

## السلوكية المورفوفسيولوجية لبعض أصناف القمح بتأثير إجهاد نقص الماء

سمير أبو إصبع<sup>(1)</sup> و محمد سليمان<sup>(1)</sup> و لبنى مقراني<sup>(1)</sup> و ميسون صالح<sup>(2)</sup>

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

(2) قسم الأصول الوراثية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

استلام 19 سبتمبر 2018م - قبول 30 ديسمبر 2018م

<https://doi.org/10.37575/b/agr/2007>

### الملخص

تمت - في هذا البحث - دراسة السلوكية المورفوفسيولوجية لبعض أصناف القمح القاسي السورية في المراحل المبكرة من نموها تحت تأثير إجهاد نقص الماء وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة خلال الفترة 2016-2017؛ إذ تعد إمكانية تحمل البادرة للجفاف مؤشراً أولياً لقدرة النبات على تحمل الجفاف خلال المراحل المتقدمة من حياته. سُجل في أغلب الأصناف تحت إجهاد نقص الماء تراجع معنوي في ارتفاع النبات ومساحة الورقة الثانية وقرينة محتوى الماء النسبي وقرينة الغشاء الخلوي، إلا أنه لوحظ استقرار في أصبغة التركيب الضوئي. امتلك الصنف شام 1 أعلى القيم من حيث محتوى الماء النسبي وثباتية الغشاء الخلوي وكمية اليخضور - (91.42%، 83.15%، 0.72 مغ غ-1 وزن رطب) على التوالي، بينما كانت القيم الدنيا من نصيب الصنف شام 5. كما تبين أن الصنف شام 1 أكثر الأصناف المحلية تأقلاً لظروف نقص الماء؛ فهو مادة وراثية جيدة لنقل بعض الصفات المورفوفسيولوجية المرتبطة بتحسين التحمل للجفاف.

الكلمات المفتاحية: أصبغة التركيب الضوئي، ثباتية الغشاء الخلوي الجفاف، القمح القاسي، محتوى الماء النسبي.

### المقدمة

يعتمد تحمل النبات للإجهادات اللاحيوية على كيفية حدوث الإجهاد (صدمة مباشرة أو تدريجي (مستمر))، وعلى طبيعة التحريض ونوعيته، ومرحلة حياة النبات (Ayalew, 2016)، ووجود إجهادات بيئية مختلفة مثل (نقص الماء، الملوحة، الحرارة المنخفضة، هرمون القطع Abscisic acid (ABA)) مما يحفز تعبير بعض المورثات التي تنتج البروتينات الدفاعية كمجموعة المورثات late dehydrin (DHN) المنتمية لعائلة المورثات late embryogenesis abundant (LEA) (Cheng et al., 2002)؛ ولهذا يسعى مربو النبات إلى انتخاب طرز وراثية ذات إنتاجية جيدة تتسم ببعض الصفات الشكلية والفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف (Annicchiario and Pecetti, 1993). يُقاس إجهاد نقص الماء بمدى تراجع المحتوى المائي وتضخم (turgor) الخلايا وإغلاق المسام والتناقص في استطالة الخلايا ونموها؛ فالإجهاد المائي الشديد قد يؤدي إلى توقف التركيب الضوئي واضطراب في الاستقلاب الذي يؤدي إلى موت النبات (Almeselmani et al., 2011). تكون قيمة محتوى الماء النسبي مرتفعة في المراحل الابتدائية من نمو الورقة وتنخفض في الأوراق الناضجة، وتتعلق قيمتها بكميات الماء الممتصة من الجذر والمفقودة بالنتح (Anjum, 2011). يؤدي نقص الماء في النسج النباتية إلى تثبيط التركيب

يعد القمح من المحاصيل المهمة عالمياً؛ إذ تشغل المساحة المزروعة بالقمح 15% من المساحة القابلة للزراعة في العالم (Datta et al., 2011)، والقمح القاسي *Triticum durum* من أهم المحاصيل الإستراتيجية في حوض البحر المتوسط (Moragues et al., 2006). يُشكل إنتاج سورية من القمح القاسي نحو 10 - 11% من الإنتاج العالمي (FAO, 2007).

يزرع القمح القاسي بشكل رئيس تحت ظروف الزراعة المطرية، و35% من أراضي البلدان النامية تتألف من بيئات شبه جافة (Farshadfar et al., 2013)، ونتيجةً للتذبذب الحاد في معدلات الهطول المطري وارتفاع درجة حرارة سطح الأرض يتعرض محصول القمح لفترات متفاوتة من الجفاف خلال مراحل النمو المختلفة (Aesawy, 2000)؛ مما يؤثر في إنتاجيته (Tas and Tas, 2007; Arous, 2004).

يتوقف مقدار الأذى الناجم عن الإجهاد المائي على شدة هذا الإجهاد، ومدته، والمرحلة التطورية التي يتعرض خلالها النبات للإجهاد المائي (Germ et al., 2005). هناك مراحل معينة من حياة النبات، مثل الإنبات ومرحلة البادرة والإزهار، أكثر حساسية من غيرها لنقص الماء (Almeselmani et al., 2011; Cossgrove, 1989).

السورية، والتي نُميت في غرفة زراعة ذات شروط نمو (25°م نهارًا و18°م ليلاً، إنارة 300 ميكرومول فوتون/م<sup>2</sup>/ثانية لمدة 14 ساعة، 55% رطوبة). بدايةً تم إنبات الحبوب على أوراق ترشيح في أطباق بتري ضمن الحاضنة (23°م)، ثم نُقلت البادرات ذات الأطوال المتساوية إلى أصص سعة (2 لتر) تحتوي على تربة حمراء وبيرليت وتورب (1:1:1). وضعت خمسة بادرات في كل أصيص وبمعدل ثلاثة مكررات (أصص) لكل معاملة ري (الشاهدة والجفافية) وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة.

اختُبرت في بداية التجربة الأصص لتحديد السعة الحقلية field capacity (FC)، رُويت الأصص بكميات متساوية من الماء ووزنت، وتم تحديد الفترة الزمنية التي يتوقف عندها جريان الماء من أسفل كل أصيص (ثلاثة أيام). اعتُبرت اللحظة التي تصل فيها الأصص إلى وزن ثابت بأنها نقطة ذبول دائمة (15% من FC). اعتمد في دراستنا المستوى 25 إلى 30% من السعة الحقلية كإجهاد مائي (كان تماسك التربة ضعيفاً، فعند مسكها باليد وعصرها يلاحظ أنها هشة التماسك)، و65 إلى 70% من السعة الحقلية ري طبيعي جيد (كشاهد) (Pour-Aboughadreh et al., 2017). قبل تطبيق إجهاد نقص الماء رُويت جميع الأصص بكميات متساوية لمدة 10 أيام لتحقيق نمو جيد، 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 بالاعتداد على حيوية النبات ومظهر التربة. 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 et al., 1974)، وبعدها أُجريت جميع القياسات للصفات المورفوفسيولوجية (للورقة الثانية): ارتفاع النبات، مساحة الورقة، محتوى الورقة من الماء النسبي، قرينة ثباتية الغشاء الخلوي ومحتوى الخلايا من أصبغة الكاروتينويدات carotenoids، والأصبغة اليخضورية والثباتية اليخضورية chlorophyll stability. أخذت العينات للدراسة من الساعة السابعة حتى الساعة العاشرة صباحاً.

الضوئي؛ لذلك فإن مقدرة النبات على المحافظة على جهاز التركيب الضوئي تحت إجهاد الجفاف تعد مؤشراً على تحملته للجفاف (Mohammadi et al., 2009)؛ فالأصبغة اليخضورية والكاروتينات هي من أصبغة التركيب الضوئي الرئيسة، ولذلك فهي من المؤشرات الجيدة عن مقدرة جهاز التركيب الضوئي على أداء عمله (Guo et al., 2013)؛ فالكمية العالية من الكاروتينات في القمح القاسي تساعد ليكون أكثر تحملاً للجفاف (Khayatnezhad and Ghohamin, 2011).

يُستخدم قياس ثباتية الغشاء الخلوي cell membrane stability ومحتوى الماء النسبي relative water content في برامج تربية القمح كمتغير لتحديد مدى تأقلم القمح مع الجفاف (Ayalew, 2016; Almeselmani et al., 2011)، وكلما كان الغشاء السيتوبلازمي وكمية اليخضور Chlorophyll ثابتين كان النبات أكثر مقاومة للجفاف (Sharifi et al., 2012).

تكمُن أهمية هذه الدراسة -المشتقة من رسالة الدكتوراه للباحث الأول- في أن الأبحاث التي درست المراحل الأولى من عمر النبات لا تزال محدودة مقارنة بالمراحل العمرية الأخرى؛ فتحتمل النبات للجفاف في مراحل نموه المبكرة يعطي مؤشراً على قدرته على تحمّل الجفاف خلال مراحل النمو اللاحقة (Ayalew, 2016) مما يمكننا من فهم الآليات التي يسلكها النبات لإدارة عملياته الحيوية في بداية نموه تحت تأثير إجهاد الجفاف، وقد يسمح ذلك لاحقاً باستكشاف المورثات المتعلقة بتحمل الإجهاد المائي.

يهدف هذا البحث إلى دراسة السلوكية المورفوفسيولوجية لبعض أصناف القمح القاسي السورية في مراحل النمو المبكرة تحت تأثير نقص الماء ودراسة علاقات الارتباط بين المتغيرات المدروسة.

#### المواد وطرق العمل

##### المادة النباتية وشروط النمو

تم إجراء هذه الدراسة في قسم علم الحياة النباتية في كلية العلوم جامعة دمشق في الفترة (2016-2017) على ستة أصناف من الأقماح السورية القاسية: شام1 وشام3 وشام5 وهوراني ولحن وجدارة، تم الحصول عليها من قسم التقانات الحيوية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

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

كما حُسبت قرينة ثباتية اليخضور  
(chlorophyll stability index CSI)  
على (Sairam *et al.*, 1998):  
CSI = (إجمالي كمية اليخضور تحت الإجهاد/  
إجمالي اليخضور في الشاهد)  $\times 100$

### التحليل الإحصائي

أجريت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية  
الكاملة، مثلت البيانات بالمتوسط الحسابي، الذي  
حُسب لثلاثة مكررات، ودرس تباين (ANOVA)  
الأصناف المختلفة لمقارنة تأثير إجهاد الجفاف  
عند مستوى معنوية ( $P \leq 0.01$ ) باستخدام طريقة  
Duncan وحسبت قيمة معامل التباين (CV%)  
باستخدام برنامج Genstat.12.

وبهدف دراسة علاقة الارتباط بين جميع المتغيرات  
من جهة ومدى التشابه والاختلاف بين الأصناف  
من جهة ثانية، ولإبراز مميزات كل صنف، قمنا  
بإجراء تحليل متعدد الأبعاد، وذلك وفق طريقة  
تحليل المكونات الرئيسية (Principal Component  
Analysis (PCA)، وذلك باستعمال برنامج  
الإحصاء STATISTICA 10 (Statsoft, 2013)،  
حيث سُجلت النتائج على شكل مصفوفة تمثل  
أسطرها الأصناف وأعمدها المتغيرات الكمية  
المدرسة.

### النتائج والمناقشة

أوضح تحليل التباين وجود فروق معنوية بين  
الأصناف (جدول 1) وبين مستويات الري عند  
درجة معنوية ( $P \leq 0.001$ ) باستثناء اليخضور-ب  
والكاروتينويدات فلم تكن معنوية، وكان التفاعل  
بين الأصناف وكميات الماء المتوفرة معنوياً أيضاً  
عند جميع المتغيرات ( $P \leq 0.001$ )، وكانت قرينة  
ثباتية الغشاء الخلوي معنوية عند الاحتمالية  
( $P \leq 0.01$ )، ولم تكن معنوية في مساحة الورقة  
واليخضور-ب والكاروتينويدات.

### تأثير نقص الماء على ارتفاع النبات

يُلاحظ وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ )  
في متوسط صفة ارتفاع النبات بين المعاملات  
المدرسة؛ إذ كان متوسط ارتفاع النبات الأعلى

### الصفات الفسيولوجية والمورفولوجية

ارتفاع النبات: هو المسافة من سطح التربة إلى  
نهاية الورقة الثالثة (بالسنتمتر).  
مساحة الورقة الثانية: حسبت المساحة الورقية  
يدوياً باستعمال المسطرة، وذلك بقياس طول  
الورقة وعرضها الأعظمي، وضرب حاصل الجداء  
بمعامل التصحيح (0.79) حسب (Volding and  
Simpson, 1967).

مساحة الورقة الفعلية = طول الورقة  $\times$  عرض  
الورقة  $\times$  معامل التصحيح (0.79) (سم<sup>2</sup>).  
تقدير محتوى الماء النسبي: حُسب محتوى الماء  
النسبي باتباع طريقة الباحثان (Barras and  
Weatherley, 1962)، ثم طبقت المعادلة التالية:  
محتوى الماء النسبي (%) =  $\frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{وزن الإشباع} - \text{الوزن الجاف}} \times 100$

### تقدير معامل ثباتية الغشاء الخلوي

قدّر معامل ثباتية الغشاء بالاعتماد على مدى  
تسرب المتحلات الكهربائية electrolyte leakage  
باستخدام مقياس الناقلية، ووفقاً للطريقة المقترحة  
من قبل (Deshmukh *et al.*, 1991) حُسب معامل  
ثباتية الغشاء بتطبيق المعادلة التالية:

$$\text{معامل ثباتية الغشاء} = \left[ \left( \frac{1}{2} \right) - 1 \right] \times 100$$

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

### تقدير محتوى أصبغة التركيب الضوئي

اعتمدت الطريقة المقترحة من قبل (Hiscox  
and Israelstam, 1979) لاستخلاص المحتوى  
اليخضوري والكاروتينويدات من الورقة الرطبة  
الثانية باستخدام المذيب العضوي dimethyl  
sulphoxide (DMSO)، ثم أخذت قراءة  
الامتصاص للمحلول الصافي الناتج لأطوال  
الموجات 665 و 649 و 480 نانومتر؛ وذلك  
لتقدير كمية اليخضور-أ واليخضور-ب وأصبغة  
الكاروتينويدات (الكاروتينات والكزانثوفيل) على  
التوالي، وحُسبت الكميات وفقاً للمعادلات التالية  
(Wellburn, 1994):

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

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

1)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لارتفاع النبات (6.90 سم) ضمن الظروف نفسها، كما تراجع ارتفاع النبات تحت تأثير نقص الماء في أغلب الأصناف؛ فأكبر تراجع كان في شام1 بمقدار (49.65%)، شام3 (33.75%)، جدارة (25.82%)، لحن (25.21%) وأقلها كان في شام5 (12.66%)، إلا أنه لوحظ تزايد في ارتفاع الصنف حوراني بمقدار (59.8%) الذي سُجلت فيه زيادة في كميات أصبغة التركيب الضوئي، (الشكل 2)، وهذا يتوافق مع (Cheng *et al.*, 2015) الذي أشار إلى أن تعريض بعض أصناف القمح الطري في مرحلة الثلاث ورقات للإجهاد المائي المتشكل بمادة polyethylene glycol (PEG 20%) لمدة 24 ساعة يؤدي إلى تراجع ارتفاعه ومساحة ورقته الثالثة.

معنوياً لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (16.37 سم) مقارنة بالنباتات التي عُرِضت للإجهاد المائي (12.47 سم)، وسبب الإجهاد المائي انخفاضاً في متوسط ارتفاع النبات بمقدار (22.6%) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة ارتفاع النبات بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط ارتفاع النبات الأعلى لدى الصنف لحن (21.35 سم)، في حين كان متوسط ارتفاع النبات الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (7.40 سم). وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف لحن أعلى متوسط لارتفاع النبات ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل

الجدول 1): مقارنة المتوسطات العامة لكل من مساحة الورقة الثانية LA (سم<sup>2</sup>) وارتفاع النبات PH (سم) ومحتوى الماء النسبي RWC (%) وقرينة ثباتية الغشاء الخلوي CMSI (%) وكمية اليخضور-أ Cha (ميلي غرام غ<sup>-1</sup> مادة خضراء) وكمية اليخضور-ب Chb (ميلي غرام غ<sup>-1</sup> مادة خضراء) وكمية الكاروتينويدات Carot (ميلي غرام غ<sup>-1</sup> مادة خضراء) والمتوسط الإجمالي لكل متغير ومعامل التباين CV (%) والخطأ المعياري SE وأقل فرق معنوي LSD.0.01 ومصدر التباين تحت تأثير ظروف الري الطبيعية والجفافية

Carot (mg/g)	Chb (mg/g)	Cha (mg/g)	RWC (%)	CMSI (%)	PH (cm)	LA (cm <sup>2</sup> )	
0.227	0.190 <sup>a</sup>	0.684 <sup>a</sup>	89.34 <sup>c</sup>	83.37 <sup>a</sup>	21.35 <sup>a</sup>	3.432 <sup>b</sup>	لحن
0.200	0.163 <sup>ab</sup>	0.655 <sup>a</sup>	95.26 <sup>a</sup>	83.84 <sup>a</sup>	17.22 <sup>b</sup>	3.517 <sup>b</sup>	شام1
0.191	0.148 <sup>ab</sup>	0.644 <sup>a</sup>	73.69 <sup>e</sup>	53.72 <sup>c</sup>	11.73 <sup>e</sup>	3.00b <sup>c</sup>	حوراني
0.191	0.153 <sup>ab</sup>	0.630 <sup>a</sup>	91.52 <sup>b</sup>	66.08 <sup>b</sup>	13.19 <sup>d</sup>	2.767 <sup>cd</sup>	شام3
0.207	0.171 <sup>ab</sup>	0.689 <sup>a</sup>	85.74 <sup>d</sup>	46.14 <sup>d</sup>	15.62 <sup>c</sup>	4.198 <sup>a</sup>	جدارة
0.190	0.131 <sup>b</sup>	0.487 <sup>b</sup>	59.80 <sup>f</sup>	56.04 <sup>c</sup>	7.4 <sup>f</sup>	2.318 <sup>d</sup>	شام5
0.201	0.1593	0.631	82.56	64.86	14.42	3.206	المتوسط
13.4	19.4	8.5	1.6	3.6	5.6	11.3	معامل التباين %
مصدر التباين							
Ns	**	***	***	***	***	***	الأصناف
Ns	Ns	***	***	***	***	***	المعاملات
Ns	Ns	Ns	***	**	***	Ns	التفاعل

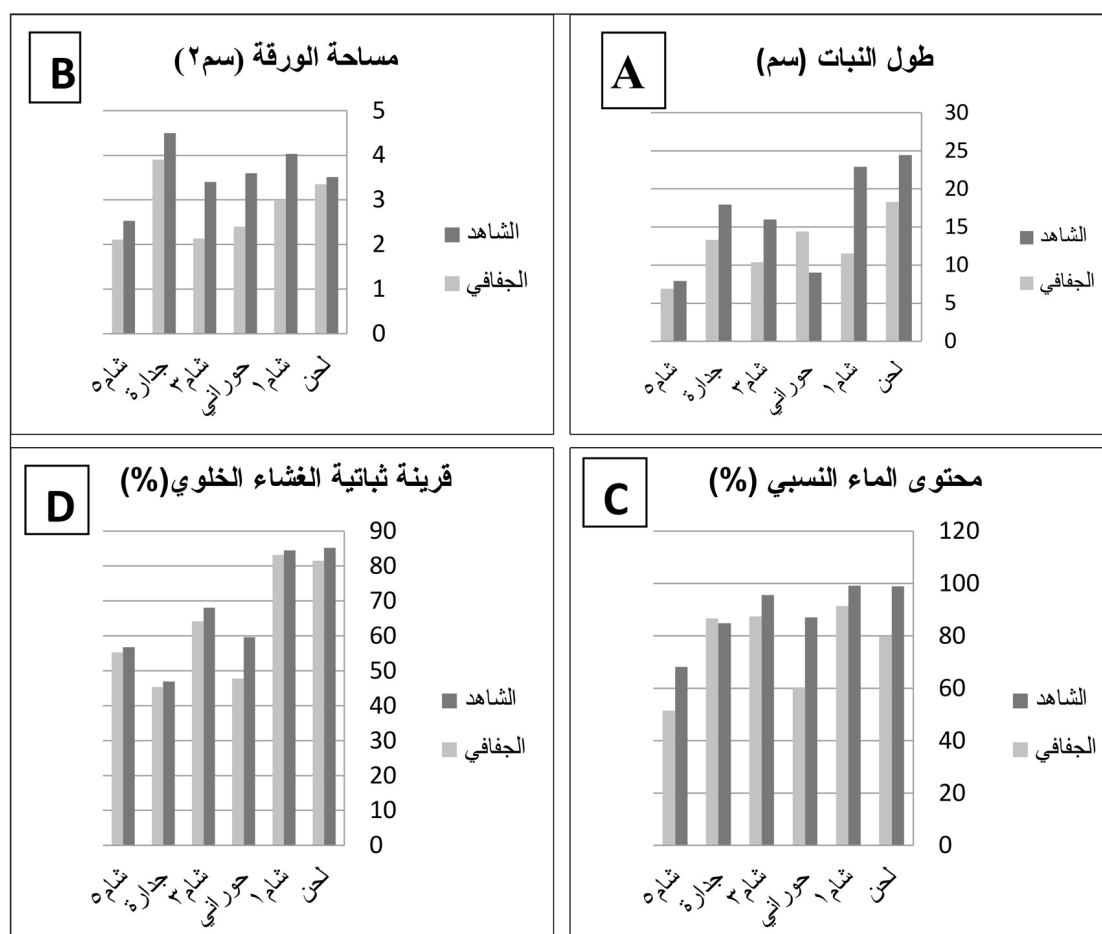
تدل \*، \*\*، \*\*\* على المعنوية عند  $P \leq 0.05$ ، 0.01، 0.001 على التوالي و Ns: غير معنوي.

طول السلاميات ومن ثم الطول النهائي للنبات، كما يمكن أن يُعزى تفوق صفة طول النبات في المعامل إلى تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب مكنها من الحصول على أكبر كمية

تُعزى زيادة ارتفاع النبات في الشاهد المروي إلى زيادة كمية الماء المتاح للنباتات، والمحافظة على جهد الامتلاء داخل خلايا الساق والمحافظة على استطالة الخلايا النباتية، مؤدياً ذلك إلى زيادة

استطالتها فيزداد طول السلاميات ومن ثم طول الساق النهائي (Almeselmani et al., 2011; Cossgrave, 1989).

من ماء التربة، ومن ثم القدرة على تعويض الماء المفقود بعملية التنح والمحافظة على حالة الامتلاء داخل خلايا الساق مما يضمن استمرار



الشكل (1): المقارنة بين الشاهد والجفافي من حيث: (A) طول النبات، (B) مساحة الورقة، (C) كمية الماء النسبي، (D) قرينة ثباتية الغشاء الخلوي

الورقة الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (2.318 سم<sup>2</sup>). بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجل الصنف جدارة أعلى متوسط لمساحة الورقة (3.90 سم<sup>2</sup>) ضمن ظروف الإجهاد المائي، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لمساحة الورقة (2.11 سم<sup>2</sup>) ضمن الظروف نفسها، وتراجعت مساحة الورقة الثانية في جميع الأصناف وكان أعظم تراجع في الصنف شام3 (52.92%) ثم حوراني (33.34%) وأقلها كان في لحن (4.56%)، (الشكل 1). تتوافق هذه النتائج مع أغلب الدراسات؛ إذ إن النبات -كردة فعل تجاه الجفاف- يحاول تقصير طولته وتقليل مساحة

تأثير نقص الماء على مساحة الورقة الثانية لُوَحظ وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة مساحة الورقة بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط مساحة الورقة الأعلى معنويًا لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (3.51 سم<sup>2</sup>) مقارنة بالنباتات التي عُرِّضت للإجهاد المائي (3.41 سم<sup>2</sup>)، وسبب الإجهاد المائي تراجعًا في متوسط صفة مساحة الورقة بمقدار (2.9%) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة مساحة الورقة بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط مساحة الورقة الأعلى لدى الصنف جدارة (4.198 سم<sup>2</sup>)، في حين كان متوسط مساحة

الذي كانت نسبة تراجعها في المعامل عن الشاهد بمقدار 8 %، وهذا يتوافق مع نتائج (Cheng *et al.*, 2015) الذي سجل تراجعاً في محتوى الماء النسبي في صنفين من القمح تحت تأثير عدة تراكيز من PEG، وإن قيمة محتوى الماء النسبي تكون مرتفعة في المراحل الابتدائية من نمو الورقة وتنخفض في الأوراق الناضجة، وتتعلق قيمتها بكميات الماء الممتصة من الجذر والمفقودة بالتتح (Anjum, 2011)، وبالتالي تؤثر على العمليات الحيوية في النبات (Siddique *et al.*, 2000)، ويعود 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 الأصناف المدروسة على ضبط الضغط الأسموزي للمحافظة على تضخم الخلايا واستمرارية النشاط الفسيولوجي، وقد اعتمدت قرينة محتوى الماء النسبي للورقة كمعيار مهم لمعرفة حالة الماء أكثر من معايير فرق الكمون (الضغط الأسموزي) المائي تحت إجهاد الجفاف (Anjum, 2011).

تأثير نقص الماء على ثباتية الغشاء الخلوي يُلاحظ وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة ثباتية الغشاء الخلوي بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط ثباتية الغشاء الخلوي الأعلى معنوياً لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (66.86 %) مقارنة بالنباتات التي عُرّضت للإجهاد المائي (62.87 %). وسبب الإجهاد المائي انخفاضاً في متوسط ثباتية الغشاء الخلوي بمقدار (5.97 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة ثباتية الغشاء الخلوي بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط صفة ثباتية الغشاء الخلوي الأعلى لدى الصنف شام 1 (83.84 %)، في حين كان متوسط ثباتية الغشاء الخلوي الأدنى لدى نباتات الصنف جدارة (46.14 %). وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجل الصنف شام 1 أعلى متوسط لثباتية الغشاء

أوراقه للتخفيف من إجهاد النبات للبقاء على قيد الحياة، وبالتالي يؤثر ذلك على استطالة ونمو الجذر، وهذا يقلل من امتصاص الماء والغذاء، والذي يؤثر سلباً على نمو النبات وعملياته الحيوية، ويُعزى التباين الوراثي بين الأصناف في مساحة الورقة إلى الاختلاف في تشكيل مجموع جذري عميق ومتشعب قادر على امتصاص الماء من طبقات التربة العميقة (Meriem and youcef, 2014; Guo *et al.*, 2013; Cossgrove, 1989).

تأثير نقص الماء على محتوى الماء النسبي الورقي يُلاحظ وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة محتوى الماء النسبي بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط محتوى الماء النسبي الأعلى معنوياً لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (88.93 %) مقارنة بالنباتات التي عُرّضت للإجهاد المائي (76.19 %). وسبب الإجهاد المائي انخفاضاً في متوسط محتوى الماء النسبي بمقدار (14.33 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة محتوى الماء النسبي بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط محتوى الماء النسبي الأعلى لدى الصنف شام 1 (95.26 %)، في حين كان متوسط محتوى الماء النسبي الأدنى لدى نباتات الصنف شام 5 (59.8 %). وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجل الصنف شام 1 أعلى متوسط لمحتوى الماء النسبي (91.41 %) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 1)، في حين سجل الصنف شام 5 أدنى متوسط لمحتوى الماء النسبي (51.46 %) ضمن الظروف نفسها؛ فقد تراجع محتوى الماء النسبي في جميع الأصناف (شكل 1)؛ فأكبر تراجع كان في الحوراني بقيمة (30.61 %) ثم شام 5 (24.5 %) تلاه لحن (19.4 %) وأقلها كان في شام 3 (8.6 %)، وشام 1 (7.8 %)، وعلى العكس لوحظت زيادة طفيفة في كمية محتوى الماء النسبي في الصنف جدارة (2.24 %) تحت تأثير الإجهاد المائي، وقد يُعزى هذا إلى ثباتية غشائه الخلوي،

سلامة غشائه الخلوي تحت تأثير الجفاف كان النبات أكثر تحملاً للجفاف (Da Silva *et al.*, 1974).

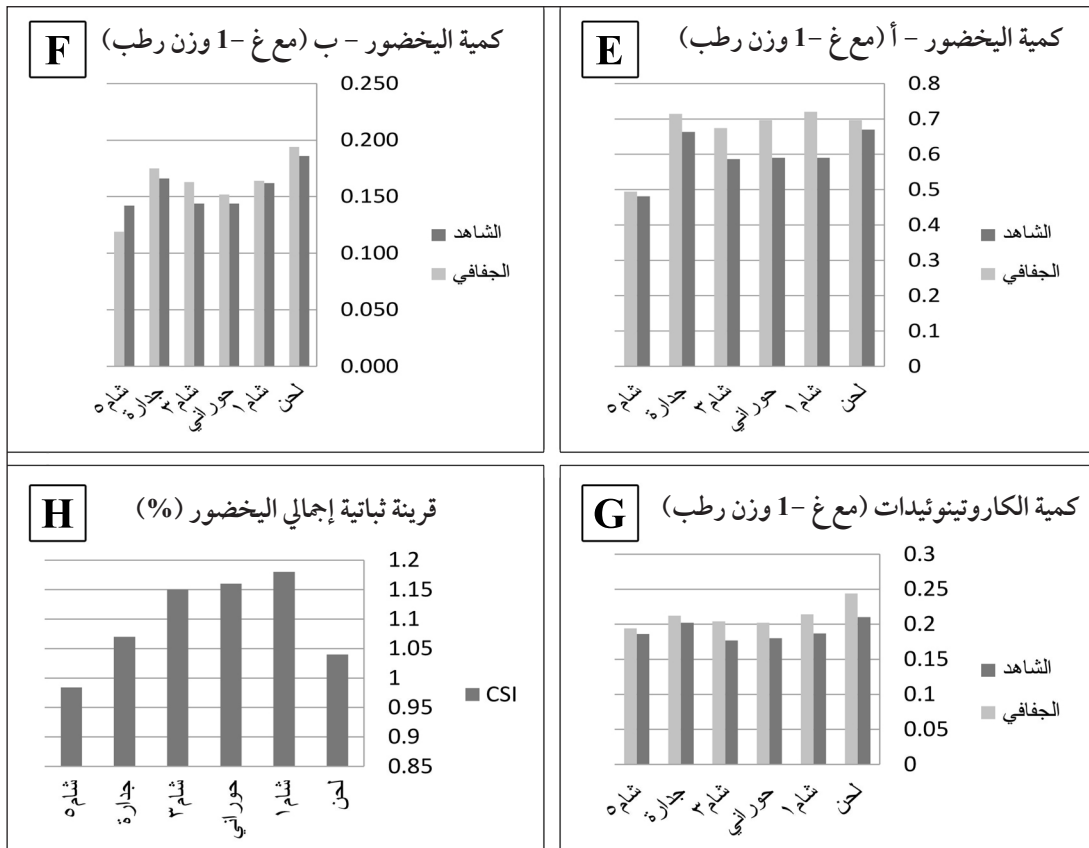
### تأثير نقص الماء على محتوى أصبغة التركيب الضوئي اليخضور-أ

لاحظنا وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة كمية اليخضور-أ بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط كمية اليخضور-أ الأعلى معنوياً لدى نباتات القمح التي عُرِضت للإجهاد المائي (0.67 مغ/غ وزن رطب) مقارنة بالنباتات في معاملة الشاهد المروي (0.58 مغ/غ وزن رطب)، وسبب الإجهاد المائي تزايداً في متوسط كمية اليخضور-أ بمقدار (15.51%) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ( $p \leq 0.001$ ) في متوسط صفة كمية اليخضور-أ بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط كمية اليخضور-أ الأعلى لدى الصنف جدارة (6890 مغ/غ وزن رطب)، في حين كان متوسط كمية اليخضور-أ الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (0.487 مغ/غ وزن رطب). وبينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجل الصنف شام1 أعلى متوسط لكمية اليخضور-أ (0.72 مغ/غ وزن رطب) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 2)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لكمية الظروف نفسها، وقد تزايدت كمية اليخضور-أ في الأصناف المعاملة تحت تأثير الجفاف؛ فكان أكبرها في شام1 (بمقدار 21%) ثم حوراني (16.6%)، ثم شام3 (15.25%) ثم جدارة (7.6%) وأقلها في لحن (4.5%) وشام5 (2%)، ومن الملاحظ أن زيادة كمية اليخضور تراكمت مع زيادة كمية الكاروتينويدات في أغلب الأصناف، والتي تساهم في حماية اليخضور من الأكسدة الضوئية المتمثلة بكنس جذور ROS المتشكلة من الطاقة الضوئية الزائدة، وبالتالي تقلل من تضرر أغشية الصانعات الخضراء (Farooq *et al.*, 2009).

الخلوي (83.15%) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 1)، في حين سجل الصنف جدارة أدنى متوسط لثباتية الغشاء الخلوي (45.36%) ضمن الظروف نفسها، ولوحظ تراجع بسيط في قيمة قرينة ثباتية الغشاء للورقة الثانية في المعامل (المعرض لإجهاد الجفاف) عن الشاهد (شكل 1)؛ فقد كان أكبر تراجع للمعالج عن الشاهد في الحوراني بقيمة (19.9%)، لحن (8.7%)، جدارة (8%)، شام3 (5.8%)، شام5 (2.7%) وأقلها كان في شام1 (1.6%).

تتوافق هذه النتائج مع أغلب الأبحاث التي طبقت إجهاد نقص الماء على النباتات؛ ويعود ذلك على الأرجح للتباين الوراثي بين الأصناف، 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)، ولوجود علاقة بين سعة ضبط الأوسموزية ودرجة حماية الغشاء من تأثير الجفاف (Tas and Tas, 2007). يعكس الانخفاض في ثباتية الغشاء مدى تأكسد لبيدات الغشاء بأنواع الأوكسجين المنشطة reactive oxygen species (ROS) (Gholamin and Khayatnezhad, 2010)؛ فإجهاد الجفاف يفض تشكيل أنواع الأوكسجين المنشطة، التي بدورها تُهاجم لبيدات الغشاء وتؤكسدها وتُضعف من بنية الغشاء وتفقد خاصيته الاصطفائية، وتتسرب منه الذائبات العضوية والمعدنية المهمة لحياة الخلية (Farooq *et al.*, 2009; Miltter, 2002)، ونسبة الضرر في الغشاء الخلوي لأوراق القمح تنخفض مع زيادة عمر النبات؛ أي إن الأوراق الأحدث في الظهور تكون أقل تضرراً من الأوراق الأقدم، وبالتالي فإن الأوراق الأحدث ظهوراً أكثر تحملاً للجفاف (Bandurska, 1991).

إن نقص المحتوى المائي للأنسجة النباتية الناتج عن الإجهاد المائي يؤدي إلى إضعاف بنية ووظيفة الغشاء الخلوي (Buchanan *et al.*, 2000; Cave, 1981)، ويُعد الغشاء من أول الأعضاء الخلوية تضرراً تحت تأثير الإجهاد على النبات (Levitt, 1972)، وكلما كان النبات قادراً على المحافظة على



الشكل (2) : المقارنة بين الشاهد والجفافي من حيث:

(E) كمية اليخضور-أ، (F) كمية اليخضور-ب، (G) كمية الكاروتينويدات (مع غ-1 وزن رطب)، (H) قرينة ثباتية إجمالي اليخضور (%). CSI %.

بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط كمية اليخضور-ب الأعلى لدى الصنف لحن (0.19 مغ/غ وزن رطب)، في حين كان متوسط ارتفاع النبات الأدنى لدى نباتات الصنف شام 5 (0.13 مغ/غ وزن رطب)، كما بيّنت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف لحن أعلى متوسط لكمية اليخضور-ب (0.19 مغ/غ وزن رطب) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 2)، في حين سجّل الصنف شام 5 أدنى متوسط لكمية اليخضور-ب (0.12 مغ/غ وزن رطب) ضمن الظروف نفسها، وقد ازداد اليخضور-ب بشكل بسيط في أغلب الأصناف، وكان أكبرها في الصنفين حوراني وشام 3 (6.7%)، شام 1 (6.25%)، جدارة (5.9%)، لحن (5.3%)، إلا أن شام 5 تراجمت فيه كمية اليخضور-ب بمقدار (14.23%) (الشكل 2). تتوافق هذه النتائج مع (Guo et al., 2013)؛ إذ إن المحافظة على كمية اليخضور من التدهور تحت تأثير إجهاد نقص الماء في الأصناف المتحملة

قد يعدّل النبات الطرق الحيوية الكيميائية لاصطناع الأصبغة في الصناعات الخضراء لتحسين تحمل الجفاف تحت ظروف الإجهاد (Jaleel et al., 2009)؛ كأن تزيد من نشاطية إنزيمات سوبر أوكسيد ديسميوتاز SOD، الكاتالاز CAT وسكوربات بيروكسيداز APX وهرمون القطع ABA لتحسّن من إجمالي كمية الكاروتينويدات (Kreslavski et al., 2007).

### اليخضور-ب

لم يُلاحظ وجود فروق معنوية في متوسط صفة كمية اليخضور-ب بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط اليخضور-ب الأعلى معنويًا لدى نباتات القمح التي عرّضت للإجهاد المائي (0.161 مغ/غ وزن رطب) مقارنة بالنباتات في معاملة الشاهد المروي (0.157 مغ/غ وزن رطب)، وسبب الإجهاد المائي تزايدًا بسيطًا في متوسط كمية اليخضور-ب بمقدار (2.54%) مقارنة بالشاهد المروي، وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في متوسط صفة كمية اليخضور-ب



القمح الطري (Khayatnezhad and Ghohamin, 2011)، والكفاءة العالية للكيمياء الضوئية.

#### قرينة ثباتية إجمالي الخضور

يلاحظ من (الشكل 2) أن ثباتية إجمالي الخضور كانت الأعلى في الصنف شام 1 (118%) تلاه الصنف حوراني (116%) ثم شام 3 (115%) ثم الصنف جدارة (107%) ثم لحن (104%) وأقلها كان في شام 5 (98.4%). تترافق زيادة كمية الخضور في الأصناف المقاومة للجفاف تحت إجهاد نقص الماء بازدياد إنزيم سوبر أوكسيد ديسميوتاز، لكن في الأصناف الحساسة نقص الأنزيم ذاته يترافق مع نقص كمية الخضور (Zaeifyzadeh and Goliov, 2009).

#### نتائج تحليل المكونات الأساسية

##### Principle Component Analysis (PCA)

يُظهر الشكلان (3 و4) كلاً من دائرة الارتباط بين المتغيرات المدروسة وخارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين (1\*2) تحت ظروف نقص الماء، وهذا يمثل (77.25%) من التباين الكلي. تتجمع أغلب المتغيرات بالنسبة للمحور التركيبي الأول في الجهة الموجبة، وهذا يعكس الارتباط الإيجابي فيما بينها. أما الأفراد (الأصناف) فهي تتبعثر بشكل جيد؛ نظراً للتباين الملاحظ فيما بينها بالنسبة للمتغيرات. كما يتضح لنا أن الصنفين لحن وجدارة (بدرجة أقل) هما أغنى الأصناف بالكاروتينويدات (0.244 و0.212 على التوالي) وبالخضور-ب (0.19 و0.17)، ويمتلكان أكبر مساحة ورقية (3.35 و3.90 سم)، وطول النبات لديهما هو الأعلى قيمة (18.27 و13.3 سم). وييدي الصنف شام 1 خصائص مناقضة لما يديه الصنفان السابقان؛ إذ يتصف بغناه بالخضور-أ (0.72)، وبارتفاع قيمة كل من قرينة محتوى الماء النسبي (91.41)، وقرينة ثباتية إجمالي الخضور (118)، أما الصنف شام 5 فهو يحتوي على قيم دنيا تجاه كل المتغيرات السابقة، وييدي الصنفان حوراني وشام 3 قيمًا متوسطة بين قيم كل من لحن وشام 5.

أما المحور التركيبي الثاني (الذي يكون ارتباط المتغيرات المساهمة في بنائه معدومًا مع المتغيرات التي ساهمت في بناء المحور الأول) فتسهم في بنائه

للجفاف هي معيار لسلامة الغشاء الثايلاكوئيدي وكفاءة نقل الإلكترونات في النظام الضوئي وبالتالي القيام بعملية التركيب الضوئي بالشكل الأنسب (Mamnouie et al., 2006).

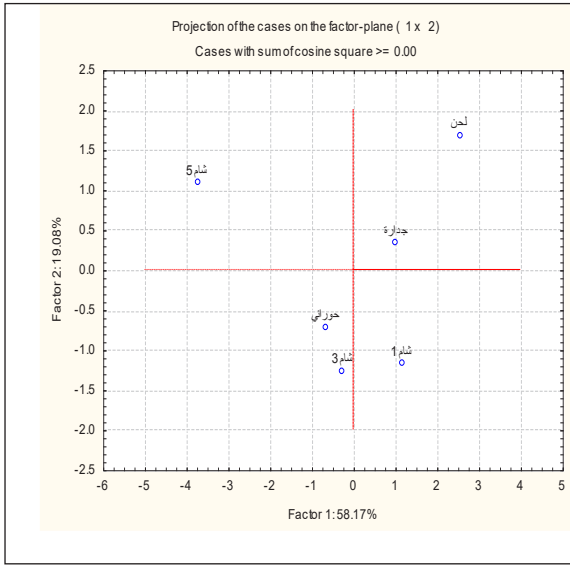
#### الكاروتينويدات

لم يُلاحظ وجود فروقات معنوية في متوسط كمية الكاروتينويدات بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط كمية الكاروتينويدات الأعلى معنوياً لدى نباتات القمح التي عرّضت للإجهاد المائي (0.21 مغ/غ وزن رطب) مقارنة بالنباتات في معاملة الشاهد المروي (0.19 مغ/غ وزن رطب). وسبب الإجهاد المائي تزايداً في متوسط كمية الكاروتينويدات بمقدار (10.53%) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروقات معنوية في متوسط كمية الكاروتينويدات بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط كمية الكاروتينويدات الأعلى لدى الصنف شام 1 (0.23 مغ/غ وزن رطب)، في حين كان متوسط كمية الكاروتينويدات الأدنى لدى نباتات الصنف شام 5 (0.19 مغ/غ وزن رطب). كما بيّنت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف لحن أعلى متوسط لكمية الكاروتينويدات (0.244 مغ/غ وزن رطب) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 2)، في حين سجل الصنف شام 5 أدنى متوسط لكمية الكاروتينويدات (0.194 مغ/غ وزن رطب) ضمن الظروف نفسها، كما لوحظت زيادة قليلة للكاروتينويدات في أغلب الأصناف تحت تأثير الجفاف (الشكل 2)؛ فكان أكبرها في لحن (20%) وأقلها في جدارة (5%)، إلا أنه لوحظ تراجع في الصنف شام 5 (3.15%)، وهذا يتوافق مع (Khayatnezhad and Ghohamin, 2011)، وأن الكاروتينويدات تؤدي دوراً أساسياً في الحماية الضوئية لمكونات جهاز التركيب الضوئي من الأوكسجين المفرد المنشط المشتق من الطاقة الضوئية الزائدة، وبالتالي تقلل من تضرر الغشاء الخلوي (Tas and Tas, 2007)، كما أنها مسؤولة عن كنس الأوكسجين المفرد المنشط؛ ولهذا فالكمية العالية من الكاروتينويدات في القمح القاسي تساعد ليكون أكثر تحملاً للجفاف من

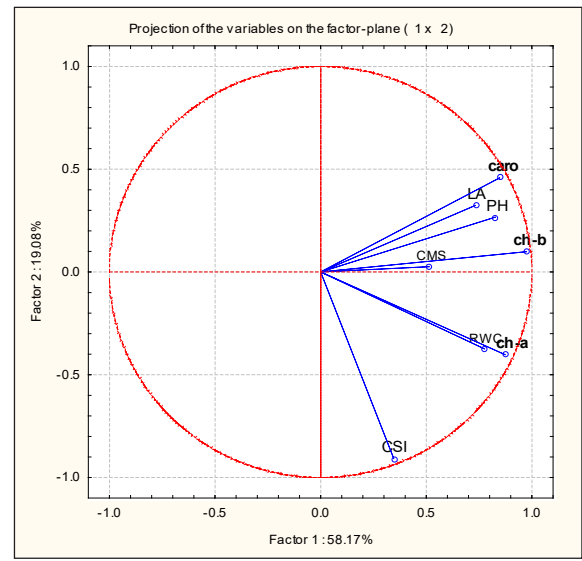
الارتباط بين المتغيرات و خارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين (1\*3)، وهذا يمثل 71.1% من التباين الكلي؛ حيث يتضح أن كلا الصنفين لحن وشام1 يمتلك أعلى القيم لهذه القرينة (81.52 و 83.15 على التوالي)، وأدنى قيم هي عند الصنفين جدارة و حوراني (45.36 و 47.77 على التوالي)، بينما تحتل باقي الأصناف قيماً متوسطة بين هاتين المجموعتين.

بشكل رئيس قرينة اليخضور الكلي؛ حيث يلاحظ أن الأصناف شام1 وشام3 ثم حوراني هي الأكثر غنى بهذا المتغير (117.94، 114.2، 115.9 على التوالي).

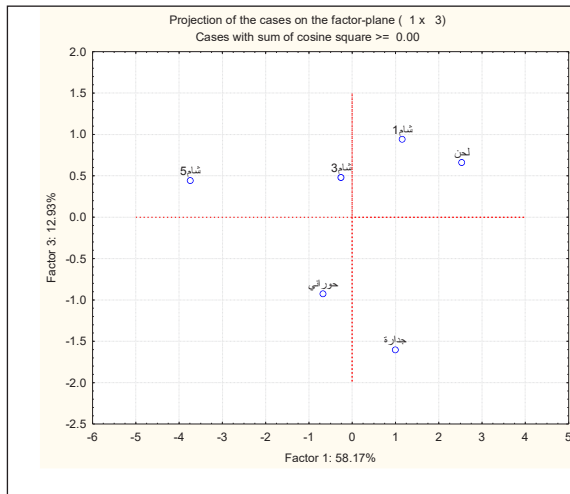
لم يكن المتغير «قرينة ثباتية الغشاء الخلوي» مثلاً بشكل جيد في المحورين التركيبيين الأول والثاني؛ بل لوحظ أنه يفصل بشكل مستقل على المحور الثالث، وهذا يشير إلى عدم ارتباطه مع كل المتغيرات السابقة. ويظهر الشكلان (5 و6) دائرة



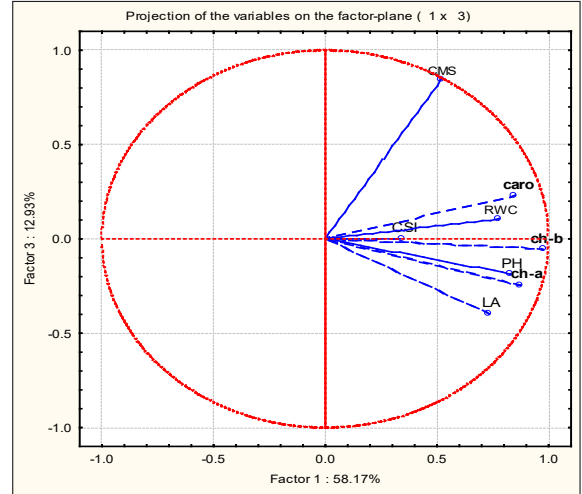
الشكل (4): خارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين 1\*2 تحت ظروف نقص الماء



الشكل (3): دائرة الارتباط بين الصفات المدروسة للمحورين التركيبيين 1\*2 تحت ظروف نقص الماء



الشكل (6): خارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين 1\*3 تحت ظروف نقص الماء



الشكل (5): دائرة الارتباط بين المتغيرات (الصفات) المدروسة للمحورين التركيبيين 1\*3 تحت ظروف نقص الماء

حيث LA مساحة الورقة (سم<sup>2</sup>)، PH ارتفاع النبات (سم)، RWC محتوى الماء النسبي (%)، CMSI ثباتية الغشاء الخلوي (%)، Cha اليخضور-أ (مغ غ<sup>-1</sup> مادة رطبة)، Chb اليخضور-ب (مغ غ<sup>-1</sup> مادة رطبة)، Caro الكاروتينويدات (مغ غ<sup>-1</sup> مادة رطبة)، CSI قرينة ثباتية الغشاء إجمالي اليخضور.

حافظ على سلامة أغشيته الخلية وقلل من نموه بالقدر الذي ساعده على تحطبي عتبة الجفاف التي تعرض لها.

3. عند مقارنة الأصناف فيما بينها في مرحلة النمو المبكر وتحت تأثير إجهاد نقص الماء، يمكن القول بأن الصنف شام 1 هو الأكثر تحملاً للجفاف، تلاه الصنف شام 3، ومن بعده لحن، وجدارة، وهوراني، وأقلها تحملاً الصنف شام 5.

#### المقترحات

يمكن الاستفادة من الصنفين شام 1 وجدارة (كون الصنف جدارة هو الصنف الوحيد الذي زاد من مائه النسبي تحت ظروف الجفاف) في برامج التربية والتحسين الوراثي لمحصول القمح.

#### المراجع

- Aesawy, A.M. 2000. Periodicity and prediction of annual surface air temperature over eastern Mediterranean. *Bulgarian Journal of Meteorology and hydrology*. 11(1-2): 36-45 .
- Almeselmani, M.A., Abdullah, F., Hareri, F., Naesan, M., Ammer, M.A., and Kanbar, O. 2011. Effect of drought on different physiological characters and yield component in different varieties of Syrian durum wheat. *Journal of Agricultural Science*. 3(3): 127-133.
- Anjum, S.A. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Africa journal of agricultural research*. 6(9):2032.
- Annicchiarico, P., and L. Pecetti. 1993. Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in a dry Mediterranean region of Northern Syria. *Agronomie* 13: 25- 34.
- Araus, J.L. 2004. The problem of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Annals of Applied Biology*. 144: 259-272.
- Ayalew H., Liu H., Yan, G. 2016. Quantitative analysis of gene actions controlling root length under water stress in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Crop & Pasture Science*. 67: 489-494. dx.doi.org/10.1071/CP15244.

يتضح من نتائج التحليل الإحصائي أن القيم المرتفعة لمحتوى الماء النسبي تزداد معها قيم اليخضور الإجمالي، ويتوافق معها بشكل نسبي ثباتية الغشاء الخلوي الذي يترافق مع انخفاض الكتلة الحيوية في طول النبات ومساحة الورقة، ولكن بشكل غير كبير، على اعتبار أن فترة الجفاف التي تعرضت لها النباتات غير طويلة (فكانت بمثابة محرض)، ونقص الماء كان في الحدود المناسبة لعمر النبات؛ ليحفزه على إنتاج بعض البروتينات الدفاعية؛ كمجموعة المورثات DHN المنتمة لعائلة المورثات LEA (Cheng *et al.*, 2002)، ولهذا وازيادة الضغط الأوسموزي (إنتاج الذائبات العضوية كالكربونات وبعض الأحماض الأمينية الحرة كالبرولين) في الخلايا فإنها تدعم الغشاء الخلوي وتقلل من تخربه وتمنع تسرب الماء منه، وتساهم في امتصاص أكبر كمية من الماء لتعويض النقص، وتسمح له باستمرار عملياته الحيوية وسلامة حياة أكبر عدد ممكن من خلاياه، وبالتالي يكون له القدرة على استعادة نموه، وبالتالي استمرار حياته إن كان متحملاً للجفاف (Uma *et al.*, 1995; Kumar *et al.*, 1999)، وهذا ما نشاهده في الطبيعة؛ إذ يتراجع المحتوى المائي من التربة تدريجياً من السطح العلوي لقطاع التربة إلى الجزء السفلي الذي تنتشر فيه الجذور، مما يعرضها في المراحل الأولى من الجفاف إلى مستويات غير مميته من الإجهاد المائي، والتي تكون بمثابة صدمة تحفيزية لتفعيل تعبير بعض المورثات التي تساعدها على تحمل الجفاف اللاحق.

#### الاستنتاجات

1. ينتمي الصنف حوراني وشام 5 في طور البادرة إلى مجموعة منفعات المياه water spender؛ حيث كانت قيم محتوى الماء النسبي هي الأقل لديهما من بين الأصناف تحت إجهاد نقص الماء، والأكثر فقداً للماء مقارنة بالشاهد من الصنف نفسه، في حين ينتمي شام 1 وجدارة وشام 3 ولحن إلى مجموعة مدخرات المياه water saver؛ على اعتبار أنها تملك أكبر قيم من محتوى الماء النسبي والأقل تراجعا بقيمتها تحت تأثير إجهاد نقص الماء مقارنة بالشاهد.
2. استطاع الصنف جدارة المحافظة على مائه النسبي (زيادة معنوية بمقدار 2.24%)، وبالتالي

- FAO. 2007. Report of the 33<sup>rd</sup> session of the Committee on Food Security (Rome 7–10 May 2006). Rome. Accessed on 30-10-2017. from: <http://cutt.us/iiE5s>.
- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 185–212.
- Kumar, G., Krishnaprasad, B. T., Savitha, M., Gopalakrishna, R., Mukhopadhyay, K., Ramamohan, G., and Udayakumar, M., 1999. Enhanced expression of heat-shock proteins in thermo-tolerant lines of sunflower and their progenies selected on the basis of temperature-induction response. *Theoretical and Applied Genetics.* 99(1-2): 359-367.
- Germ, M., Urbanc, O. B., and Kocjan, A. D., 2005. The response of Sunflower to acute disturbance in water availability. *Acta Agriculture Solvenica.* 85(1): 135-141.
- Gholamin, R., and Khayatnezhad, M. 2010. Study of some physiological responses of drought stress in hexaploid and tetraploid wheat genotypes in Iran. *Middle East Journal of Scientific Research.* 6(3): 246-250.
- Guo, R., Hao, W.P., Gong, D.Z., Zhong, X.L., and Gu, F.X. 2013. Effects of water stress on germination and growth of wheat, photosynthetic efficiency and accumulation of metabolites. *In: Soriano, M. C. H. (Ed.). Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment.* IntechOpen Limited, London. pp 367-380.
- Hiscox, J.D., and Israelstom, G.F. 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.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P. A., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. A, and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology.* 1: 100-105.
- Khayatnezhad, M., and Gholamin, R. 2011. Scrutiny of hexaploid and tetraploid (*Triticum durum*) wheat's genotypes to some physiological responses in drought stress. *Middle-east journal of scientific Research.* 7(1): 12-16.
- Bandurska H., 1991. The effect of proline on nitrate reductase activity in water-stressed barley leaves. *Acta Physiologiae Plantarum (Poland).* 13: 3-11. dx.doi.org/10.5772/51205
- Barras, H.D., and Weatherley, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian journal of biological science.* 15: 413-428.
- Sanders, D., and Bethke, P. 2000. Membrane Transport. *In: Buchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L. (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants.* pp 110-158. American Society of Plant Physiologist. Rockville.
- Cave, G. 1981. Water and membranes: The interdependence of their physico-chemical properties in the case of phospholipids head groups. *Studiabiophysica.* 91: 41-46.
- Cheng, Z., Dong, K., Ge, P., Bian, Y., Dong, L., and Deng, X. 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.
- Cheng, Z.Q., Targolli, J., and Huang, X.Q. 2002. Wheat LEA genes, PMA80 and PMA 1959, enhance dehydration tolerance of transgenic rice (*Oryza sativa* L.). *Mol Breed.* 10: 71–82.
- Cossgrove, D.J., 1989. Characterization of long term extension of isolated cell walls from growing cucumber hypocotyls. *Planta.* (177): 121-131.
- Datta, J. K., Mondal, T., Banerjee, A., and Mondal, N. K. 2011. Assessment of drought tolerance of selected wheat cultivars under laboratory condition. *Journal of Agricultural Science and Technology.* 7: 383-393.
- Deshmukh, P.S., Sairam, R.K., and Shukla, D.S. 1991. Measurement of ion leakage as a screening technique for drought resistance in wheat genotypes. *Indian journal of plant physiology.* 34: 89-91.
- Farshadfar E., Poursiahbidi M.M., and Safavi S.M., 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/ tolerance indices. *International Journal of Advances in Biological and Biomedical Research.* 1: 143-158.

- Rajaram, S. 2005. Role of conventional plant breeding and biotechnology in future wheat production. *Turk. J. Agric. For.* 29: 105-111.
- Sairam, R., Shukla D., and Saxena, D. 1998. Stress induced injury and antioxidant enzymes in relation to drought tolerance in wheat genotypes. *Biol. Plant.* 40: 357-364.
- Sharifi, P., Amirnia, R., Majidi, E., Hadi, H., Roustaii, M., Nakhoda, B., Alipoor, H., and Moradi, F., 2012. Relationship between drought stress and some antioxidant enzymes with cell membrane and chlorophyll stability in wheat lines. *African Journal of Microbiology Research.* 6(3): 617-623. DOI: 10.5897/AJMR11.1167.
- Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica.* 41: 35-39.
- Statsoft, Inc. 2013. Electronic statistics textbook. Tulsa, OK: StatSoft. Accessed on 20-10-2016. from: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
- Tas, S., and Tas, B. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. *World J. Agric. Sci.* 3: 178-183.
- Volding, H.D., and Simposon, G.M. 1967. Leaf area as an indicator of potential grain yield in wheat. *Canadian Journal of Plant Science.* 47: 359-365
- Uma, S., Prasad. T.G., and Udaya, K.M. 1995. Genetic variability in recovery growth and synthesis of stress proteins, the response to PEG and salt stress in finger millet. *Annals of Botany.* 76(1): 43-49.
- Da Silva, J. V. S. J., Naylor, A.W., and Kramer, P.J. 1974. Some ultrastructural and enzymatic effects of drought stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* August 1974. 71: 3243-324.
- Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal Plant Physiology.* 144: 307-313.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, B. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Kpyoarissis, A., and Petropoulou, Y. 1995. Summer survival of leaves in 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.
- Kreslavski, V. D., Carpentier, R., Klimov, V. V., Murata, N., and Allakhverdiev, S. I. 2007. Molecular mechanisms of stress resistance of the photosynthetic apparatus. *Biochemistry (Moscow) Supplement Series A: Membrane and Cell Biology.* 1(3): 185-205.
- Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press: New York.
- Mamnouie, E., Fotouhi, G.R., Esfahany, M., and Nakhoda, B. 2006. The effects of water deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Journal of Agricultural Science and Technology.* 8: 211-219.
- Meriem, Z., and Youcef, K. 2014. Morpho-physiological behaviour of four genotypes of durum wheat (*Triticum durum* desf.) grown under different levels of water stress. *American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science.* 14 (12): 1415-1422. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2014.14.12.12471.
- Miltter, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science.* 7(9): 405-410.
- Mohammadi, M., Karimizadeh, R.A., and Naghavi M.R. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *Journal of Agriculture & Social Science.* 5: 119-122.
- Moragues, M., Garcia D., Moraljo, M., and Royo, C. 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin I: Yield components. *Field Crops Research.* 95: 194- 205.
- Pour-Aboughadareh A., Ahmadi, J., Mehrabi, A.A., Etminan, A., Moghaddam, M., and Siddique, H. M. 2017. Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: implications for wheat improvement. *Acta Physiologiae Plantarum.* 39: 106. DOI 10.1007/s11738-017-2403-z

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.

## Morpho-physiological Behaviors of some Wheat Cultivars under Water Deficit Stress

Samir Abou-Isba<sup>(1)</sup>, Mohammad Soliman<sup>(1)</sup>, Lubna Mokrani<sup>(1)</sup>, and Maysoun Saleh<sup>(2)</sup>

(1) Department of Plant Biology, Faculty of Science, Damascus University, Damascus, Syria.

(2) Department of Genetic Resources, General Commission for Scientific Agricultural Research  
Damascus, Syria.

Received 19 September 2018 - Accepted 30 December 2018

<https://doi.org/10.37575/b/agr/2007>

### ABSTRACT

The capability of seedlings to tolerate the drought stress is considered a primary indicator of drought tolerance at the next growth stages. In this research, the morpho-physiological behaviors of some Syrian durum wheat cultivars at early growth stages, under water deficit stress was examined in a randomized complete block design in period 2016-2017. Under water deficit stress, significant reductions were recorded in plant height, second leaf area, relative water content, and cell membrane stability index. Meanwhile, stability was observed for pigments of photosynthesis. Cham1 cultivar showed the highest values of relative water content, cell membrane stability index, and chlorophyll-a (91.42%, 83.15%, 0.72 mg g<sup>-1</sup> wet weight), respectively, under water stress, whereas, Cham5 showed the lowest ones. Cham1 is considered the most adapted local variety to drought stress and a promising genetic material for some of the morpho-physiological traits associated with drought tolerance.

**Key Words:** Cell membrane stability, Durum wheat, Drought, Photosynthesis pigments, Relative water content.