوسطة بين قيم كل من شام 1 و أم الربيع 5. أما المحور التركيبي الثاني فقد فسر 24.89% من إجمالي التباين، ويسهم في بنائه بشكل رئيس: كمية اليخضور (أ)، وكمية الأصبغة البرتقالية، والسكريات الذوابة بالكحول، وكمية اليخضورين $(a+b)$ والنسبة (b/a) ، إذ يلاحظ أن الطراز لحن يليه جدارة 2 و حوراني هي الأكثر غنى بهذه المتغيرات على التوالي. لم يكن المتغير "كمية البرولين" ممثلاً بشكل جيد على المحور التركيبي الثاني، بل لوحظ انفصاله بشكل أفضل على المحور الثالث، وهذا يشير إلى عدم ارتباطه مع كل المتغيرات السابقة.

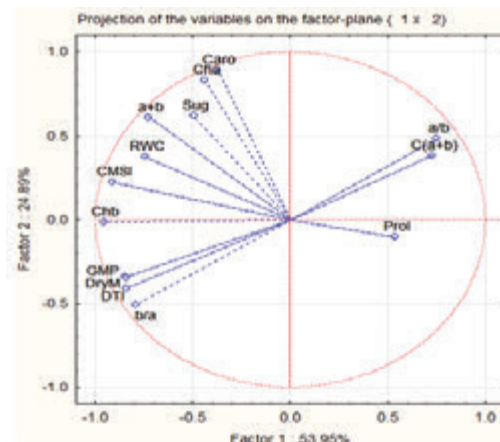
يوضح الشكلان 3 و 4 دائرة الارتباط بين المتغيرات وخريطة توزع الأفراد، تحت الظروف الجفافية، للمحورين التركيبيين الأول والثاني، والذي يمثل نحو 73.22% من التباين الكلي لمجموع الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية (الجدول 1)، فالمحور التركيبي الأول (PC1) فسّر 55.35% من إجمالي التباين، وشارك في تركيبه بشكل خاص المتغيرات: كمية اليخضور (أ)، واليخضور الكلي (a+b)، والأصبغة البرتقالية، ومحتوى الماء النسبي (RWC)، والنسبة a/b وكمية اليخضور (ب)، وقرينة ثباتية الغشاء الخلوي، وكمية المادة الجافة، ومؤشري الجفاف DTI و GMP، والسكر الذواب بالكحول (الجهة السالبة للمحور الأول)، إضافة إلى النسبة b/a، وبدرجة أقل البرولين (الجهة الموجبة للمحور الأول). وتتبع الطرز بشكل جيد في الخارطة (2*1) (الشكلان 1 و 2)، وهذا يعكس التباين الملاحظ فيما بينها بالنسبة للمتغيرات، ويتضح أن الصنف 1 يمتلك أكبر القيم للصفات الموجودة في الطرف السالب من المحور الأول، ومن جهة تجمع المتغيرات، وهو الأعلى لقيم: سلامة الغشاء الخلوي، ومحتوى الماء النسبي، وكمية المادة الجافة، ومؤشري الجفاف DTI و GMP، ويأتي بعده الطراز لحن بأعلى قيم من السكر الذواب بالكحول، والنسبة (a/b)، في حين كان الصنف 5م الذي يقع في الطرف الموجب يمتلك القيم الأدنى لهذه المتغيرات، وتقع بينهما بقية الأصناف. وفسر المحور التركيبي الثاني 17.87% من التباين، ويسهم في بنائه بشكل رئيس من الطرف الموجب: ثباتية الغشاء الخلوي، ومن الطرف السالب: البرولين واليخضور (ب)، والنسبة $[C/(a+b)]$. إذ يلاحظ أن الطرز 3م وحوراني وجدارة 2 هي الأكثر غنى بالمتغيرات الموجودة في الجهة السالبة لهذا المحور الثاني.

الجدول 1. إسهام المتغيرات (تحت ظروف الري الطبيعية والمعاملة الجفافية) في بناء المحاور الرئيسية الثلاثة.

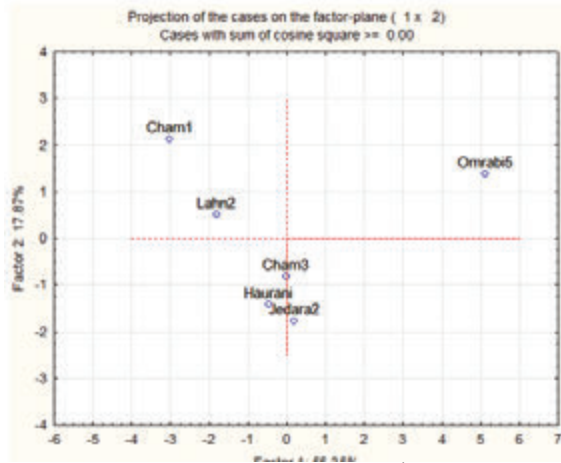
الجفافي			المروي			الصفات
العامل 3	العامل 2	العامل 1	العامل 3	العامل 2	العامل 1	
0.26	-0.28	-0.91	-0.32	0.37	-0.74	محتوى الماء النسبي
-0.22	0.65	-0.62	0.20	0.22	-0.91	قرينة ثباتية الغشاء الخلوي
0.57	0.37	-0.71	-0.32	-0.34	-0.85	نسبة المادة الجافة
0.44	-0.73	0.42	-0.65	-0.11	0.54	كمية البرولين
-0.68	0.00	-0.60	0.56	0.62	-0.50	كمية السكر الذواب بالكحول
-0.04	-0.35	-0.93	-0.28	0.83	-0.44	كمية اليخضور (أ)
0.20	-0.52	-0.71	0.09	-0.01	-0.96	كمية اليخضور (ب)
-0.28	-0.27	-0.91	-0.09	0.89	-0.37	كمية الأصبغة البرتقالية
0.00	-0.38	-0.92	-0.17	0.61	-0.73	كمية اليخضور الإجمالي
0.23	0.10	0.89	0.27	-0.51	-0.79	نسبة اليخضور b/a
-0.37	0.05	-0.84	-0.34	0.48	0.75	a/b نسبة اليخضور
0.31	-0.54	0.06	0.18	0.38	0.73	نسبة البرتقالية إلى اليخضور الإجمالي
0.56	0.49	-0.67	-0.22	-0.41	-0.84	قرينة تحمل اجهاد الجفاف (DTI)
0.57	0.40	-0.72	-0.31	-0.35	-0.84	قرينة متوسط قيم الإنتاج الهندسي (GMP)
2.14	2.50	7.75	1.48	3.48	7.55	Eigenvalue القيم الخاصة
15.28	17.87	55.35	10.55	24.89	53.95	التباين الكلي (%)
88.51	73.22	55.35	89.38	78.83	53.95	التراكمية النسبية (%)



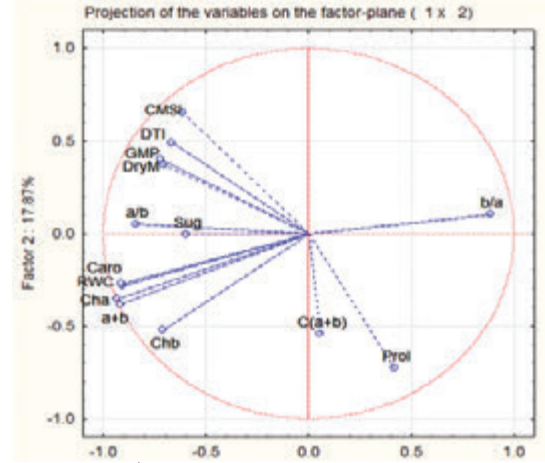
الشكل 2. خارطة توزع الطرز ضمن المحورين التركيبيين 2*1 في شروط الري الطبيعية.



الشكل 1. دائرة الارتباط بين الصفات المدروسة للمحورين التركيبيين 2*1 في شروط الري الطبيعية.



الشكل 4. خارطة توزع الطرز ضمن المحورين التركيبيين 2*1 تحت الشروط المعاملة الجفافية.



الشكل 3. دائرة الارتباط بين الصفات المدروسة للمحورين التركيبيين 2*1 تحت شروط المعاملة الجفافية.

حيث RWC محتوى الماء النسبي (%), CMSI ثباتية الغشاء الخلوي (%), Cha اليخضور (أ) (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء), Chb اليخضور (ب) (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء), Caro الأصبغة البرتقالية (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء), a+b اليخضور الإجمالي, a/b اليخضور (أ)/اليخضور (ب), Prol. كمية البرولين (ميكرو غرام. غ-1 مادة خضراء), Sug. كمية السكر الذواب بالكحول (ميكرو غرام. غ-1 مادة خضراء), مؤشرات الجفاف DTI و GMP (%).

تأثير الإجهاد الجفافي في محتوى الماء النسبي الورقي:

أظهر تحليل التباين (الجدول 3) وجود فروق معنوية بين الطرز وبين مستويات الري عند مستوى معنوية ($P \leq 0.001$)، كذلك كان التفاعل بين الطرز وكميات الماء المتوفرة معنوياً ($P \leq 0.001$). واعتمدت قرينة محتوى الماء النسبي للورقة كمييار مهم لمعرفة حالة الماء أكثر من معايير الكمون (الضغط الحلولي) تحت إجهاد الجفاف. وجد تراجع واضح بين الشاهد ومعاملة الجفاف لكل صنف (الجدول 2)، وهذا يتوافق مع Cheng وزملائه (2015) الذي سجل تراجعاً في محتوى الماء النسبي في صنفين من القمح تحت تأثير عدة تراكيز من سكر البولي ايثيلين غليكول PEG، فسجل أعلى تراجع في طراز أم الربيع 5 بلغت قيمة 24.46%، ثم لحن (18.88%)، تلاه شام 3 (8.57%) وسجل أقلها في شام 1 (7.07%)، وجدارة (7.26%). وعلى العكس لوحظت زيادة طفيفة في كمية محتوى الماء النسبي في الصنف حوراني (2.12%) تحت تأثير الإجهاد المائي، وقد يعزى هذا إلى ثباتية غشائه الخلوي، الذي كانت نسبة تراجعه في المعامل عن الشاهد بمقدار 0.46%، وأشار Anjum (2011) إلى أن قيمة محتوى الماء النسبي تكون مرتفعة في المراحل الابتدائية من نمو الورقة، وتنخفض في الأوراق الناضجة، وتتعلق قيمتها بكميات الماء الممتصة من الجذر والمفقودة بالنتح. وتنخفض قيم محتوى الماء النسبي خلال نمو النبات تحت تأثير إجهاد الجفاف، وبالتالي تؤثر في العمليات الحيوية في النبات (Siddique وزملاؤه، 2000).

شوهدت فروق معنوية بين الأصناف المدروسة تحت تأثير الجفاف (الجدول 2)، وتبين أن الطراز شام 1 كان أقلها فقداً للماء، إذ سجل أكبر قيمة معنوية في المتوسط (90.97%)، تلاه الصنفان شام 3 وحوراني (87.69%، 86.53%) على التوالي، ويقعان في المجموعة نفسها، مما يدل على امتلاكهما السلوكية نفسها في المحافظة على الماء الخلوي، وسجلت القيمة الأقل في أم الربيع 5 (51.34%) وهو أكثر فقداً للماء من باقي الطرز. وقد يعود الاختلاف في النتائج إلى قدرة الصنف على امتصاص ماء أكثر من التربة ولقدرته (أو عدمها) على ضبط فقد الماء من المسام، بالإضافة إلى الاختلافات في قدرة الطرز المدروسة على ضبط الضغط الحلولي للمحافظة على إنتاج الخلايا واستمرارية النشاط الفيزيولوجي (Habash وزملاؤه، 2014).

تأثير الإجهاد الجفافي في ثباتية الغشاء الخلوي:

لوحظ من تحليل التباين (الجدول 3) وجود فروق معنوية بين الطرز وبين مستويات الري عند درجة معنوية ($P \leq 0.001$)، وكان التفاعل بين الطرز وكميات الماء المتوفرة معنوياً أيضاً ($P \leq 0.001$).

يسبب الإجهاد المائي فقد الماء من النسيج النباتية، وبالتالي يُضعف من بنية ووظيفة الغشاء الخلوي (Buchanan وزملاؤه، 2000)، يُعد الغشاء من أول الأعضاء الخلوية تضرراً تحت تأثير الإجهاد في النبات (Levitt، 1972)، وكلما كان النبات قادراً على الحفاظ على سلامة غشائه الخلوي تحت تأثير الجفاف كان أكثر تحملاً للجفاف (Vieira da Silva وزملاؤه، 1974). لوحظ تراجع بسيط في قيمة قرينة ثباتية الغشاء للورقة الثانية في الجفافي (المعرض لإجهاد الجفاف) عن الشاهد (الشكل 1)، وتتوافق هذه النتيجة مع أغلب البحوث التي طبقت

الجدول 2. مقارنة متوسطات كل من محتوى الماء النسبي الورقي (%), وقرينة ثباتية الغشاء الخلوي (%), وكمية البرولين (ميكرو غرام. غ-1 مادة خضراء), وكمية اليخضور (أ) (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء), وكمية اليخضور (أ) (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء) والمتوسط الإجمالي لكل متغير، ومعامل التباين CV (%), والخطأ المعياري SE وأقل فرق معنوي LSD0.01 تحت ظروف الري الطبيعية والجفافية.

محتوى الماء النسبي (CWR)	قرينة ثباتية الغشاء الخلوي (CMSI)				كمية البرولين (Prol)			كمية السكر الذائب بالكحول (Sug)			كمية اليخضور (أ) (Cha)				
	المرئي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)	المرئي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)	المرئي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)	المرئي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)	المرئي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)
شام 1	98.89 ^a	90.97 ^a	7.07	84.62 ^a	83.17 ^a	1.73	0.24 ^d	0.55 ^e	-129.17	12.22 ^b	11.06 ^c	9.49	0.59 ^b	0.71 ^a	-20.34
لحن	98.71 ^a	80.07 ^c	18.88	85.17 ^a	81.90 ^a	3.84	0.36 ^d	0.38 ^f	-5.56	24.32 ^a	17.8 ^a	26.77	0.663 ^a	0.72 ^a	-6.06
شام 3	95.91 ^b	87.69 ^b	8.57	67.5 ^b	64.31 ^b	4.74	2.01 ^a	3.73 ^a	-85.57	6.32 ^f	7.71 ^e	-21.99	0.592 ^b	0.66 ^a	-11.58
أم الربيع 5	67.96 ^e	51.34 ^d	24.46	57.25 ^e	54.08 ^c	5.54	1.25 ^b	2.13 ^d	-70	8.1 ^d	6.75 ^f	16.67	0.503 ^c	0.44 ^b	12.44
حوراني	84.73 ^d	86.53 ^b	-2.12	64.65 ^c	64.35 ^b	0.46	1.82 ^a	2.71 ^c	-49	10.18 ^c	14.62 ^b	-43.61	0.663 ^a	0.73 ^a	-10.19
جدارة 2	86.78 ^c	80.48 ^c	7.26	58.91 ^d	52.91 ^c	10.19	0.84 ^c	2.89 ^a	-244	7.81 ^e	8.39 ^d	-7.43	0.595 ^b	0.69 ^a	-15.91
المتوسط الإجمالي	88.83	79.51	10.49	69.68	63.71	8.57	1.09	2.06	-88.99	11.49	11.06	3.74	0.6	0.66	-10.00
الخطأ المعياري	1.1	1.34		0.6	0.76		0.2002	0.02		0.26	0.14		0.02	0.05	
معامل التباين	1.96	1.7		0.44	1.2		18.4	0.9		2.2	1.3		3.9	7.5	
LSD _{0.01}	1.96	2.8		0.92	1.58		0.42	0.04		0.54	0.3		0.05	0.1	
المعنوية	***	***		***	***		***	***		***	***		***	***	

حيث *** هي المعنوية عند (P≤0.001), وتدل الأحرف المشابهة ضمن العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية بينها (P≤0.01)

إجهاد نقص الماء على النبات، فقد لوحظ أكبر تراجع لمعاملة الجفاف عن الشاهد في الطراز جدارة بقيمة بلغت 10.19 %، ثم أم الربيع 5 (5.54 %)، وشام 3 (4.74 %)، ثم لحن (3.84 %)، وأقلها كان في حوراني (0.46 %)، الذي لوحظ عنده أعظم زيادة في كمية السكريات الذوابة (43.61 %) مقارنة بالطرز الباقية التي تحمي الغشاء من التلف تحت تأثير إجهاد الجفاف (Tas و Tas، 2007)، يليه الطراز شام 1 (1.73 %) الذي امتلك بدوره زيادة كبيرة من البرولين (129.17 %)، والتي تقوم بضبط الأوسموزية، قياساً على الطرز الأخرى. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية ($P \leq 0.001$) بين الطرز المعاملة في مرحلة البادرة (الجدول 2)، وقد يعود ذلك على الأرجح للتباين الوراثي بين الأصناف، فأعلى قيمة معنوية سُجلت في الصنف شام 1 (83.17)، وأقل قيمة معنوية في الصنف جدارة (52.9). وقد تُعزى القيمة العظمى لثباتية الغشاء الخلوي أو التراجع البسيط لهذه القيمة في المعامل عن الشاهد إلى قدرة الخلايا على ضبط الأوسموزية بإنتاج الذائبات العضوية (السكريات والأحماض الأمينية الحرة كالبرولين)، ويلاحظ وجود علاقة بين سعة ضبط الأوسموزية ودرجة حماية الغشاء من تأثير الجفاف (Tas و Tas، 2007)، ويعكس الانخفاض في ثباتية الغشاء مدى تأكسد لبيدات الغشاء بأنواع الأوكسجين المنشطة (ROS)، والتي بدورها تُهاجم لبيدات الغشاء وتؤكسدها وتُضعف من بنية الغشاء، وتفقد خاصيته الاصطنائية وتتسرب منه الذائبات العضوية والمعدنية المهمة لحياة الخلية (Farooq وزملاؤه، 2009). ذكر Bandurska (1991) أن نسبة الضرر في الغشاء الخلوي لأوراق القمح تنخفض مع زيادة عمر النبات، أي أن الأوراق الأحدث في الظهور تكون أقل تضرراً من الأوراق الأقدم، وبالتالي تكون الأوراق الأحدث ظهوراً أكثر تحملاً للجفاف.

تأثير الإجهاد الجفاف في محتوى الأصبغة الورقية:

اليخضور (أ): بين تحليل التباين (الجدول 3) وجود فروق معنوية بين جميع الطرز وبين مستويات الري عند درجة معنوية ($P \leq 0.001$) وكان التفاعل بين الطرز وكميات الماء المتوفرة معنوياً ($P \leq 0.001$). إذ لوحظ زيادة في كمية اليخضور (أ) في الطرز المعرضة للجفاف عنها في الشاهد (الجدول 2)، فكان أكبرها في شام 1 بمقدار (20.34 %)، الذي تمثل بفقد ضعيف لكمية الماء والمادة الجافة، وزيادة في كمية الأصبغة البرتقالية، ثم جدارة 2 (15.91 %)، وشام 3 (11.58 %) ثم حوراني (10.19 %)، وأقلها في لحن (6.06 %)، إلا أنه لوحظ تراجع في كمية اليخضور (أ) في الطراز أم الربيع 5 (12.44 %)، وترافق مع تناقص لكمية الأصبغة البرتقالية، وهذا يتفق مع Kpyoarissis وزملائه (1995) الذين سجلوا انخفاضاً ضئيلاً، أو عدم تغير في كمية اليخضور في عدة أنواع خلال إجهاد الجفاف، وهذا قد يُعزى إلى شدة الجفاف والمدة التي تعرّض فيها النبات للجفاف، وقد يعود هذا لثباتية اليخضور أو عدم تدهوره، وهو ما يتوافق مع نتائج Khayatnezha و Gholamin (2010) اللذين لاحظوا زيادة اليخضور والأصبغة البرتقالية في بعض أصناف القمح الإيرانية القاسية والطرية المعرضة للجفاف عن الأصناف المرورية، ولوحظت فروق معنوية (الجدول 2) بين الطرز ($P \leq 0.001$) في شروط الجفاف، وسُجلت أعلى قيمة لليخضور (أ) في الطراز حوراني (0.73)، ولحن (0.72)، وشام 1 (0.71)، وأدنى قيمة في الطراز أم الربيع 5 (0.44).

اليخضور (ب): يوضّح جدول تحليل التباين (الجدول 3) وجود فروق معنوية بين جميع الطرز وبين مستويات الري عند درجة معنوية ($P \leq 0.001$)، ومعنوية منخفضة للتفاعل بين الطرز وكميات الري ($P \leq 0.05$)، فقد تراجعت قيم اليخضور (ب) في أغلب الطرز تحت تأثير الجفاف، وسُجل أعظمها في الطراز شام 1 (33.33%)، ثم لحن وأم الربيع 5 بالقيمة نفسها (25 %)، وحوراني (10%)، مع ملاحظة ثباتية اليخضور (ب) في الطرازين شام 3 وجدارة 2 (0 %)، وتتوافق هذه النتائج مع Guo وزملائه (2013)، إذ كانت نسبة اليخضور في بعض أصناف القمح المعرضة للإجهاد المائي أكبر من الشاهد. إن المحافظة على كمية اليخضور من التدهور تحت تأثير إجهاد نقص الماء في الطرز المتحملة للجفاف شيء أساسي للقيام بعملية التركيب الضوئي (Sairam وزملاؤه، 1998). ولم تُلاحظ فروق معنوية بين الطرز تحت تأثير الجفاف (الجدول 2)، وسُجلت القيمة العظمى في الصنف حوراني (0.18) والدنيا في الطراز أم الربيع 5 (0.12) (الجدول 2 تكلمة ص 38).

الأصبغة البرتقالية: يُلاحظ من تحليل التباين وجود فروق معنوية بين الطرز ($P \leq 0.001$) وبمستوى معنوية أقل ($P \leq 0.05$) بين مستويات الري، كذلك كان التفاعل بين الطرز ومستويات الري معنوياً عند ($P \leq 0.05$)، ولوحظت زيادة الأصبغة البرتقالية عند بعض الطرز تحت تأثير الجفاف مقارنة بالشاهد (الجدول 2)، فكان أعلاها في شام 3 (18.75 %)، وشام 1 (17.65 %)، وأقلها في الطراز جدارة 2 (5.56 %)، إلا أنه لوحظ تراجع في الطرازين حوراني (36.84 %) وأم الربيع 5 (20 %)، وهذا يتوافق مع نتائج Khayatnezha و Gholamin (2010). كان تأثير الجفاف معنوياً في الطرز ($P \leq 0.001$)، وامتلك الطراز لحن أعلى قيمة (0.22)، في حين سجل الطراز أم الربيع 5 أدنى قيمة (0.12). وأشار Tas و Tas (2007) إلى أن الأصبغة البرتقالية تؤدي دوراً أساسياً في الحماية الضوئية لمكونات جهاز التركيب الضوئي، وبالتالي تقلل من تضرر الغشاء الخلوي، كما أنها مسؤولة عن كس الأوكسجين المفرد المنشط، ولهذا فالكثافة العالية من الأصبغة البرتقالية في القمح القاسي تساعده على أن يكون أكثر تحملاً للجفاف من القمح الطري (Ghohamin و Khayatnezhad، 2011)، ذكر Ma وزملاؤه (1995) أن الكفاءة العالية للكيمياء الضوئية تؤدي دوراً مهماً في تحمل الجفاف، وهذه الظاهرة هي معيار لسلامة غشاء الثايلاكوئيد في الصناعات الخضراء، ولكفاءة نقل الإلكترونات في النظام الضوئي (Mamnouie، 2006).

لوحظ أن إجمالي اليخضور ($a+b$) كان أكثر ثباتية في المعامل جفافياً مقارنةً بالشاهد في الطرز جدارة² (14.86%)، وشام³ (7.89%)، ثم شام¹ (4.82%)، وهوراني (3.49%)، وحسب Golioiv و Zaeifyzadeh (2009) تتوافق زيادة كمية اليخضور، في الطرز المتحملة للجفاف، تحت إجهاد نقص الماء بزيادة أنزيم سوبر أكسيد ديسميوتاز، لكن في الطرز الحساسة يترافق نقص الأنزيم ذاته مع نقص كمية اليخضور، وكانت نسبة اليخضور (أ) إلى اليخضور (ب) (a/b) معنوية عند مستويات الري المختلفة ($P \leq 0.001$)، وأقل معنوية بين الطرز ($P \leq 0.05$)، كذلك كان التفاعل معنوياً ($P \leq 0.05$) بين الطرز ومستويات الري. وأشار Rahman (2016)، إلى أن انخفاض النسبة a/b مع ازدياد كمية اليخضور وثباتية الغشاء الخلوي تمثل معياراً مفيداً لتحديد الصنف المتحمل للجفاف، وفي هذه الدراسة كان تحليل التباين بين الطرز معنوياً ($P \leq 0.05$)، وكذلك بين مستويات الري ($P \leq 0.001$)، كما أن التفاعل بين الأصناف ومستويات الري كان معنوياً ($P \leq 0.05$) أيضاً.

أشار El-Tayeb (2006) إلى أن كمية اليخضور والنسبة تنخفض تحت الظروف الإجهادية، وكان الانخفاض في هذه النسبة أسرع في الأنماط الوراثية الحساسة للجفاف مقارنةً بالمتحملة للجفاف.

لوحظ لدى المقارنة بين الطراز الشاهد والمعرض للجفاف أن معظم الأصناف ازدادت فيها هذه النسبة في المعامل الجفاف في الشاهد، وسُجلت أعلى زيادة في الطراز شام¹ (82.24%)، ثم لحن (50.15%) وهوراني (19.5%)، وأقلها في الطراز جدارة² (10.8%) وأم الربيع⁵ (11.8%)، ويُعزى هذا إلى ثباتية اليخضور (أ) بشكل أكبر من اليخضور (ب). ولم تلاحظ أية معنوية لقيمة هذه النسبة بين الطرز المعرضة للإجهاد الجفاف، ولوحظت أعلى قيمة في الطراز لحن (5.03)، وأقلها في طراز أم الربيع⁵ (3.61). كذلك النسبة b/a لم تكن معنوية بين الطرز تحت الإجهاد الجفاف، فلو حظت أعلى قيمة لها في الطراز أم الربيع⁵ (0.28)، وأقلها في الطراز لحن (0.21)، وهي متعاكسة مع النسبة (a/b). وقد لوحظ تراجعها في جميع الطرز عند تعرضها للجفاف، وسُجل أكبر تراجع في الطراز شام¹ (45%)، وأقله في أم الربيع⁵ (9.68%).

تكملة الجدول 2: مقارنة متوسطات كل من كمية اليخضور (ب) (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء)، وكمية الأصبغة البرتقالية (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء)، وكمية اليخضور الإجمالي $a+b$ (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء)، والنسبة a/b والنسبة b/a ونسبة المادة الجافة (%) والمتوسط الإجمالي لكل متغير، ومعامل التباين CV (%)، والخطأ المعياري SE وأقل فرق معنوي $LSD_{0.01}$ تحت ظروف الري الطبيعية والجفاف.

المتغير	كمية اليخضور (ب) (Chb)			كمية الأصبغة البرتقالية (Carot)			كمية اليخضور الإجمالي ($a+b$)		
	النسبة (%)	الجفافي	المروي	النسبة (%)	الجفافي	المروي	النسبة (%)	الجفافي	المروي
شام ¹	33.33	0.16 ^{ab}	0.24 ^a	-17.65	0.20 ^a	0.17 ^{ab}	-4.82 [↑]	0.87 ^a	0.83 ^{ab}
لحن	25.00	0.15 ^{ab}	0.20 ^{ab}	-15.79	0.22 ^a	0.19 ^a	0.00	0.86 ^a	0.86 ^a
شام ³	0.00	0.16 ^{ab}	0.16 ^b	-18.75	0.19 ^a	0.16 ^{ab}	-7.89 [↑]	0.82 ^a	0.76 ^b
أم الربيع ⁵	25.00	0.12 ^b	0.16 ^b	20.00	0.12 ^b	0.15 ^b	15.15	0.56 ^b	0.66 ^c
هوراني	10.00	0.18 ^a	0.20 ^{ab}	36.84	0.120 ^a	0.19 ^a	-3.49 [↑]	0.89 ^a	0.86 ^a
جدارة ²	0.00	0.15 ^{ab}	0.15 ^b	-5.56	0.19 ^a	0.18 ^{ab}	-14.865	0.85 ^a	0.74 ^{bc}
المتوسط الإجمالي	16.67	0.15	0.18	-11.76	0.19	0.17	-3.85	0.81	0.78
الخطأ المعياري		0.02	0.03		0.02	0.02		0.06	0.04
معامل التباين		14.3	14.7		9.3	9.8		7	5.2
$LSD_{0.01}$		0.05	0.06		0.04	0.04		0.12	0.09
المعنوية		Ns	**		***	*		***	***

تابع تكملة الجدول 2: مقارنة متوسطات كل من كمية اليخضور (ب) (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء)، وكمية الأصبغة البرتقالية (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء)، وكمية اليخضور الإجمالي $a+b$ (ميلي غرام. غ-1 مادة خضراء)، والنسبة a/b والنسبة b/a ونسبة المادة الجافة (%) والمتوسط الإجمالي لكل متغير، ومعامل التباين CV (%)، والخطأ المعياري SE وأقل فرق معنوي $LSD_{0.01}$ تحت ظروف الري الطبيعية والجفافية.

المتغير	نسبة اليخضور (a/b)			نسبة اليخضور (b/a)			نسبة المادة الجافة (MD)		
	المروي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)	المروي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)	المروي	الجفافي	نسبة الاختلاف (%)
شام 1	0.40 ^a	0.22 ^a	45.00	2.56 ^b	4.67 ^a	-82.24	10 ^a	9.3 ^a	7.00
لحن	0.30 ^b	0.21 ^a	30.00	3.35 ^{ab}	5.03 ^a	-50.15	5.5 ^{cd}	4.90 ^d	10.91
شام 3	0.28 ^b	0.23 ^a	17.86	3.67 ^a	4.31 ^a	-17.4	7.03 ^b	5.83 ^c	17.01
أم الربيع 5	0.31 ^{ab}	0.28 ^a	9.68	3.23 ^{ab}	3.61 ^a	-11.8	4.15 ^e	4.13 ^e	0.6
حوراني	0.30 ^b	0.25 ^a	16.67	3.39 ^{ab}	4.05 ^a	-19.5	5.25 ^c	5.10 ^d	2.86
جدارة 2	0.25 ^b	0.22 ^a	12.00	4.07 ^a	4.51 ^a	-10.8	5.63 ^d	6.23 ^b	-10.67
المتوسط الإجمالي	0.31	0.23	25.81	3.38	4.36	-28.99	6.26	5.91	5.59
الخطأ المعياري	0.04	0.03		0.41	0.68		0.12	0.11	
معامل التباين	13.6	14		12	15.7		1.9	1.9	
$LSD_{0.01}$	0.09	0.07		0.84	1.43		0.25	0.23	
المعنوية	**	Ns		**	Ns		***	***	

حيث *، ** و *** هي المعنوية عند $P \leq 0.05$ ، 0.01 و 0.001 على التوالي، و Ns: غير معنوي، وتدل الأحرف المتشابهة ضمن العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية بينها ($P \leq 0.01$).

تأثير الإجهاد الجفافي في نسبة المادة الجافة:

أظهر تحليل التباين للمادة الجافة وجود معنوية عالية ($P \leq 0.001$) بين الطرز وبين مستويات الري وفي التفاعل بين الطرز ومستويات الري (الجدول 3). لقد لوحظ تراجع في نسبة المادة الجافة للطرز المعرض للجفاف عن الشاهد (الجدول 2)، وسجلت أعلى نسبة تراجع في الطراز شام 3 (17.01 %)، ثم لحن (10.91 %)، وأقلها كانت من نصيب الطراز أم الربيع 5 (0.6 %)، وحوراني (2.86 %)، لكن لوحظت زيادة في المادة الجافة لدى الطراز جدارة 2 (10.67 %). وتشير النتائج إلى وجود فروق معنوية ($P \leq 0.001$) بين الطرز المدروسة تحت تأثير الإجهاد الجفافي في صفة نسبة المادة الجافة (الجدول 2)، إذ بلغ متوسط نسبة المادة الجافة الأعلى لدى الطراز شام 1 (9.3 %)، تلاه الطراز جدارة 2 (6.23 %)، في حين كان الأدنى لدى الطراز أم الربيع 5 (4.13 %). فالأنماط الوراثية التي صنعت كمية أكبر من المادة الجافة (شام 1 وجدارة 2) هي الأنماط نفسها التي كانت تمتلك زيادة في كمية اليخضور (أ) تحت الإجهاد عن الشاهد (20.34، 15.91 % على التوالي)، والأقل تدهوراً لليخضور، والأقل فقداً للماء (7.07، 7.26 %) على التوالي، ويزداد معدل انتشار غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 بازدياد معدل فقد الماء بالنتج (الناقلية المسامية)، ولكن بالمقابل لا يتحدد معدل التركيب الضوئي بتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون الداخل عبر المسام، وإنما بكفاءة النبات في تحويل الكربون المعدني إلى كربون عضوي، فكان هناك تراجعاً في كمية السكر عند الطراز شام 1 (9.49 %)، وزيادة في كمية السكر في جدارة 2 (7.43 %) بعد التعرض للجفاف، ويتوقف هذا الأخير إلى حد كبير على كمية أنزيم RubisCO وفعاليتها (العودة وخيتي، 2008).

تأثير الإجهاد الجفافي في محتوى السكريات الذوابة بالكحول في الورقة:

يظهر الجدول 3 وجود فروق معنوية بين الطرز وبين مستويات الري عند درجة معنوية ($P \leq 0.001$)، كما كان التفاعل بين الطرز وكميات الماء المتوفرة عالي المعنوية ($P \leq 0.001$). لوحظت زيادة في كمية السكريات الذوابة في المعامل عن الشاهد في كل طراز، وهذا يتوافق مع الكثير من الدراسات التي اشارت إلى أن

المحاصيل النجيلية خلال الإجهادات اللاأحيائية المتعددة تزيد من تراكم السكريات الذوابة (Prado وزملاؤه، 2000)، فكانت أعلى زيادة كنسبة مئوية للمعامل عن الشاهد في الطراز حوراني (43.61%)، ثم شام3 (21.99%)، وأقلها في الطراز جدارة2 (7.43%) (الجدول 2)، تتوافق هذه النتائج مع Youcef و Meriem (2014) و Cheng وزملائه (2015) الذين طبّقوا الإجهاد المائي وفق أربعة مستويات من السعة الحقلية (10%، 15%، 25% و 35%) على أربعة اصناف من القمح القاسي في مرحلة الورقات الأربع تحت شروط البيت الزجاجي، وخلصوا إلى أن هذه الزيادة في السكريات تعد معياراً للتأقلم مع نقص الماء، وهي ذات علاقة موجبة مع درجة الإجهاد، إلا أنه سُجّل تراجع في لحن (26.77%)، وأم الربيع5 (16.67%)، وشام1 (9.49%)، وشوهدت فروق معنوية ($P \leq 0.001$) بين الطرز (الجدول 2)، فسُجّل أكبر متوسط للسكر في لحن (17.8)، ثم في حوراني (14.62)، وأقلها في أم الربيع5 (6.75) وجدارة2 (8.39%)، يعتمد الدور الرئيس للسكر ليس فقط في استخدامه مباشرة في تصنيع المركبات الأخرى وإنتاج الطاقة، ولكن أيضاً في ثباتية الاغشية (Hoekstra وزملاؤه، 2001)، وتعمل جزيئات السكر كمنظمات للتعبير الوراثي وكجزيئات تقوم بدور إشارات (نواقل) Signal molecules (Smeekens، 2000). اظهرت الدراسة التي قام بها Al- Hakimi وزملاؤه (1995) أن محتوى السكر الذوّاب يعد مؤشراً جيداً لانتخاب سلالات القمح القاسي المتحمّلة للجفاف كما في البرولين. وكان العمل في دراستنا على إجمالي السكريات الذوابة في الكحول وليس على سكر معين.

تأثير الإجهاد الجفاف في محتوى البرولين الحر في الورقة:

لوحظ من الجدول 3 وجود فروق معنوية بين الطرز وبين مستويات الري ($P \leq 0.001$) وكان التفاعل بين الطرز وكميات الماء المتوفرة معنوياً أيضاً ($P \leq 0.001$). تتراكم الذائبات التوافقية، في النباتات، مثل البرولين كاستجابة للإجهاد الجفاف والملوحة بدايةً في السيتوبلازما لتحقيق التوازن مع الضغط الحلولي في الفجوة التي تكون أغلب محتوياتها من الذائبات اللاتوافقية (الشوارد المعدنية) (Bussis و Heineke، 1998). أظهرت النتائج زيادة في كمية البرولين في المعامل عن الشاهد (الجدول 2)، وهذا يتوافق مع Sultan وزملائه (2012) الذين درسوا تأثير الجفاف في تراكم البرولين في أصناف القمح خلال 24، 48 و 72 ساعة من الإجهاد كما اشار Oncel وزملاؤه (2000) إلى أن البرولين يتراكم في النباتات خلال تأقلمه مع العديد من الاجهادات البيئية كالجفاف، والملوحة، ودرجة الحرارة، ونقص الغذاء، وعند تعرضها للمعادن الثقيلة والحموضة العالية، وسجلت أعلى زيادة كنسبة مئوية في جدارة2 (244%)، ثم شام1 (129.17%)، وشام3 (85.57%)، وحوراني (49%)، وأقلها في لحن (5.56%)، وهذا يتوافق مع نتائج Youcef و Meriem (2014)، و Cheng وزملائه (2015)، الذين اشاروا إلى أن البرولين يتراكم في أوراق اصناف القمح القاسي في مرحلة البادرة بكميات كبيرة تحت تأثير الإجهاد المائي مقارنة بالشاهد. كما لوحظ وجود فروق معنوية بين الأصناف المعرضة للإجهاد (الجدول 2)، وسجل أعلى متوسط في شام3 (3.73)، ثم جدارة2 (2.89)، ثم حوراني (2.7)، تلاه أم الربيع5 (2.13)، وأقلها في لحن وشام1 (0.38، 0.55) على التوالي. من المعلوم أن البرولين يتراكم في جميع الاعضاء النباتية أثناء الاجهاد، إلا أن أكبر كمية تتجمع في الأوراق النامية، وينتج هذا التراكم عن زيادة تصنيع البرولين وليس انخفاض مستوى تحطيمه (Roeder، 2006).

من المحتمل أن الدور الرئيس للبرولين ليس فقط في المحافظة على الضغط الحلولي، وإنما حماية الأنزيمات ونشاطها من تأثير الجفاف (Patakas وزملاؤه، 2002)، وبالتالي المحافظة على العمليات الفيزيولوجية كالتركيب الضوئي واستطالة الخلايا (Jarvis و Tyree، 1982). قد تكون التأثيرات الاستقلابية لتراكم الذائبات متساوية أو أنها أكثر أهمية من كونها ذات دور في الضبط الأسموزي، إذ أن الإجهاد يُنظّم بتغيرات في تصنيع وتحطيم البرولين، هذا وقد يكون له تأثير في التعبير الوراثي لبعض المورثات، والذي يؤكد أن الاستجابة الوراثية للإجهاد تكون مناسبة لسيادة شروط الإجهاد البيئية (Hare وزملاؤه، 1999). كما يمكن للبرولين والسكر تغذية جزيئات البروتينات، لضبط الضغط الحلولي ومنع تحطم البروتينات (Hoekstra وزملاؤه، 2001).

مؤشرات الجفاف:

وجد تباين كبير ضمن الطرز المدروسة واستجابتها لإجهاد الجفاف، لذلك دُرست أربعة مؤشرات تميز درجات تحمل الطرز للجفاف هي: DTI، GMP، TOL و SSI، وقد أعطت قيماً متباينة (الجدول 4)، فالقرينة DTI تراوحت قيمها من 2.38 إلى 0.44، وتراوحت قيم GMP من 9.64 إلى 4.14، أما القرينة TOL فكانت معظم قيمها سالبة وواحدة موجبة، وتراوحت من -0.03 إلى 0.99، وكذلك كانت قيم القرينة SSI سالبة، وتراوحت من -14.09 إلى -20.64. ولإعتماد القرينة الأفضل لتحديد الطرز الأكثر تحملاً للجفاف تم تقدير علاقة الارتباط البسيط (بيرسون) بين مؤشرات الجفاف والمادة الجافة للشاهد ومعاملة الجفاف ومتوسط (الشاهد ومعاملة الجفاف) (الجدول 4)، إذ أثبتت بعض الدراسات أن المؤشر الأكثر فعالية لانتخاب طرز متحملة للجفاف هو المؤشر الذي يبدي ارتباطاً معنوياً مع الإنتاجية في الظروف الجفافية والشاهد (Choukan وزملاؤه، 2006).

الجدول 3. مقارنة متنوسطات كل من محتوى الماء النسبي الورقي (%), وقرينة نباتية الغشاء الخلوي (%), وكمية البرولين (ميكرو غرام، غ-1 مادة خضراء)، وكمية السكر الثواب بالكحول (ميكرو غرام، غ-1 مادة خضراء)، وكمية الأصبغة البرتقالية (ميلي غرام، غ-1 مادة خضراء)، وكمية الأصبغة البرتقالية (ميلي غرام، غ-1 مادة خضراء)، وكمية اليخضور الإجمالي (a+b) (ميلي غرام، غ-1 مادة خضراء)، والنسبة (a/b) و (b/a)، نسبة المادة الجافة (%), والمتوسط الإجمالي لكل متغير، معامل التباين CV (%), الخطأ المعياري SE وأقل فرق معنوي LSD_{0.01}، ومصدر التباين تحت ظروف تأثير الري الطبيعية والجفافية.

نسبة المادة الجافة	نسبة الأصبغة البرتقالية إلى اليخضور الإجمالي c/(a+b)	نسبة اليخضور (a/b)	نسبة اليخضور (b/a)	كمية اليخضور الإجمالي	كمية الأصبغة البرتقالية	كمية اليخضور (ب)	كمية اليخضور (أ)	كمية السكر الذائب بالكحول	كمية البرولين	قرينة نباتية الغشاء الخلوي	محتوى الماء النسبي	ت.م.
9.65 ^a	0.24 ^a	3.62 ^{ab}	0.31 ^a	0.85 ^{ab}	0.18 ^{ab}	0.2 ^a	0.65 ^{ab}	11.64 ^c	0.39 ^d	83.9 ^a	94.93 ^a	شام 1
5.2 ^{bd}	0.23 ^a	4.19 ^{ab}	0.26 ^{ab}	0.86 ^a	0.21 ^a	0.17 ^{ab}	0.69 ^a	21.06 ^a	0.37 ^d	83.54 ^a	89.39 ^c	لحن
6.425 ^b	0.22 ^a	3.99 ^{ab}	0.26 ^{ab}	0.79 ^b	0.18 ^b	0.16 ^{ab}	0.63 ^b	7.02 ^f	2.87 ^a	65.91 ^b	91.8 ^b	شام 3
4.137 ^e	0.22 ^a	3.42 ^b	0.3 ^a	0.61 ^c	0.135 ^c	0.14 ^b	0.47 ^c	7.42 ^e	1.69 ^c	55.66 ^c	59.65 ^f	أم الربيع 5
5.63 ^c	0.22 ^a	3.72 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.88 ^a	0.19 ^{ab}	0.19 ^a	0.69 ^a	12.4 ^b	2.27 ^b	55.27 ^c	85.63 ^d	حوراني
5.73 ^d	0.22 ^a	4.29 ^a	0.24 ^b	0.79 ^b	0.18 ^{ab}	0.15 ^b	0.64 ^{ab}	8.1 ^d	1.85 ^c	55.91 ^c	83.63 ^e	جدارة 2
6.09	0.23	3.87	0.27	0.8	0.18	0.17	0.63	11.27	1.57	66.7	84.17	المتوسط الإجمالي
0.12	0.03	0.56	0.04	0.05	0.02	0.03	0.04	0.2	0.14	0.608	1.135	الخطأ المعياري
2	11	14.5	14.3	6	9.2	15	5.9	1.8	9.1	0.9	1.3	معامل التباين
0.23	0.05	1.09	0.08	0.09	0.03	0.05	0.07	0.39	0.28	1.175	2.193	LSD _{0.01}
***	Ns	*	**	*	***	***	***	***	***	***	***	مصدر التباين
***	Ns	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	الطرز
***	Ns	*	**	*	*	*	***	***	***	***	***	الري
***	Ns	*	**	*	*	*	***	***	***	***	***	الطرز × الري

حيث *، **، *** هي المعنوية عند (P<0.05)، (P<0.01) و (P<0.001) على التوالي، و NS: غير معنوي، وتدل الأحرف المتشابهة ضمن العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية بينها (P<0.01).

فقد أبدت القرينتان DTI و GMP ارتباطاً معنوياً ($P \leq 0.01$) عالياً مع إنتاجية المادة الجافة في الشاهد (0.98، 0.9 على التوالي)، ومعاملة الجفاف (0.95، 0.96 على التوالي)، ومتوسط المعاملتين (0.99، 1.00 على التوالي) (الجدول 5)، وهذا يتوافق مع دراسة قندوز (2014) الذي اختبر مدى فعالية ستة مؤشرات لتحمل الجفاف في انتخاب اصناف القمح القاسي المتحملة لظروف الجفاف في بيئات مختلفة ضمن المناطق شبه الجافة، واعتبر أن مؤشر الحساسية للجفاف (DTI)، ومتوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) مفيدان جداً في انتخاب الاصناف المتحملة للجفاف وذات الإنتاجية العالية. وكذلك يتوافق مع Pour-Aboughadreh وزملائه (2017) الذين استطاعوا أن يرتبوا 180 فرداً من القمح وحشيشة الماعز (الدوسر Aegilops) في مرحلة البادرة بالاعتماد فقط على قرينة تحمل الجفاف (DTI)، والتي قُدرت بالاعتماد على إنتاجية المادة الجافة للضارع الهوائي.

أما القرينتان TOL و SSI فكان ارتباطهما ضعيفاً وغير معنوي، وبالتالي تم استبعادهما كمؤشرين لترتيب الطرز، وهذا لا يتوافق مع دراسة Abdel-Ghani وزملائه (2014) الذين استطاعوا في مرحلة البادرة تصنيف 223 نمطاً وراثياً مختلفاً من الشعير الربيعي (جمعت من مناطق مختلفة من العالم) بناءً على قرينة الحساسية للجفاف (SSI)، إذ أن الطرز المتحملة للجفاف (والتي تتصف بمردودية عالية في الظروف العادية والجفاف) كانت بقيم SSI سالبة، والأصناف الحساسة للجفاف كانت بقيم SSI موجبة، مع الإشارة إلى أن قيمة القرينة قُدرت بالاعتماد على إنتاجية الكتلة الحيوية الكاملة للبادرة (وهي مجموع المادة الجافة للجذر والضارع الهوائي).

فالطرز الأكثر تحملاً للجفاف يكون قادراً على المحافظة على ماء أنسجته، وذلك لمقدرته على الحفاظ على سلامة أغشيته الخلوية العائد لقدرة النبات على زيادة تراكم الذائبات العضوية كالبرولين، كما في حالة شام1، مما ينعكس إيجاباً على ثباتية اليخضور، كما أسهمت الأصبغة البرتقالية في حماية اليخضور (أ) من أضرار الأشعة الضوئية، وبالتالي أصبح النبات قادراً على القيام بعملية التركيب الضوئي واصطناع المركبات العضوية التي تدخل في تصنيع الكتلة الحيوية، وزيادة كتلة المادة الجافة، وتسهم في ضبط الضغط الأوسموزي، وهذا ما كان ملاحظاً في التحليل متعدد الأبعاد تحت ظروف الإجهاد الجفاف، والذي أكد دور مؤشرات الجفاف في تحديد الأصناف الأكثر تحملاً للجفاف.

وبناءً عليه يُمكن ترتيب الطرز تنازلياً بالاعتماد على مجمل التحاليل، وذلك وفقاً لقيم الصفات المدروسة، وقيم مؤشرات الجفاف DTI و GMP، فيكون شام1 أكثر الطرز تحملاً للجفاف في مرحلة البادرة ضمن شروط غرفة النمو، يليه شام3، ثم جدارة2، وهوراني، ولحن وأخيراً أم الربيع5.

الجدول 5. علاقة الارتباط بين المادة الجافة ومؤشرات الجفاف.

مؤشرات الجفاف	المادة الجافة	
	الشاهد	الجفافي
DTI	0.98**	0.95**
GMP	0.90**	0.96**
TOL	0.45	0.29
SSI	-0.25	-0.27
		متوسط الشاهد والجفافي
		0.99**
		1.00**
		0.43
		-0.167

الجدول 4. قيم مؤشرات الجفاف للمادة الجافة في الطرز المدروسة.

الطرز	DTI	GMP	TOL	SSI
شام1	2.38	9.64	-0.7	-15.91
شام3	1.05	6.4	-1.2	-14.09
جدارة2	0.83	5.71	0.99	-20.64
هوراني	0.73	5.36	-0.52	-15.49
لحن	0.69	5.19	-0.6	-15.2
أم الربيع5	0.44	4.14	-0.03	-17.07

(DTI): قرينة تحمل إجهاد الجفاف، (GMP): قرينة الإنتاج الهندسي، (TOL): قرينة تحمل الجفاف، (SSI): قرينة الحساسية لإجهاد الجفاف.

الاستنتاجات

- 1 - ترتبط سلامة الأغشية السيتوبلاسمية بكفاءة الطراز الوراثي في المحافظة على محتوى الماء النسبي ضمن خلاياه، والذي ترافق مع زيادة في نسبة البرولين والسكر الذواب بالكحول، وبالتالي المحافظة على كمية اليخضور (أ).
- 2 - ينتمي الطرازان أم الربيع5 ولحن، في مرحلة البادرة، إلى مجموعة منفقات المياه (Water spender)، في حين تنتمي الطرز شام1، شام3، جدارة2 وهوراني إلى مجموعة مدخرات المياه (Water saver).
- 3 - تصنف الطرز التي ارتفع فيها تركيز الذائبات التوافقية، والبرولين و/أو السكريات الذوابة، استجابةً لظروف نقص الماء، ضمن مجموعة النباتات التي تتبنى آلية التعديل الحلوي الفعال لتحمل الإجهاد المائي المتزايد في مرحلة البادرة، مع المحافظة على ميزان العلاقات المائية داخل أنسجتها.

المقترحات

- 1 - يمكن الاستفادة من الصنف شام 1 في برامج التربية والتحسين الوراثي لمحصول القمح.
- 2 - يمكن اعتماد مؤشري الجفاف (DTI و GMP) في تصنيف وترتيب أصناف القمح القاسي، في مرحلة البادرة، حسب درجة تحملها للجفاف.

المراجع

- العودة الشحاذة ، أيمن وخيتي، مأمون. 2008. فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري). كلية الزراعة، منشورات جامعة دمشق، مديرية الكتب الجامعية، رقم الكتاب 3241.
- قندوز، علي. 2014. تقييم علاقة بعض المؤشرات الضوئية وسلوك القمح الصلب تحت تأثير أنظمة سقي مختلفة. أطروحة دكتوراه، جامعة عباس فرحات صطيف 1. الجزائر.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2013. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، مديرية الإحصاء والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.
- Abdel-Ghani A.H, K. Neumann, C. Wabila, R. Sharma, S. Dhanagond, S.J. Owais, A. Boerner, A. Graner and B Kilian. 2014. Diversity of germination and seedling traits in a spring barley (*Hordeum vulgare* L.) collection under drought simulated conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 62: 275–292. doi:10.1007/s10722 - 014 - 0152-z.
- Al Hakimi, A., P. Monneveux and G. Galiba, 1995. Soluble sugars, proline and Relative Water Content (RWC) as traits for improving drought tolerance and divergent selection for RWC from *T. polonicum* into *T. durum*. *J. Genet. Breed*, 49: 237- 244.
- Al-Karaki GN. 2008. Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potential. *J Agron Crop Sci* 181:229–235.
- AL-Ouda, A. S. 1999. Genetic variability in temperature and moisture stress tolerance in sunflower (*Helianthus annus* L.) hybrids: Assessment of some physiological and biochemical traits. Ph.D. Thesis Submitted to Crop Physiology Dept., UAS, Bangalore, India.
- Anjum S.A. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Africa journal of agricultural research*. 6(9):2032.
- Ayalew H. X. Ma, and G. Yan. 2015. Screening wheat (*Triticum* spp.) genotypes for root length under contrasting water regimes: potential sources of variability for drought resistance breeding. *Journal of Agronomy & Crop Science* 201: 189194-. doi:10.1111/jac.12116.
- Ayalew H., H. Liu, and G. Yan. 2016. Quantitative analysis of gene actions controlling root length under water stress in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Crop and Pasture Science*, 2016, 67: 489–494. <http://dx.doi.org/10.1071/CP15244>.
- Bandurska H. 1991. The effect of proline on nitrate reductase activity in water-stressed barley leaves. *Acta Physiol. Plant*. 13:3 -11. [http:// dx.doi.org/10.577251205/](http://dx.doi.org/10.577251205/)
- Bates L., R.P. Waldren, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205 - 207.
- Bartolozzi F., G. Bertazza, D. Bassi, and G. Cristoferi. 1997. Simultaneous determination of soluble sugars and organic acids as their trimethylsilyl derivatives in apricot fruits by gas-liquid chromatography. *J. chromatography A* 758: 99 - 107.
- Barrs H.D. and P.E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian journal of biological science* 15: 413 -428.
- Bussis D. and D. Heineke 1998. Acclimation of potato plants to polyethylene glycol-induced water deficit. II. Contents and subcellular distribution organic solutes, *J. Exp. Bot.* 49:1361–1370.
- Buchanan B.B., W. Gruissem, and R.L. Jones, 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Amer. Soc. Plant Physiol. Rockville.

- Cheng, Z., K.Dong, P. Ge, Y. Bian, L. Dong, and X. Deng. 2015. Identification of Leaf Proteins Differentially Accumulated between Wheat Cultivars Distinct in Their Levels of Drought Tolerance. PLoS ONE 10(5): e0125302. doi:10.1371/journal.pone.0125302.
- Choukan, R., T. Taherkhani, M.R. Ghannadha and M. Khodarahmi, 2006. Evaluation of drought tolerance maize lines by drought stress tolerance indices. Iranian J. Agric. Sci., 8: 2000 - 2010.
- Clarke, J.M., T.M. Townley-Smith, T.N. McCaig and D.G. Green, 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Sci., 24: 537 - 541.
- Deshmukh, P.S., R.K. Sairam, and D.S. Shukla, 1991. Measurement of ion leakage as a screening technique for drought resistance in wheat genotypes. Indian journal of plant physiology, 34: 89 - 91.
- El_Tayeb M.A. 2006. Differential Response of Two *Vicia faba* Cultivars to Drought: Growth, Pigments, Lipid, Peroxidation, Organic Solutes, Catalase, and Peroxidase Activity, Acta Agron. Hung., vol. 54: 25–37.
- FAO.2009. The year book of food and agriculture organization-2008.
- Farooq M., A. Wahid, N. Kobayashi D. Fujita, and S.M.A. Basra. 2009 - Plant drought stress: effects, mechanisms and management, Agron. Sustain. Dev. 29: 185 - 212.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kuo, (Ed), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Tainan Publication, Taiwan.
- Fernandez GCJ. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo CG (ed) Adaptation of food crops to temperature and water stress. Shanhua, Taiwan: 257–270.
- Fischer, R. A., and R. Maurer.1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res., 29:897 - 907.
- Germ M., O. B. Urbanc, and A. D. Kocjan. 2005. The response of Sunflower to acute disturbance in water availability. Acta Agriculture Solvenica;85 (1):135 - 141.
- Geravandi. M., E. Farshadfar, and D. Kahrizi. 2011. Evaluation of Some Physiological Traits as Indicators of Drought tolerant in bread wheat genotypes Russian Journal of Plant Physiology. Vol. 58, (1): 69 - 75.
- Gholamin, R., M. Khayatnezhad. 2010. Study of some physiological responses of drought stress in hexaploid and tetraploid wheat genotypes in Iran. J. Sc. Res., 6:246 - 250.
- Golabadi, M., A. Arzani, and S.A.M Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. Afr J Agric Res., 5: 162 - 171.
- Guo R., W. Hao, D. Gong, X. Zhong, and F. Gu. 2013. Effect of water stress on germination and growth of wheat, photosynthetic efficiency and accumulation of metabolites. (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>).
- Habash DZ., M. Baudo M. Hindle, SG. Powers, and M. Defoin-Platel. 2014. Systems responses to progressive water stress in Durum wheat. PLOS One 9(9):e 108431. Doi:10.1371/journal.pone.0108431.
- Hare, P.D., W.A. Cress and J. Staden 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction, J. Exp. Bot. 50, 413 - 434.
- Hillman G., R. Hedges, and A. Moore. 2001. New Evidence of Late Glacial Cereal Cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates, The Holocene, 4: 383 - 393.
- Hiscox, J.D., and G.F. Israelstom. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without masceration. Canadian Journal of Botany, 57: 1332 - 1334. doi:10.1139/b79 - 163, <http://dx.doi.org/10.1139/b79 - 163>
- Hoekstra, F.A., E.A. Golovina and J. Buitink. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends Plant Sci., 6: 431 - 438.
- Khayatnezhad M., and R. Gholamin 2011. Scrutiny of hexaploid and tetraploid (*Triticum durum*) wheat's genotypes to some physiological responses in drought stress. Middel-east journal of scientificresearch

7(1):12 - 16.

- Kpyoarissis A., Y. Petropoulou and Y. Manetas 1995. Summer survival of leaves in a soft-leaved shrub (*Phlomis fruticosa* L., Labiatae) under Mediterranean field conditions: avoidance of photoinhibitory damage through decreased chlorophyll contents. *Journal of Experimental Botany* 46: 1825- 1831.
- Levitt J. 1972. Responses of plants to environmental stresses.' Academic Press: New York.
- Lichtenthaler, H.K. and W.R. Wellburn, 1983. Press, New York, pp: 199 - 217. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.*, 11: 591-192.
- Lilley J.M., and J.A. Kirkegaard, 2011: Benefits of increased soil exploration by wheat roots. *Field. Crop. Res.* 122: 118 - 130.
- Ma, B. L., M. J. Morison, and H. D. Videng. 1995. Leaf Greenness and Photosynthetic Rates in Soybean. *Crop Science*, 35, 1411- 1414. doi:10.2135/cropsci1995.0011183X003500050025x, <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500050025x>
- Mamnouie, E., R. FotouhiGhazvini, M. Esfahany, and B. Nakhoda, 2006. The Effects of Water Deficit on Crop Yield and the Physiological Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 8: 211 - 219.
- Maralian H., and A. Ebadi R.T. Didar and B. Haji-Eghrari .2010: Influence of water deficit stress on wheat grain yield and proline accumulation rate. *African Journal of Agriculture Research*, 5: 286 - 289.
- Meriem.Z and K. youcef, 2014. Morpho-Physiological Behaviour of Four Genotypes of Durum Wheat (*Triticum durum* desf.) Grown under Different Levels of Water Stress. *American Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.*, 14 (12): 14151422-. DOI: 10.5829/idosi.ajeaes.14.12.12471.
- Mohammadi, M., R.A Karimizadeh and M.R Naghavi. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *Journal of Agriculture and Social Science*, 5: 119 - 122.
- Nachit, M.M. 1992. Durum wheat breeding for Mediterranean dryland of North Africa and West Asia. Paper presented at Durum Wheat Workshop "Discussion on Durum Wheat: Challenges and Opportunity", CIMMYT, Ciudad Obregon (Mexico), 23 - 25 March 1992 :14 - 27.
- Oncel, I., Y. Keles, and A. S. Ustun. 2000. Interactive effects of temperature and heat stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. *Pollut.*, 107: 315 - 320.
- Passioura, J.B. 2012. Phenotyping for drought tolerance in grain crops: when is it useful to breeders? *Funct. Plant Biol.* 3: 851 - 859.
- Patakas A., Nikolaou, E. Zioziou, K. Radoglou. and B. Noitsakis. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. *plant science*, 163: 361367-.
- Pour-Aboughadareh A., Jafar Ahmadi, Ali Ashraf Mehrabi, Alireza Etminan, Mohammad Moghaddam and H. M. Kadambot Siddique. 2017. Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: implications for wheat improvement.
- Prado, F.E., C. Boero, M. Gallarodo and J.A. Gonzalez. 2000. Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* willd seeds. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 41: 27 - 34.
- Qu, Y., P. Mu, H. Zhang, . Chen, Y. Gao, Y. Tian, F. Wen and Z. Li .2008. Mapping QTLs of root morphological traits at different growth stages in rice. *Genetica* 133: 187–200. doi:10.1007/s107095-9199-007-.
- Rahman S., M. Bilal R. Rana M. Tahir M. Shah H. Ayalew and G. Yan. 2016. Cell membrane stability and chlorophyll content variation in wheat (*Triticum aestivum*) genotypes under conditions of heat and drought. *Crop and Pasture Science*, 67: 712 - 718.
- Ramirez P. and Kelly J.D. 1998. Traits related to drought tolerance in common bean. *Euphytica*, 99: 127-136.
- Reddy A.R., K.V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis

- and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of plants physiology* (161):1189 - 1202.
- Roeder V. 2006. Recherche et étude de marqueurs de la tolérance au stress chez l'algue brune (*Laminari digitata*) Thèse of doctorat Biologie. Université de Rennes, 1: 237 .
 - Rosielle A.A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environment. *Crop Sci.*, 21: 943 - 946.
 - Sairam R., D. Shukla and D. Saxena, 1998. Stress induced injury and antioxidant enzymes in relation to drought tolerance in wheat genotypes. *Biol. Plant.*, 40:357 - 364.
 - Siddique, M.R.B., A. Hamid, and M.S. Islam, 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41: 35 - 39.
 - Smeekens S. 2000. Sugar-induced signal transduction in plants. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 51: 49 - 81.
 - Statsoft 2011. Electronic statistics textbook http://www.statsoft.pl/textbook/stathome_stat.html. StatSoft Inc.
 - Sultan M., L. Hui, L. Yang and Z. Xianz. 2012. Assessment of Drought Tolerance of *Some Triticum L.* Species through Physiological Indices. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 48, 2012 (4): 178 - 184.
 - Tas S. and B. Tas. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. *World J. Agric. Sci.*, 3: 178 - 183.
 - Tyree M.T. and P.G. Jarvis. 1982. Water in tissue and cells, in: O.L. Lange, P.S. Nobel, O.B. Osmond, M. Ziegler (Eds.), *Encyclopedia of Plant Physiology*, Springer, Berlin: 36 - 77.
 - Vieira da Silva, J., A.W. Naylor, and P.J. Kramer, 1974. Some ultrastructural and enzymatic effects of drought stress in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) leaves. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71: 243 - 324.
 - Zadoks, J. C., T. T. Chang and B. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415 - 421.
 - Zaeifyzadeh, M., and Goliov, R. 2009. The effect of interaction between genotypes and drought stress on the superoxide dismutase and chlorophyll content in durum wheat landraces. *Turk.J.Biol.* 33:1 - 7.

N° Ref: 858