دراسة بعض الآليات الفيزيولوجية التي قد تسهم في تحسين قدرة نبات القمح على تحمل الإجهاد المائي

Study of Some Physiological Mechanisms Contributing to Improve Wheat Plant Tolerance Ability to Water Stress

د.مؤيد المسلماني [1] م.عبد الرزاق سعود[2] م. كمال الزعبي[3] م. فؤاد الحريري[3] م. مهران النعسان[3]،
م. محمد عمار[3] م. أسامة قنبر[3] م. هند أبو السل[3]

Moaed Almeselmani Abd Alrzak Saud Fouad Hareri Mahran Naaesan,
Mohammad Adel Ammar Kamal Alzobe Osama Kanbar Hened Abo Alseel

(1) دائرة البيولوجية الجزيئية، قسم التقانات الحيوية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.
(2) دائرة المحاصيل، محطة بحوث ازرع، درعا، سورية.
(3) دائرة المحاصيل، محطة بحوث جلين، درعا، سورية.

E-mail: moaedalmeselmani@yahoo.com

الملخص

إن محاولات تربية النبات التقليدية تغيرت منذ بدء استخدام الانتخاب باستخدام الصفات المورفولوجية، كون التربية التقليدية تأخذ الكثير من الوقت ولا تؤمن الكثير من الاختلافات الوراثية. إن الفهم الجيد للتشريح المورفولوجي والأساس الفيزيولوجي لتحمل الإجهاد المائي يمكن أن يُستخدم لانتخاب أو إيجاد أصناف جديدة من المحاصيل لها قدرة أفضل على الإنتاج في ظروف الإجهاد المائي. أجريت هذه الدراسة على مجموعة من أصناف القمح الحساسة والمتحملة للاجهاد المائي والتي زُرعت في كل من منطقة الاستقرار الأولى في مركز بحوث جلين، والثانية في محطة بحوث ازرع في محافظة درعا في جنوب سورية لموسمين متتاليين (2010/2009 و 2011/2010). أظهرت الدراسة انخفاضاً في جميع الصفات الفيزيولوجية (محتوى الكلوروفيل، دليل تخريب الغشاء، محتوى الرطوبة النسبي والفلورة الضوئية) في كل من المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال والإنتاجية في منطقة الاستقرار الثانية بالمقارنة مع الأولى في كلا الموسمين، وقد أظهر الصنف شام 5 المتحمل للإجهاد المائي تفوقاً واضحاً في كل الصفات الفيزيولوجية والإنتاجية في ظروف نقص الرطوبة. وبينت الدراسة أهمية الصفات الفيزيولوجية المدروسة وإمكانية استخدامها للغربلة والانتخاب لتحسين مقاومة الأصناف للإجهاد المائي.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، المؤشرات الفيزيولوجية، القمح القاسي.

Abstract

Traditional plant breeding attempts have changed since the start of the selection process by using morphological characteristics, as conventional breeding takes a lot of time and doesn't provide a lot of genetic differences.

A good understanding of anatomy, morphological and physiological basis of resistance to water stress can be used for the selection or development of new varieties that have a better production ability in conditions of water stress. This study was conducted on a group of wheat varieties sensitive and tolerant to water stress and planted in the first (Jellin Research Center) and second zones (Izraa Research Station) in the southern part of Syria, for two consecutive seasons (2009 /2010 and 2010/ 2011). The study showed a decrease in all physiological traits (chlorophyll content, membrane

©2015 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

ISSN:2305 - 5243

stability index, relative water content and chlorophyll fluorescence) at vegetative and anthesis stage and productivity traits in the second zone compared to the first zone in the two seasons. Water stress tolerant variety ($Cham_5$) was superior in all the physiological and productivity traits in conditions of water deficit. This study showed the importance of physiological traits and the possibility of their use for screening and selection to improve varieties resistant to water stress.

Key words: Water Stress, Physiological mechanisms, Durum wheat.

المقدمة

يُعدُ القمح أحد أهم وأكثر المحاصيل الإستراتيجية انتشارا في العالم فهو يشكل مصدراً غذائياً لأكثر من ثلث سكان العالم (Abd-El-Haleem وزملاؤه، 2009)، وتظهر أهمية هذا المحصول في الاقتصاد العالمي من خلال زراعة نحو 15 % من أصل 1500 مليون هكتار من الاراضي القابلة للزراعة في العالم بهذا المحصول (Datta وزملاؤه، 2011)، وغالباً ما يُزرع القمح في البلدان النامية بعلاً، إذ أن 35 % من المساحات المزروعة بالقمح في هذه البلدان تُعدّ مناطق شبه جافة، ويُعدّ توفر الماء العامل الأساس والمحدد لنمو وإنتاجية نبات القمح (Gholamin و Khayatnezhad، 2010)

إن الإجهادات المختلفة وبشكل رئيس الجفاف تؤثر سلباً في نمو نبات القمح وتطوره وتسبب انخفاضاً كبيراً في الإنتاجية(Pan وزملاؤه، 2002) وتُعد مقاومة الإجهادات البيئية أمراً معقداً جدًا وذلك نتيجة التفاعل بين عدة عوامل بيئية، وبسبب التغيرات الفيزيولوجية والاستقلابية والجزيئية التي تؤثر في نمو النبات وتطوره (Razmjoo وزملاؤه، 2008) . إن الأساس الفيزيولوجي لمقاومة الإجهاد المائي غير مفهوم بشكل كامل، وإن فهم كيفية استجابة النبات لنقص الماء وقدرته على تحمل هذا الإجهاد يمكن أن يؤدي بالضرورة إلى تحسين الإنتاجية وجعلها بالشكل الأمثل في الظروف غير المناسبة(Gholamin و Khayatnezhad، 2010).

ربط عدد من الباحثين تحمل ومقاومة الإجهاد المائي بعدد من الاستجابات الفيزيولوجية المهمة التي يبديها النبات، مثل محتوى الأوراق من الصبغيات وثباتيتها والمحتوى العالي من الماء النسبي (Clarke و McCaig، 1982)، وأشار Martin وزملاؤه (1987) إلى أهمية معامل ثباتية الغشاء الخلوي للتمييز بين الأصناف المقاومة والحساسة، حيث يحدث تسرب للأيونات من الخلايا نتيجة التخريب الذي يحدث للغشاء الخلوي والذي يصبح أكثر نفوذيةً بتأثير الاجهادات المختلفة (Senaratna و Kersi، 1983)، وبين Shaddad وEl-Tayeb (1990) أن محتوى الكلوروفيل والكاروتين ونسبة الكلوروفيل A/B انخفضت بشكل كبير في ظروف نقص الماء، وحدث الانخفاض بشكل أسرع وبنسبة أكبر في الأصناف الحساسة للإجهاد المائي. كما لاحظ كل من Bijanzadeh و Emam (2010) اختلافاً في محتوى الرطوبة النسبي في أوراق القمح عند تعرضها للإجهاد المائي، وعلى العموم فقد أظهرت الأصناف المتحملة لهذا الإجهاد محتوىً أعلى للماء النسبي مقارنةً بالأصناف الحساسة، كما أن فعالية وكفاءة النظام الضوئي والممثلة بالقيمة (F_v/F_m) والتي تعبر عن حاصل قسمة الفلورة المتغيرة على الفلورة العظمى، تنخفض بشكل كبير أثناء الإجهاد المائي وهو مقياس حساس لتحديد درجة تحمل النبات لإجهاد نقص الماء (Flagella وزملاؤه، 1995).

أجريت هذه الدراسة بهدف دراسة أثر الاجهاد المائي المتمثل بالزراعة البعلية في كل من منطقة الاستقرار الاولى والثانية في جنوب سورية في مجموعة من الصفات الفيزيولوجية المهمة المرتبطة بتحمل الجفاف، وفي الإنتاج ومكوناته لمجموعة من أصناف القمح القاسي المتباينة في درجة تحملها للإجهاد المائي.

مواد البحث وطرائقه

1 ـ الأصناف المستخدمة وظروف إجراء التجربة: تم استخدام أربعة أصناف من القمح القاسي لإجراء هذه الدراسة هي: شام5 وحوراني وهي أصناف يُوصى بزراعتها في منطقة الاستقرار الثانية، وبالتالي يمكن عدها أصنافاً متحملةً للإجهاد المائي، و بحوث7 وبحوث11 وهي أصناف يُوصى بزراعتها في منطقة الاستقرار الأولى وبالتالي يمكن عدها أصنافاً حساسةً للإجهاد المائي. تم الحصول على بذار هذه الأصناف من إدارة بحوث المحاصيل (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية السورية)، وتمت الزراعة في ظروف الزراعة المطرية في منطقة الاستقرار الأولى (محطة بحوث جلين/درعا/جنوبي سورية، حيث يبلغ معدل الهطول المطري السنوي نحو 400 ملم)، وفي منطقة الاستقرار الثانية (محطة بحوث ازرع/درعا/جنوبي سورية، حيث يبلغ معدل الهطول المطري سنوياً نحو 291 ملم). زُرعت النباتات في كلا المنطقتين بمعدل 300 بذرة/م^2 في ثلاثة مكررات ولموسمين متتاليين (2010/2009 و2011/2010)، وتمت عملية الزراعة والعناية بالمحصول حسب التوصيات والارشادات المقترحة من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السورية. جُمعت البيانات المناخية (الحرارة وكمية الأمطار) من قبل محطة الأرصاد الجوية التابعة لكل محطة قيد الدراسة.

2 ـ المؤشرات المدروسة:

- تقدير محتوى الكلوروفيل: لتحديد محتوى الأوراق من الكلوروفيل تم استخدم جهاز SPAD ، الذي يقوم بقياس تركيز الكلوروفيل في الأوراق، ويمكن وصف هذه الطريقة بأنها سريعة وبسيطة وذات مصداقية.

- تقدير دليل تخريب الغشاء: تم تقدير دليل تخريب الغشاء باستخدام جهاز قياس الناقلية حسب الطريقة المقترحة من قبل Almeselmani وزملائه (2006)، إذ تم أخذ 100 مغ عينة ورقية قُطعت بشكل متجانس، ووُضعت في أنابيب اختبار تحوي ماء ثنائي التقطير. قُسمت العينات إلى مجموعتين، فوضعت المجموعة الأولى في حمام مائي على درجة حرارة 40 م° لمدة 30 دقيقة، بينما وُضعت المجموعة الثانية على درجة حرارة 100 م° لمدة 15 دقيقة، ثم أُخذت القراءات لكلا المجموعتين بعد التبريد، وتم حساب دليل تخريب الغشاء وفق المعادلة:

نسبة الناقلية = (الناقلية عند درجة حرارة 45 م° / الناقلية عند درجة حرارة 100 م°) x 100

- تقدير محتوى الماء النسبي: لحساب محتوى الماء النسبي تم أتباع طريقة Barrs و Weatherlay (1962)، حيث تم أخذ 100مغ عينة ورقية، ووُضعت في ماء ثنائي التقطير في أطباق بتري لمدة ساعتين، وتم أخذ الوزن الرطب والوزن الجاف بعد إبقاء العينات على درجة حرارة 65 م° مدة 48 ساعة، ثم حُسب محتوى الماء النسبي وفق المعادلة:

محتوى الماء النسبي % = [(الوزن الرطب للورقة – الوزن الجاف للورقة) ÷ (الوزن الرطب المشبع للورقة – الوزن الجاف للورقة)] x 100

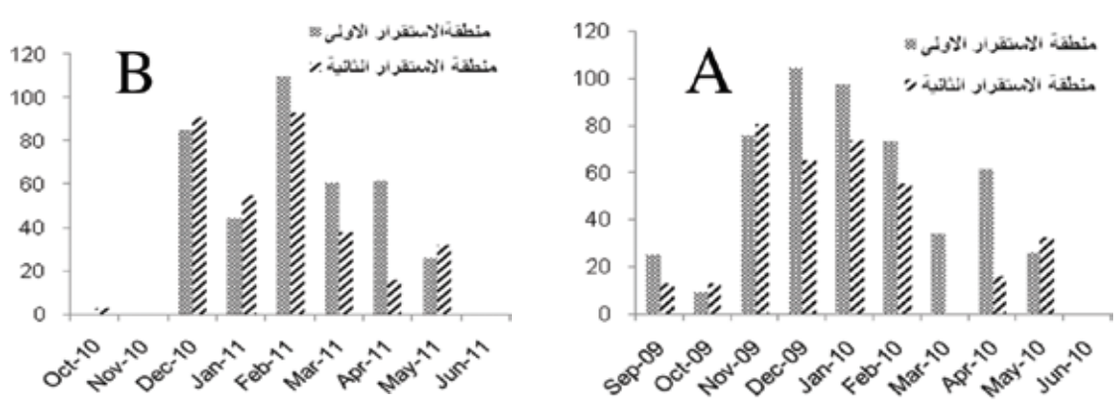
- قياس الفلورة الضوئية: لقياس الفلورة الضوئية تم استخدام جهاز HandSatech، وتمت عملية القياس حسب توصيات Strasser وزملائه، (1995)، فتمت تغطية الأوراق المراد أخذ القراءة منها باستخدام ملاقط خاصة لمدة 30 دقيقة قبل أخذ القراءة بالجهاز المذكور، وذلك بأخذ قراءة كل من الفلورة الدنيا و الفلورة العظمى والفلورة المتغيرة.

- الإنتاج ومكوناته: تمت عملية حصاد نباتات القمح عند اكتمال نضج المحصول، وتم أخذ القراءات التالية : الغلة الحبية، عدد السنابل/م$^{-2}$ ، وعدد الحبوب في السنبلة ووزن 1000 حبة.

حُللت النتائج إحصائياً، وقُورنت البيانات، وحُسبت المتوسطات بعد إجراء تحليل التباين ANOVA باستخدام برنامج GENSTAT 7، وباستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، وتم حساب الخطأ المعياري وفُسرت النتائج تبعاً لذلك.

النتائج والمناقشة

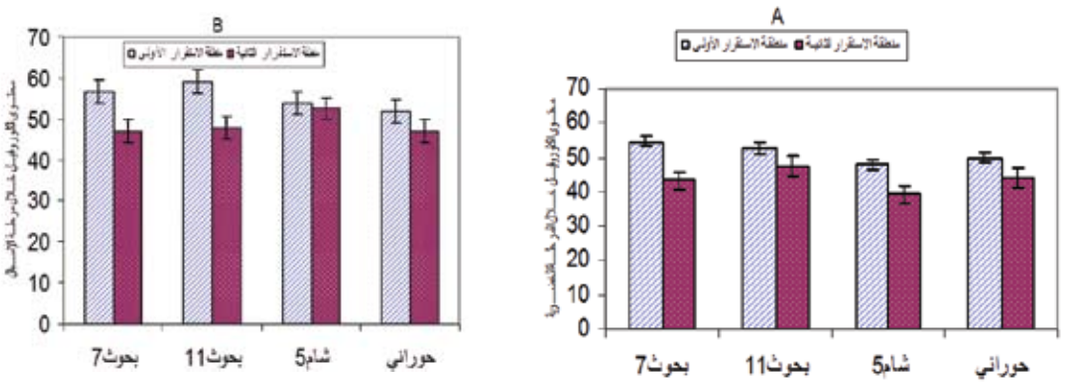
أظهرت البيانات المناخية المسجلة في كل من محطة بحوث ازرع ومركز بحوث جلين في كلا الموسمين تبايناً في كمية الأمطار في كلا الموقعين، فبلغت كمية الأمطار في مركز بحوث جلين في الموسم الأول 499 ملم بينما كانت أقل بنحو 40 % في محطة بحوث ازرع (299 ملم)، أما في الموسم الثاني فبلغت كمية الأمطار 388 ملم في مركز بحوث جلين بينما بلغت 328 ملم في محطة بحوث ازرع (أي أقل بنحو 16 % من مركز بحوث جلين). وبشكل عام فقد تلقى مركزبحوث جلين كمية امطار كافية للنمو والإنتاجية الجيدة في كلا الموسمين. أما في محطة بحوث ازرع فعانت النباتات وبشكل رئيس الأصناف الحساسة للإجهاد المائي بسبب سوء توزيع الأمطار وتراجع الهطول المطري خلال شهر نيسان /أبريل وحتى الحصاد ما أدى إلى تعرض النباتات إلى إجهاد مائي في المراحل المتأخرة من حياتها، وبشكل عام كان الوضع في مركز بحوث جلين أفضل بكثير من محطة بحوث ازرع حيث عانت النباتات إجهاداً مائياً وبشكل خاص في مرحلة امتلاء الحبوب (الشكلان B1 ، A1).



الشكل 1 (A وB). كمية الأمطار (ملم) في كل من منطقتي الاستقرار الأولى والثانية خلال موسم النمو والإنتاج لنباتات القمح في الموسم الأول A (بدءاً من أيلول / سبتمبر 2009 ولغاية حزيران / يونيو 2010)، والموسم الثاني B (بدءاً من تشرين الأول / أكتوبر ولغاية حزيران / يونيو 2011).

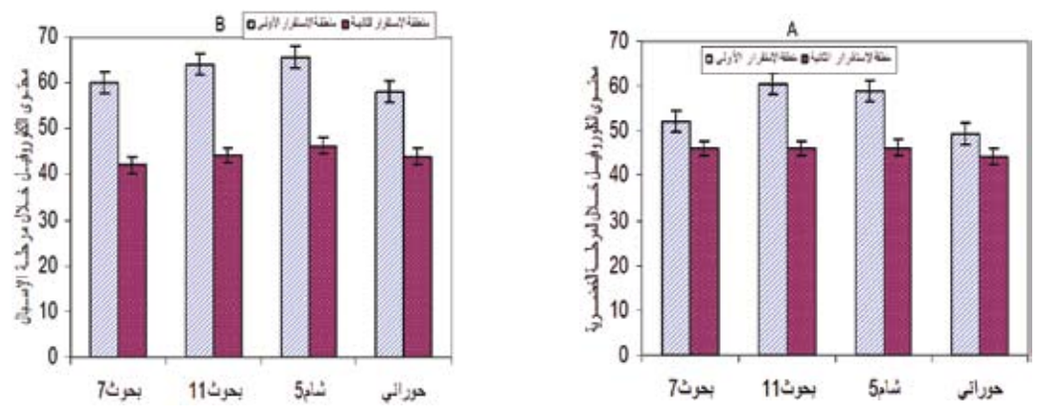
1 ـ محتوى الأوراق من اليخضور:

كان محتوى الأوراق من الكلوروفيل في مرحلة الإسبال أعلى منه في المرحلة الخضرية في جميع الأصناف المدروسة وفي كل من منطقة الاستقرار الأولى والثانية لكلا الموسمين، كما أظهرت الأصناف المدروسة محتوىً أعلى من الكلوروفيل في منطقة الاستقرار الأولى مقارنةً بمنطقة الاستقرار الثانية في كلا الموسمين. وتم تسجيل أعلى قيمة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل في المرحلة الخضرية في السنة الأولى في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث7 وبلغت 54.6. أما في منطقة الاستقرار الثانية فان أعلى قيمة تم تسجيلها في الصنف بحوث 11 (47.5 %). أما في مرحلة الإسبال فسُجل أعلى محتوى للكلوروفيل في الصنف بحوث11 في منطقة الاستقرار الأولى وبلغ 59.3 %، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة لمحتوى الكلوروفيل وهي 52.6 % سُجلت في الصنف شام5 (الشكلان A2 و B2).



الشكل 2 (A و B). متوسط محتوى الكلوروفيل (SPAD reading) في الموسم الأول للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

أما في الموسم الثاني فقد سُجلت أعلى قيمة في المرحلة الخضرية للصنف بحوث7 وبلغت 60.4 في منطقة الاستقرار الأولى، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة سُجلت في هذه المرحلة كانت للصنف شام5 وبلغت 46.3، أما في مرحلة الإسبال فإن أعلى قيمة في منطقة الاستقرار الأولى والثانية سُجلت في الصنف شام5 (65.7 و 46.3) على التوالي (الشكلان A3 و B3).



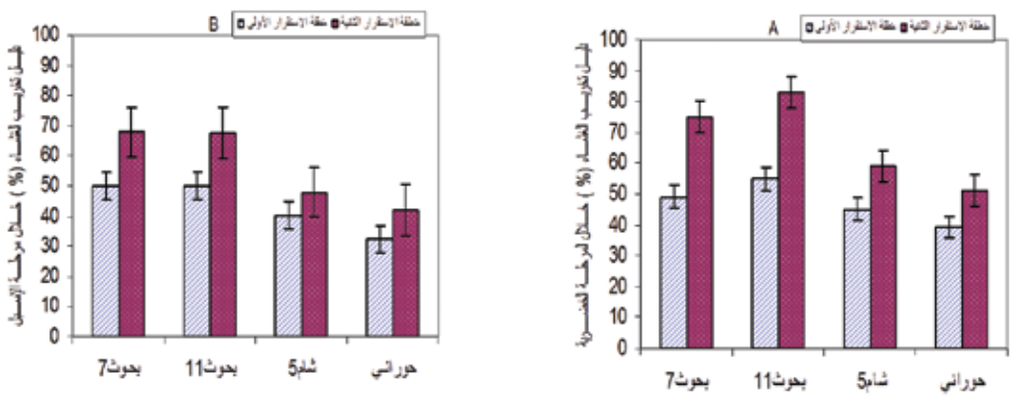
الشكل 3 (A و B). متوسط محتوى الكلوروفيل (SPAD reading) في الموسم الثاني للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

أكدت الدراسة التي أُجريت من قبل Iturbc وزملائه (1998) أن تعريض النباتات لإجهاد مائي سبب انخفاضاً معنوياً في محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وهذا يتوافق مع Jaleel وزملائه (2009) من أن محتوى الكلوروفيل ينخفض بشكل كبير ومعنوي في ظروف الإجهاد المائي. وقد بين Sikuku وزملاؤه (2010) أنه يحدث تثبيط لعملية اصطناع الكلوروفيل في الأصناف الحساسة للإجهاد المائي من القمح في ظروف الجفاف. كما بين Sairam وزملاؤه (1997) أن محتوى الأوراق من الكلوروفيل قد انخفض في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف من القمح في ظروف الإجهاد المائي، وأبدت الأصناف المتحملة محتوى أعلى من الكلوروفيل مقارنةً بالأصناف الحساسة. يُعد محتوى الأوراق من الكلوروفيل دليلاً على مدى كفاءة المصدر (Herzog، 1986). إن المحافظة على محتوى عال من الكلوروفيل يُعد أساسياً من أجل التمثيل الضوئي في ظروف الجفاف، كما أن المحتوى العالي من الكلوروفيل في ظروف الإجهاد المائي في الأصناف المتحملة قد تم تأكيده من قبل Nyachiro وزملائه (2001)،

وبحسب Manivannan وزملائه (2007) فإن الكلوروفيل هو واحد من أهم مكونات الكلوروبلاست الرئيسة من أجل عملية التمثيل الضوئي، كما أن محتوى الكلوروفيل له ارتباط إيجابي بنسبة التمثيل الضوئي.

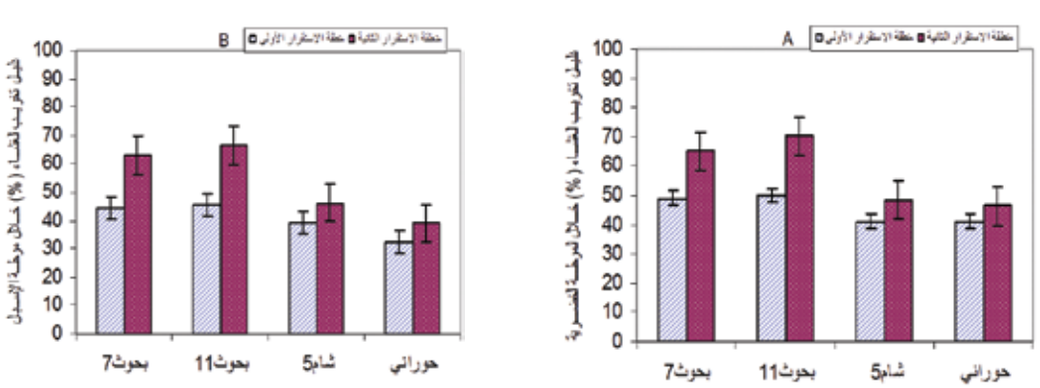
2 ـ النفاذية الخلوية :

يُعد الغشاء الخلوي المستهدف الأول في العديد من الإجهادات التي يتعرض لها النبات، ويعتقد أن المحافظة على ثباتية وتماسك وتكامل هذا الغشاء في ظروف الإجهاد المائي أحد أهم مكونات وأسباب تحمل الجفاف في النباتات (Bajji وزملاؤه، 2001)، كما أن الانتخاب من أجل النفوذية البطيئة للأيونات والعناصر المعدنية من الأوراق في ظروف الجفاف يُعد وسيلةً مهمةً يمكن استخدامها في الغربلة والانتخاب لتحسين تحمل نبات القمح للجفاف. بينت النتائج في السنة الأولى من هذا البحث أن أعلى قيمة لدليل تخريب الغشاء في المرحلة الخضرية كانت في الصنف بحوث11 في منطقة الاستقرار الأولى والثانية وبلغت 55 و 83 % على التوالي، كما أن قيم دليل تخريب الغشاء ازدادت في منطقة الاستقرار الثانية بالمقارنة مع الأولى لجميع الأصناف المدروسة. وأظهر الصنف حوراني أقل قيمة لدليل تخريب الغشاء في كلا المنطقتين في هذه المرحلة، أما في مرحلة الإسبال فان أعلى قيمة سُجلت في الصنف بحوث7 في كلا المنطقتين وبلغت 50 و 68 % على التوالي، و بشكل عام فان قيم دليل تخريب الغشاء في المرحلة الخضرية كانت أعلى منها في مرحلة الإسبال (الشكلان A4 و B4).



الشكل 4 (A و B). دليل تخريب الغشاء (%) في الموسم الأول للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

أما في الموسم الثاني فإن أعلى قيم لدليل تخريب الغشاء في المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال سُجلت في الصنف بحوث11 في كل من منطقة الاستقرار الأولى والثانية، وأظهر الصنف حوراني أقل قيم لدليل تخريب الغشاء في كلا المنطقتين وفي جميع مراحل الدراسة (الشكلان A5 وB5).

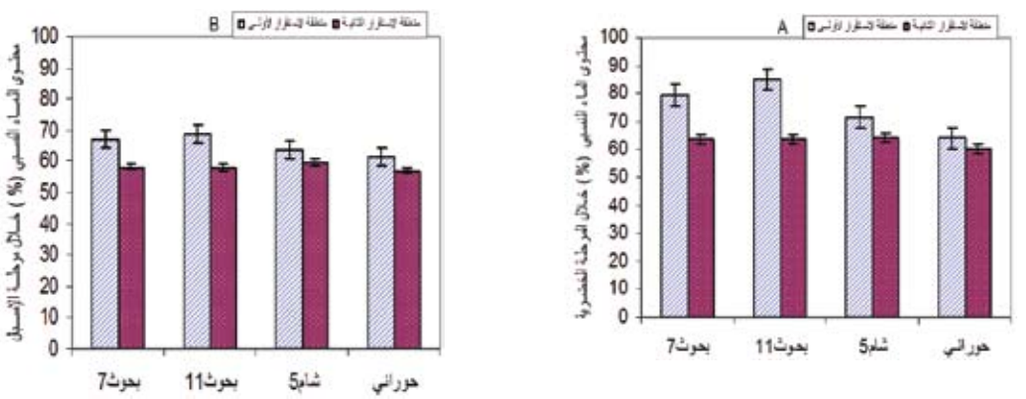


الشكل 5 (A و B). دليل تخريب الغشاء (%) في الموسم الثاني للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

3 ـ تقدير محتوى الماء النسبي (%):

تُعد ثباتية الغشاء الخلوي أحد أهم الصفات المستخدمة لتقييم تحمل النباتات للجفاف، حيث يسبب هذا الإجهاد تخريباً في تركيب وعمل هذا الغشاء (Buchanan وزملاؤه، 2000)، وقد بينت العديد من الدراسات أن معدل تسرب الأيونات يزداد أثناء الإجهاد المائي، وأن محافظة الغشاء الخلوي على ثباتيته وبناءه يكون أفضل وأكثر استقراراً في الأصناف المقاومة والمتحملة للجفاف (Sayer وزملاؤه، 2008)

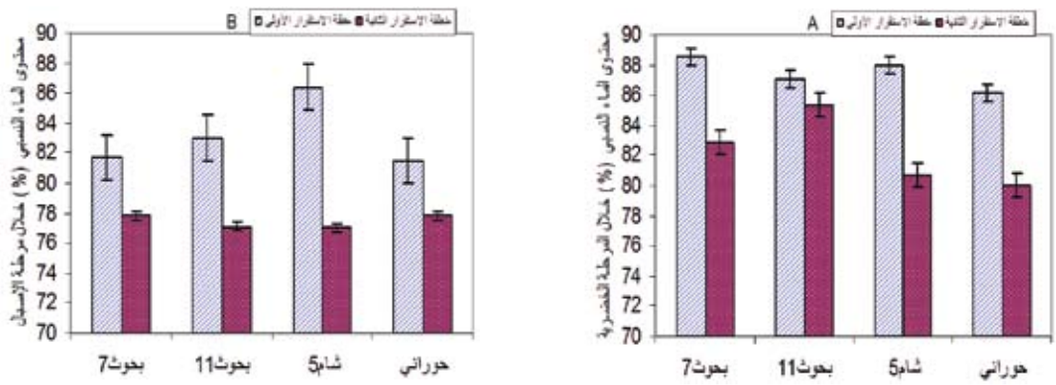
كما بين Sinclair و Ludlow (1985) أن محتوى الرطوبة النسبي هو مؤشر أفضل من الماء الكامن لتوصيف الحالة المائية الداخلية للنبات، ويُعد المؤشر المتكامل والذي استُخدم بكفاءة عالية وبنجاح للتعرف على الأصناف المتحملة للجفاف(Ghobadi وزملاؤه ، 2011)، أمّا فيما يخص محتوى الماء النسبي فان أعلى القيم سُجلت في كلا الموسمين في كل من منطقتي الاستقرار الأولى والثانية في المرحلة الخضرية، علماً أن هذه القيم انخفضت مع تقدم النبات في العمر. وسُجلت أعلى قيمة لمحتوى الماء النسبي في أوراق نباتات القمح في الموسم الأول في المرحلة الخضرية في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث11 (85 %)، أما في منطقة الاستقرار الثانية فسُجلت في الصنف شام5 وبلغت 64.1 %، كما سُجل في مرحلة الإسبال أعلى قيمة لمحتوى الماء النسبي في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث11 وبلغت 68.6 %، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة سُجلت في الصنف شام5 وبلغت 59.7 % (الشكلان A6 و B6).



الشكل 6 (A و B). متوسط محتوى الرطوبة النسبي (%) في الموسم الاول للدراسة اثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الاسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

وسُجلت في الموسم الثاني في المرحلة الخضرية أعلى قيمة لمحتوى الماء النسبي في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث7 وبلغت 88.5 %، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة سُجلت في هذه المرحلة في الصنف بحوث11 (85.3 %)، وسجلت في مرحلة الإسبال أعلى قيمة في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف شام5 وبلغت 86.4، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة سُجلت في كل من بحوث7 وحوراني وبلغت 77.8 % (الشكلان A7 وB7).

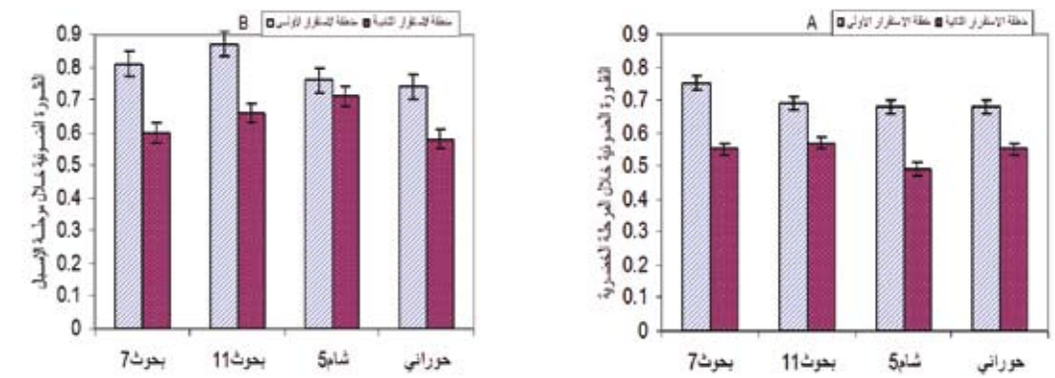
أكدت الدراسات أن قدرة النبات في المحافظة على محتوى عالٍ من الماء النسبي في ظروف الإجهاد المائي يُعد صفةً تأقلميةً، وأن الأصناف المقاومة لها القدرة في المحافظة على محتوى عالٍ من الماء النسبي مقارنةً بالأصناف الحساسة (Ahmadi و Siosemardeh, 2005) ويُعد الماء ضرورياً جداً لنمو النبات وتطوره، فهو يدخل في الأعمال والنشاطات الفيزيولوجية المختلفة التي يقوم بها النبات، كما أنه ضروري للعمليات الاستقلابية المتعددة، وأن أية حالة من عدم التوازن المائي تسبب تاثيراً سلبياً في الإنبات (Cackmack و Maschner, 1993)، والنمو (Fraser وزملاؤه، 1990)، فيتسبب نقص الماء في اضطراب مجمل العمليات الاستقلابية (Umer وزملاءه، 2001)، كما يُعد محتوى الماء النسبي دليلاً للحالة المائية في الخلايا، وله ارتباط معنوي بالإنتاجية وبالجهد المائي الداخلي، وبالتالي القدرة على تحمل الإجهاد المائي (Almeselmani وزملاءه، 2012). وبحسب Keyvan (2010) فإن اختلاف محتوى الرطوبة النسبي بين الأصناف المزروعة في ظروف الجفاف قد يعود إلى الاختلاف في قدرة هذه الخلايا على امتصاص كمية أكبر من ماء التربة، أو قدرتها على تقليل فقد الماء من التربة. وسجل Siddique وزملاءه (2000) وجود علاقة ارتباط إيجابية بين محتوى الماء النسبي وعملية التمثيل الضوئي، وتم استخدام هذه الصفة بنجاح للتعرف على الأصناف المتحملة للجفاف (Matin وزملاءه، 1989)، و بحسب دراسة Ritchi وزملاءه (1990) تم عد المحتوى العالي للماء النسبي بأنه آلية لتحمل الجفاف، وأن المحتوى العالي للماء النسبي نتج عنه تنظيم اسموزي أفضل. كما أن المحتوى العالي من الماء النسبي غالباً ما يكون عالٍ في النباتات المتأقلمة مع ظروف المناطق الجافة، وهذا ما تم تأكيده من قبل كل من Carter و Paterson (1985).



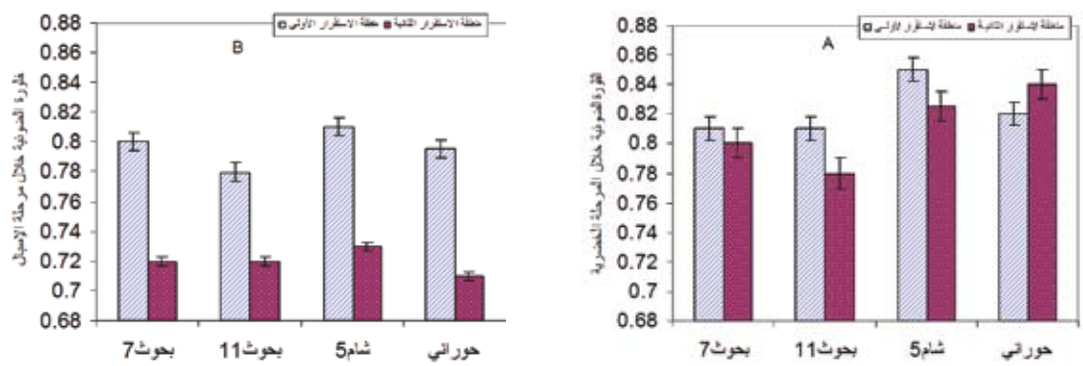
الشكل7 (A و B). متوسط محتوى الرطوبة النسبي (%) في الموسم الثاني للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

4 ـ الفلورة الضوئية :

تُعد قيمة Fv/Fm والتي تُعبرعن الكفاءة التمثيلية للنبات، وتعكس كفاءة الفوتون في إعطاء طاقة في النظام الضوئي الثاني صفةً مهمةً جداً ويمكن استخدامها في الغربلة والانتخاب لتحمل الإجهاد المائي. تم استخدام هذه الصفة كمعيار حساس لكفاءة التمثيل الضوئي مع قيمة مثالية (نحو 0.83) في أغلب النباتات (Bogale وزملاءه، 2011)، وسُجلت أعلى قيمة للفلورة الضوئية في الموسم الأول في المرحلة الخضرية في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث7 (0.75)، أما في منطقة الاستقرار الثانية فسجلت أعلى قيمة في الصنف بحوث11 وبلغت 0.57، أما في مرحلة الإسبال فإن أعلى قيمة سُجلت في الصنف بحوث11 في منطقة الاستقرار الأولى (0.87)، أما في منطقة الاستقرار الثانية فان أعلى قيمة سُجلت في الصنف شام5 وبلغت 0.71 (الشكلان A8 و B8).



الشكل 8 (A و B). قيم الفلورة الضوئية في الموسم الأول للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.



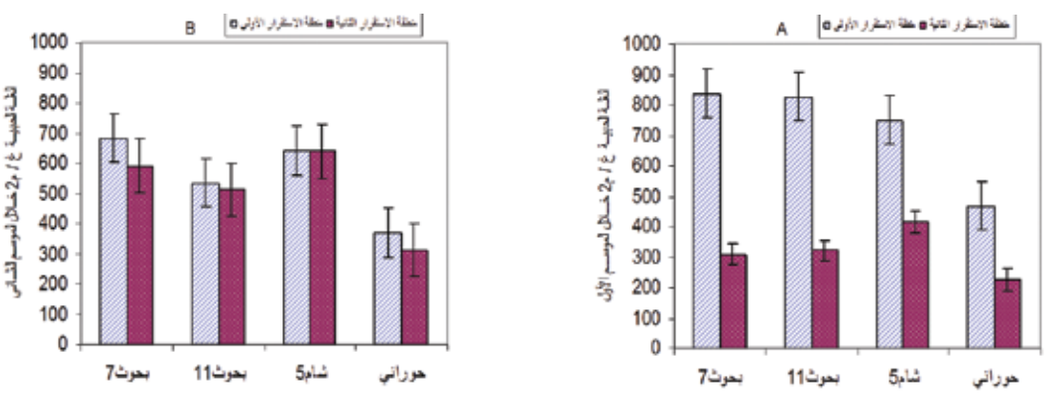
الشكل 9 (A و B). قيم الفلورة الضوئية في الموسم الثاني للدراسة أثناء المرحلة الخضرية ومرحلة الإسبال في الأصناف الحساسة والمتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية.

وسُجلت في الموسم الثاني أعلى قيمة للفلورة الضوئية في المرحلة الخضرية في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف شام5 وبلغت 0.85، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة سُجلت في الصنف حوراني وبلغت 0.84، أما في مرحلة الإسبال فإن أعلى قيمة سجلت في منطقة الاستقرار الأولى والثانية في الصنف شام5 وبلغت 0.81 و 0.73 على التوالي (الشكلان A9 و B9).

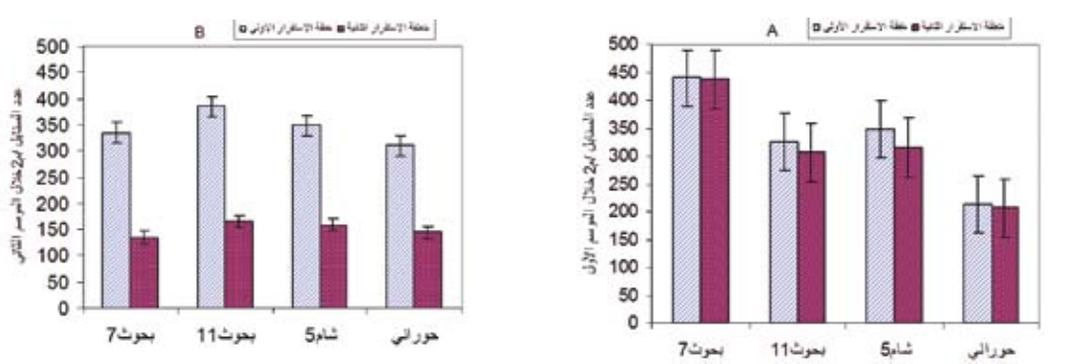
أكد Ahmadi و Siosemarade (2005) أن النظام الضوئي، ولاسيما في الأصناف الحساسة يتأثر كثيراً وبشكل سلبي بنقص الماء، كما يُعد استخدام تقانة الفلورة الضوئية أداةً فعالةً من أجل تحري تحمل الجفاف في الأصناف المختلفة من القمح (Almeselmani وزملاءه، 2012)، كما يُعد معياراً حساساً لقياس الجفاف وسلامة النظام الضوئي في ظروف الإجهادات (Maxwell و Johnson، 2000) من أجل تقويم أثر الجفاف في فعالية النظام الضوئي، وتُعد الفلورة الضوئية المعيار الأكثر مصداقيةً والأسرع والأكثر دقةً (Costa وزملاءه، 2003)، وإن قدرة النبات في المحافظة على الفعالية الضوئية في ظروف الإجهاد المائي يُعد مهماً جداً في تحمل الجفاف (Mohammadi وزملاءه، 2009)، كما أن التغير المفاجئ في الفلورة الضوئية المقاسة على الغالب يدل على التخريب الفيزيائي في النظام الضوئي الثاني، وهذا المقياس يُعد معياراً لتكامل وسلامة الغشاء التيلوكيدي وكفاءة نقل الإلكترون من النظام الضوئي الثاني (PSII) إلى النظام الضوئي الأول (PSI)، كما أن الكفاءة الضوئية للنظام الضوئي الثاني يتم تحديدها بنسبة Fv/Fm والتي تنخفض بشكل كبير في ظروف الجفاف (Mamnouie وزملاءه، 2006).

5 ـ الإنتاج ومكوناته:

بشكل عام كان هناك انخفاضٌ في الغلة ومكوناتها كافةً في منطقة الاستقرار الثانية مقارنةً بمنطقة الاستقرار الأولى في كلا الموسمين، وسجلت أعلى قيمة للغلة الحبية في الموسم الأول في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث7 وبلغت 838 غ/م^2، أما في منطقة الاستقرار الثانية فسُجلت أعلى قيمة في الصنف شام5 (415 غ/م^2). وسُجلت في الموسم الثاني أعلى قيمة للغلة الحبية في منطقة الاستقرار الأولى في الصنف بحوث7 وبلغت 683 غ/م^2 ، أما في منطقة الاستقرار الثانية فإن أعلى قيمة تم تسجيلها في الصنف شام5 وبلغت 639 غ/م^2 (الشكلان A10 و B10).



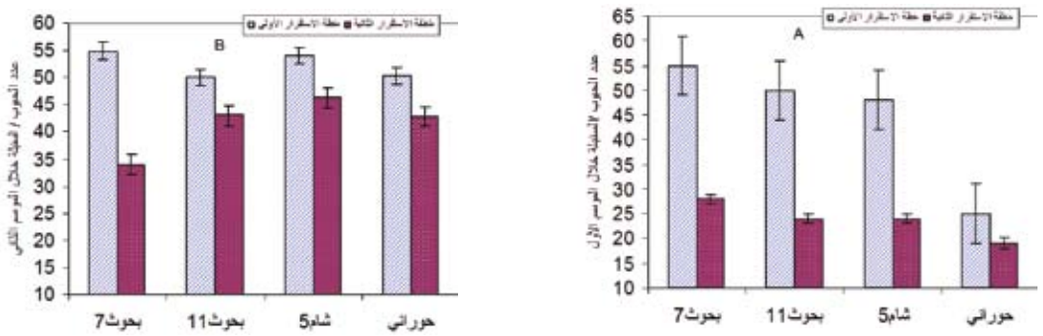
الشكل 10 (A و B). الغلة الحبية (غ/م^2)، في الأصناف الحساسة والأصناف المتحملة للجفاف في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية في الموسم الأول (A) والموسم الثاني (B).



الشكل 11 (A و B). عدد السنابل/م^2، في الأصناف الحساسة والأصناف المتحملة للجفاف في منطقة الاستقرار الأولى و الثانية في الموسم الأول (A) والموسم الثاني (B).

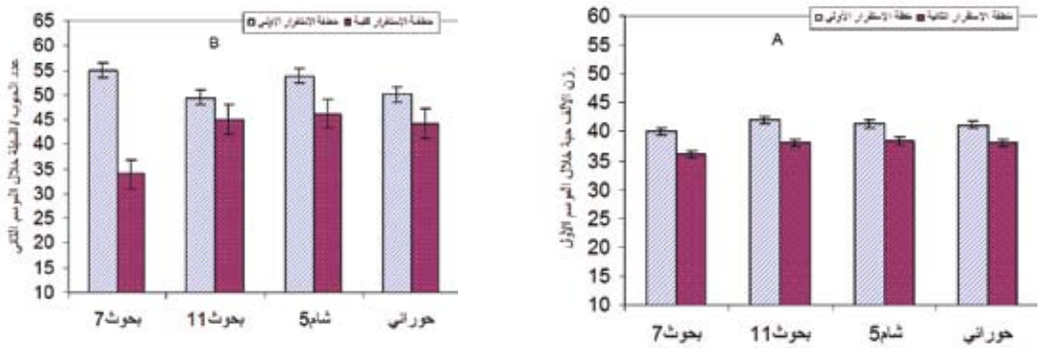
أما فيما يتعلق بعدد السنابل في الـ م^2 فإن أعلى قيمة سُجلت في الموسم الأول في منطقتي الاستقرار الأولى والثانية في الصنف شام$_5$ وبلغت 349 و 135 سنبلة/م^2 على التوالي. أما في الموسم الثاني فإن أعلى قيمة سُجلت في الصنف بحوث$_7$ في كل من منطقة الاستقرار الأولى والثانية وبلغت 443 سنبلة / م^2 (الشكلان A11 و B11).

أما فيما يتعلق بعدد الحبوب في السنبلة فإن أعلى قيمة في الموسم الأول في كل من منطقة الأولى والثانية سُجلت في الصنف بحوث$_7$ وبلغت 55 و 28 على التوالي، أما في الموسم الثاني فان أعلى قيمة في منطقة الاستقرار الأولى سُجلت في الصنف بحوث$_7$ وبلغت 54.9، أما في منطقة الاستقرار الثانية فان أعلى قيمة سجلت في الصنف شام$_5$ وبلغت 46.2 (الشكلان A12 و B12).



الشكل 12 (A و B). عدد الحبوب في السنبلة، في الأصناف الحساسة والأصناف المتحملة للجفاف في منطقة الاستقرار الأولى الثانية في الموسم الاول (A) والموسم الثاني (B).

أما فيما يتعلق بوزن 1000 حبة فسُجلت أعلى قيمة في الموسم الأول في الصنف بحوث$_{11}$ و الصنف شام$_5$ في كل من منطقتي الاستقرار الأولى والثانية وبلغت 42 و 39غ على التوالي. أما في الموسم الثاني فسجلت أعلى قيمة في الصنف شام$_5$ في منطة الاستقرار الأولى وبلغت 52.1 غ وفي الصنف بحوث$_{11}$ في منطقة الاستقرار الثانية وبلغت 47.3غ (الشكلان A13 و B13).



الشكل 13 (A و B). وزن الألف حبة (غ)، في الأصناف الحساسة والأصناف المتحمل للجفاف في منطقة الاستقرار الأولى والثانية في الموسم الأول (A) والموسم الثاني (B).

بين Moayedi وزملاءه، (2010) أن تعريض النباتات لإجهادات مائية مختلفة كان له بالغ الأثر في الإنتاجية. وأكد Nazeri (2005) أن نقص الرطوبة في مرحلة ما بعد الإزهار سبب قصراً في فترة امتلاء الحبوب وانخفاضاً في وزن الحبوب والغلة الحبية الكلية، وهذا كان واضحاً في الدراسة الحالية. كما أن الإجهاد المائي في مرحلة ما قبل الإزهار أثر بشكل واضح في الإنتاج ومكوناته، وتسبب في نقص عدد الحبوب في السنبلة ووزنها (Edward و Wright . 2008)، وأوضح Nazeri (2005) أن عدم توفر كمية كافية من الماء للنبات أثناء فترة امتلاء الحبوب يؤثر سلباً في وزن الحبوب. وتم التأكيد على أهمية وزن الحبوب، كونها أحد أهم مكونات الإنتاج والمحدد للغلة الحبية النهائية في ظروف حوض البحر الأبيض المتوسط من قبل العديد من الباحثين (Peltonen-Sainio وزملاءه، 2007 و Garcia DeMoral وزملاءه، 2003)، وإن التأثير السلبي للجفاف ونقص الماء في عدد السنابل أكده Moayedi وزملاءه (2010)، و بحسب Ahmadi وزملائه (2009) فإن الإجهاد المائي تسبب في انخفاض الغلة الحبية في أصناف القمح بشكل معنوي.

الاستنتاجات والمقترحات

بينت هذه الدراسة أهمية كل من المعايير الفيزيولوجية المدروسة، ولاسيما في مرحلة الإسبال، وأكدت على أن استخدام هذه المعايير في برامج التربية قد يسرع في التحسين والمحافظة على ثباتية الإنتاج والحصول على أصناف جديدة تتميز بمقدرة أكبر على تحمل الإجهاد المائي. كما أظهر الصنف شام5 أداءً متميزاً، ولاسيما في منطقة الاستقرار الثانية وفي كلا الموسمين، مما يدل على أهمية هذا الصنف وضرورة استخدامه في برامج التربية لنقل الصفات الفيزيولوجية المتفوقة إلى الأصناف المرغوبه.

المراجع

- Abd-El-Haleem, S.H.M., M.A. Reham and S.M.S. Mohamed. 2009. Genetic analysis and RAPD polymorphism in some durum wheat genotypes. Global J. Biotech Bioch, 4: 1 - 9.
- Ahmadi, A. and A. Siosemardeh. 2005. Investigation on the physiological basis of grain yield and drought resistance in wheat: Leaf photosynthetic rate, stomatal conductance and non stomatal limitations. Int. J. Agric. Biol, 7: 807 - 811.
- Ahmadi, A., M.Joudi and, M. Janmohammadi. 2009. Late defoliation and wheat yield: little evidence of post anthesis source limitation. Field Crops Res, 113: 90 - 93.
- Almeselmani, M., P.S. Deshmukh, R.K. Sairam, S.R. Kushwaha and T.P. Singh. 2006. Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. Plant Science, 171:382 - 388.
- Almeselmani, M., A. Saud, K. Al-zubi, F. Abdullah, F. Hareri, M. Naaesan, M.A. Ammar and O. Kanbar. 2012. Physiological performance of different durum wheat varieties grown under rainfed condition. Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Biology, 12: 55 - 63.
- Bajjii, M., J.M. Kinet and S. Lutts. 2001. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant Growth Reg:110-.
- Barrs, H.D. and P.E. Weatherley. 1962. Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Aust. J. Biol. Sci, 24: 519 - 570.
- Bijanzadeh, E. and Y. Emam. 2010. Effect of Defoliation and drought stress on yield components and chlorophyll content of wheat. Pakistan J. Biol. Sci, 13: 699 - 705.
- Bogale, A., K. Tesfaye and T. Geleto 2011. Morphological and physiological attributes associated to drought tolerance of Ethiopian durum wheat genotypes under water deficit condition. J Biodiver Environ Sci, 1: 22 - 36.
- Buchanan, B.B., W. Gruissem and R.L. Jones. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. Amer. Soc. Plant Physiol. Rockville.
- Cackmack, D. and H. Maschner. 1993. Activities of hydrogen free side- screening enzymes in germinating wheat seeds. J. Exp. Bot, 44:127 - 132.
- Carter, J.E. and R.P. Paterson. 1985. Use of relative water content as a selection tool for drought tolerance in soybeans. Argon J. Abstr ASA Madison, 2177 P.
- Clarke, J.M. and T.N. McCaig. 1982. Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. Crop Sci, 22: 503 - 506.
- Costa, E.S., Bressan-Smith R., Oliveira J. G. and Campostrini E. 2003. Chlorophyll a fluorescence analysis in response to excitation irradiance in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) submitted to high temperature stress. Photosynthetica. 41: 77 - 82.
- Datta, J.K., T. Mondal., A. Banerjee and N.K. Mondal. 2011.Assessment of drought tolerance of selected wheat cultivars under laboratory condition. J Agri. Technol, 7: 383 - 393.
- Edward, D. and D. Wright. 2008. The effects of winter water logging and summer drought on the growth and yield of winter wheat. Europ. J. Agron, 28: 234 - 244.
- Flagella, Z., D. Pastore, R.G. Campanile, and N. Di Fonzo. 1995. The quantum yield of photosynthesis electron transport evaluated by chlorophyll fluorescence as an indicator of drought tolerance in durum wheat. J. Agric. Sci. Camb, 125: 325 - 329.
- Fraser, T.E., W. K. Silk and T.L. Rost. 1990. Effect of low water potential on cortical cell length in growing regions of maize roots. Plant Physiol. 93:848 - 851.
- Garcia Del Moral, L.F., Y. Rharrabti, D. Villegas and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogeny approach. Agron J. 95: 266 - 274.
- Ghobadi, M., S. Khosravi, D. Kahrizi, and F. Shirvani. 2011. Study of Water Relations, Chlorophyll and their Correlations with Grain Yield in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. World Acad. Sci. Eng. Tech. 78: 582 - 585.
- Gholamin, R. and M. Khayatnezhad. 2010. Study of some physiological responses of drought stress in hexaploid and tetraploid wheat genotypes in Iran. J. Sci. Res. 6: 246 - 250.
- Herzog, H. 1986. Source and sink during reproductive period of wheat. Scientific Publishers. Berlin and Hambburg. :147 - 148.

- Iturbe, O., I.P.R. Escuredo, C. Arrese-Igor and M. Becana. 1998. Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. Plant Physiol. 116: 173 - 181
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H.J. Al-Juburi, R. Somasundaram and Vam, R. Panneersel. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigment composition. Int. J. Agri. Biol. 11: 100 - 105.
- Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. J Anim Plant Sci. 8: 1051- 1060.
- Mamnouie, E., R. Fotouhi-Ghazvini, M. Esfahany and B. Nakhoda. 2006. The effects of water deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. J Agri. Sci Tech. 8: 211 - 219.
- Manivannan, P., C.A. Jaleel, B. Sankar. K.A. Kishore. R. Somasundaram, G.M. Lakshmanan and R.Panneerselvam. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids Surf. B: Biointerf. 59: 141 - 149.
- Martin, U., S.G. Alladru and Z.A. Bahari. 1987. Dehydration tolerance of leaf tissues of six woody angiosperm species. Physiol. Plant. 69: 182 - 186.
- Matin, M.A., J.H. Brown and H. Ferguson. 1989. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agron. J. 81: 100 - 105.
- Maxwell, K., G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. J Exp. Bot. 51: 659 - 668.
- Moayedi, A.A., A.N. Boyce and S.S. Barakbah. 2010. The performance of durum wheat and bread wheat genotypes associated with yield and yield component under different water deficit conditions. AJBAS. 4: 106 - 113.
- Mohammadi, M., R.A. Karimizadeh and M.R. Naghavi. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerances based on chlorophyll content and stem reserves. J. Agric. Soc. Sci. 5: 119 - 122
- Nazeri, M. 2005. Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran.
- Nyachiro, J.M., K.G. Briggs, J. Hoddinott, and A.M. Johnson-Flanagan. 2001. Chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and water deficit in spring wheat. Cer Res. Comm. 29: 135 - 142.
- Pan, X.Y., Y.F. Wang., G.X. Wang, Q.D. Cao and J. Wang. 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Phytoecol. Sinica. 26: 177 - 184.
- Peltonen-Sainio, P., A. Kangas., Y. Salo and L. Jauhiainen. 2007. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi-location trails. Field Crops Res. 100: 179 - 188.
- Razmjoo, K., P. Heydarizadeh., and M.R. Sabzalian. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of Matricaria chamomile. Int. Agric. Biol. 10: 451 - 454.
- Ritchie, S.W., H.T. Nguyan and A.S. Holaday.1990. Leaf Water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105 - 111.
- Sairam, R.K., P.S. Deshmukh., D.S. Shukla and S. Ram. 1997. Metabolic activity and grain yield under moisture stress in wheat genotypes. Indian J Plant Physiol. 33: 226 - 231.
- Sayer, R., H. Khemira., A. Kameli and M. Mosbahi. 2008. Physiological tests as predictive appreciation for drought tolerance in durum wheat. Agron. Res. 6: 79 - 90.
- Senaratana, T., Kersi., B.D. 1983. Characterization of solute efflux from dehydration injured soybean (Glycine maxl, Merr.) seeds. Plant Physiol. 72: 911 - 914.
- Shaddad, M.A. and El-Tayeb, M.A. 1990. Interactive effects of soil moisture content and hormonal treatment on dry matter and pigments content of some crop plants. Acta Agron. Huangarica. 39: 49 - 57
- 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.
- Sikuku, P.A., Netondo, G.W. Onyango, J.C. and Musyimi, D.M. 2010. Chlorophyll fluorescence, protein and chlorophyll content of three rainfed rice varieties under varying irrigation regimes. J. Agric. Biol. Sci. 5: 19 - 25
- Sinclair, T., Ludlow, M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Aust. J. Plant Physiol. 12: 213- 217.
- Strasser, R.J., A. Srivastava and Govindjee.1995.Polyphasic chlorophyll a fluorescence transient in plants and Cyanobacteria. Photochem. Photobiol. 61: 32 - 42.
- Umer, F., A. Bashir and A.D. Sheikh. 2001. Factors contributing to higher wheat productivity in irrigated Punjab. J. Agric. Res. 39:159 - 179.

Nº Ref- 322