ارتباط المعلمات الجزيئية مع بعض الصفات المحصولية لتحمل الجفاف في القمح القاسي

Association of Molecular Loci with some Agronomic Traits for Drought Tolerance in Durum Wheat

د. شـهيناز عباس[1] د. علا مصطفى[2] د. حمدي الصفوري[1] د. إيهاب أبو خير[1]
م. فاديا غنيم[2] م. عبد الرزاق اسعود[3] م. رياض بليش[4] م.قاسـم طعمة[1]

Shahinaz Abbas[1] Ola Moustafa[2] Hamdi al-Safouri[1] Ehab abou-kheir[1]
Fadia Gunaim[2] Abd al- Razaq Asoud[3] Riad Balish[4] Qasem Touma[1]

(1) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، قسم التقانات الحيوية.

(1) General commission for scientific agricultural researchers, Biotechnology Department.

(2) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث المحاصيل الحقلية، قسم بحوث الحزم التكنولوجية.

(2) General commission for scientific agricultural researchers, Crops research administration.

(3) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث ازرع.

(3) General commission for scientific agricultural researchers, Ezraa research center.

(4) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، محطة بحوث قرحتا.

(4) General commission for scientific agricultural researchers Karahta research station.

الملخص

نُفذ البحث خلال موسمي 2009/ 2010 و2010/ 2011، زُرعت التجربة في كلٍ من مركز بحوث إزرع (مطري)، ومحطة بحوث قرحتا (مروي) التابعين للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية السورية باستخدام 6 أصناف من القمح القاسي. هدف البحث إلى دراسة العلاقات الوراثية بين بعض الصفات المحصولية والمورفوفيزيولوجية المرتبطة بالجفاف وبعض المعلمات الجزيئية في القمح القاسي. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين الأصناف والمواقع والتفاعل بينهما لمعظم الصفات المدروسة، ولا سيما بالنسبة للغلة ومكوناتها، وبينت النتائج وجود علاقات ارتباط معنوية موجبة وسالبة سواءً بين الغلة ومكوناتها، أو بين مكونات الغلة من جهة وكلٍ من ارتفاع النبات وطول حامل السنبلة والمحتوى المائي ومحتوى الكلورفيل في الورقة العلمية من جهة أخرى. نفذت الدراسة الجزيئية باستخدام ثماني بادئات ISSR نتج عنها 21 حزمة DNA، دُرست علاقات ارتباطها بالصفات الحقلية، بلغ عدد العلاقات المدروسة 336 علاقةً، ووصل عدد علاقات الارتباط المعنوي إلى 75 علاقة ارتباط، وتراوح عدد المواقع الوراثية المرتبطة معنوياً مع الصفات المدروسة من موقعين مرتبطين مع صفة المحتوى المائي للأوراق إلى 18 موقعاً وراثياً مرتبطاً مع صفة عدد الحبوب في السنبلة، سيصار إلى استخدام هذه النتائج في عملية الانتخاب المعتمد على المعلمات الجزيئية (Marker Assisted Selection) للتراكيب الوراثية تحت ظروف الجفاف.

الكلمات المفتاحية: القمح القاسي، تحمُل الجفاف، صفات موفوفيزيولوجية، معلمات جزيئية، ISSR

©2022 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. **ISSN: 2305-5243; AIF-23 (p: 176 - 188)**

Abstract

The research was conducted during two seasons; 2009/2010- 2010/2011, at two locations; Izraa research center- GCSAR-Syria (rainfed) and Karahta research station- GCSAR-Syria (irrigated). Six durum wheat varieties were used to study the genetic compatibility relationships of some genetic loci with some important agronomic and morpho-physiological traits related to drought tolerance. Results showed significant differences within varieties, locations, and interactions for most of the studied traits. Results also revealed positive and negative significant correlations within yield and its components. in addition, positive and negative significant correlations were observed between yield and its components on one side, and plant height, peduncle length, relative water content and flag leaf chlorophyll content, on the other side. Regarding the molecular study, the 21 markers resulted out of 8 studied ISSR primers, were tested for their association with the 8 studied traits, 336 associations were observed, only 75 of them were significant. Associations ranged from 2 associations for relative water content to 18 associations for number of grains per spike. Our results are to be used in selection the promising genotypes under drought stress by using marker assisted selection (MAS).

Key words: Durum wheat, drought tolerance, morpho-physiological traits, molecular markers, ISSR.

المقدمة

يُعد القمح من أهم المحاصيل الغذائية الاستراتيجية والأكثر انتشاراً في العالم ومنطقة حوض المتوسط من حيث الإنتاج والاستهلاك، والأكثر استعمالاً في معظم منتجات الغذاء المستهلكة، حيث يدخل في صناعة المعكرونة، والمغربية، والبرغل، والفريكة، والخبز البلدي، وغيرها (Elouafi وNachit، 2004). بلغت المساحة المزروعة بالقمح القاسي في سورية في عام 2013 حوالي 690 ألف هكتار، زرع منها بعلاً 330 ألف هكتار وبلغت إنتاجية القمح القاسي حوالي 2323 كغ/هكتار، بينما بلغت إنتاجية المساحة المزروعة بعلاً 1396 كغ/هكتار (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2013).

يتعرض القمح القاسي للعديد من الإجهادات (Nachit وزملاؤه، 2000؛ Moragues وزملاؤه، 2006) كالجفاف وهو الإجهاد البيئي الرئيس المحدد لإنتاجه (Royo وزملاؤه، 1998؛ Nachit، 1998؛ Mangini وزملاؤه، 2005). أكد باحثو الفيزيولوجيا وتربية النبات على ضرورة إيجاد الطرز النباتية التي تتمتع بصفات مورفولوجية تساعد النبات على تحمل ومقاومة الجفاف سواءً كانت هذه الصفات خاصة بالمجموع الخضري أو المجموع الجذري (Bazzaz وزملاؤه، 2000)، ويهدف مربي النبات إلى تطوير تراكيب وراثية أكثر تحملاً للإجهاد الجفافي من خلال تحديد المؤشرات أو الصفات المفتاحية ذات الإسهام الفعال في تحسين الغلة الحبية والتي تعد الهدف الرئيس لبرامج التربية (Slafer وزملاؤه، 1996)، إضافة إلى تطوير تقانة الغربلة المناسبة (Araus، 1996).

أثبتت برامج التربية المستخدمة لتحسين الإنتاجية في النصف الأخير من القرن الماضي نجاحاً كبيراً حيث اعتمدت على الصفات المورفولوجية، إلا أنها قد تكون غير كافية بسبب تأثر هذه الصفات بالبيئة (Tatikonda وزملاؤه، 2009). ولا بد من جعل تلك البرامج أكثر فعاليةً في المستقبل، بالاعتماد على إسهامات علم البيولوجيا الجزئية في تحسين القدرة الكامنة للإنتاج. وتستعمل المعلمات الجزيئية (Molecular markers) بشكلٍ متزايد كوسيلة للتحسين الوراثي، إذ تمتلك الصفات الفيزيولوجية والشكلية كافةً، التي تساعد على تحمل النبات للجفاف، قاعدة وراثية جزيئية. وتتغلب التربية بمساعدة المعلمات الجزيئية على الحاجة إلى عدد كبير من مواقع الاختبار اللازمة لإنتخاب الطرز الوراثية المتفوقة بوساطة برامج التربية التقليدية اعتماداً على التعبير المظهري. وهناك العديد من التقانات الحيوية المعتمدة على التفاعل التسلسلي البوليميرزي (PCR) ومنها طريقة التتاليبات البسيطة المتكررة (SSR)، وطريقة التتاليبات البسيطة البينية المتكررة

(ISSR)، وطريقة الإكثار العشوائي للحامض النووي المتعدد الأشكال المتباينة (RAPD)، وتعد تقانة ISSR من التقانات ذات الكفاءة العالية في دراسة علاقات القرابة، والبصمة الوراثية، ودراسة التنوع الحيوي للأنواع النباتية المختلفة ومنها القمح (Joshi وNguyen، 1993(a،b)؛ Motawei وزملاؤه، 2007؛ Aliyev وزملاؤه، 2007)، تجمع هذه التقانة بين فوائد تقانات ALFP وSSR كما أنها عامة مثل RAPD (Pradeep Reddy وزملاؤه، 2002؛ Vaillancourtوزملاؤه، 2008؛ Carvalho وزملاؤه، 2009).

أشار Ratnaparkhe وزملاؤه (1998) إلى أن المعلمات الوراثية لتقانة ISSR يمكن استخدامها كمعلمات مرتبطة بالمورثة المطلوبة، إذ تساعد في عملية الانتخاب ببرامج التربية وتسمى هذه العملية بالانتخاب المعتمد على المعلمات الوراثية (Marker Assisted Selection). وقد وجد Deshmukh وزملاؤه (2012) ارتباط بعض المعلمات الوراثية الناتجة عن استخدام تقانتي ISSR و RAPD بصفات مسؤولة عن تحمل الجفاف في بعض أصناف من القمح، وهي طرائق سهلة وبسيطة وفعالة للتعرف على مواقع المورثات المسؤولة عن صفات تحمل الجفاف وتساعد هذه التقانات المربي على تحسين هذه الصفات. وقد أجريت دراسات عديدة لتحديد التوافق الوراثي (Genetic association) لهذه الصفات في محاصيل عديدة (القمح، الارز، الشعير، الذرة)، ويعد محصول القمح القاسي من المحاصيل المهمة والتي تم إجراء العديد من الدراسات عليه، ومن هنا جاءت أهمية هذا البحث.

يهدف البحث إلى دراسة علاقات التوافق الوراثي بين بعض الصفات المورفوفيزيولوجية المرتبطة بالتحمل لإجهاد الجفاف، وبعض المعلمات الجزيئية في محصول القمح القاسي.

مواد البحث وطرائقه

- **المادة النباتية وسنوات الدراسة:**

دُرست ستة أصناف من القمح القاسي وهي: دوما1، شام3، شام5، حوراني، دوما3، شام9. ومن الجدير بالذكر أن الصنفين دوما3 وشام9 قد اعتُمدا عام 2010، بينما تُعَدّ الأصناف الأربعة الأخرى من أصناف القمح القاسي القديمة.
نُفذ البحث خلال موسمي 2009/ 2010 و2010/ 2011.

- **مواقع التجربة وطريقة الزراعة:**

زُرعت الأصناف المدروسة في كلٍ من مركز بحوث إزرع ومحطة بحوث قرحتا التابعين للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (سورية). حيث كانت الزراعة بعلية في مركز بحوث إزرع الذي يقع على بعد 80 كم جنوب مدينة دمشق، وعلى ارتفاع 575 م عن سطح البحر، ويسود فيه مناخ البحر المتوسط البارد والممطر شتاءً، والحار والجاف صيفاً، ويتميز بتربة حمراء طينية ثقيلة فقيرة بالمادة العضوية، تتشقق عند الجفاف، ويقع ضمن منطقة الاستقرار الثانية، إذ يبلغ متوسط الهطول المطري فيه 284 ملم سنوياً، وقد بلغت كمية الهطول المطري 327.9 و299.3 خلال موسمي الدراسة 2009/ 2010 و2010/ 2011 على التوالي.
بينما زُرعت الأصناف المدروسة تحت الظروف المروية في محطة بحوث قرحتا التي تقع على بعد 30 كم إلى الجنوب الشرقي لمدينة دمشق، على ارتفاع 633 م عن سطح البحر، وتتميز بتربة خفيفة فقيرة بالمادة العضوية تميل إلى القلوية. تقع المحطة ضمن المناطق الجافة حيث يبلغ متوسط الهطول المطري فيها 159 ملم سنوياً، لذا أعطيت التجربة 7 ريات بمعدل 40 ملم/ رية. زُرعت الأصناف المدروسة على خطوط، بلغ طول الخط 7 م، وكانت المسافة بين الخطوط 25 سم، وعدد الخطوط 6 في كل قطعة تجريبية. واعتُمدت الكثافة النباتية 300 حبة/ م^2. وفي المواعيد المعتمدة من قبل وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي في سورية بالنسبة لمحصول القمح (ما بين 11/15و12/15).

- **الصفات المدروسة حقلياً:** دُرست الصفات الحقلية التالية:

- ارتفاع النبات (سم): حُسب متوسط ارتفاع الساق الرئيسة (سم) عند النضج من سطح الأرض إلى قمة السنبلة لخمسة نباتات مختارة عشوائية من القطعة التجريبية على أن تؤخذ القراءة للسنابل الرئيسة.
- طول حامل السنبلة (سم): حُسب متوسط طول حوامل عشر سنابل مختارة عشوائياً من كل قطعة تجريبية.
- عدد الحبوب في السنبلة (حبة/ سنبلة): أُخذ متوسط عدد الحبوب لخمس سنابل مختارة عشوائياً من القطعة التجريبية.

- عدد السنابل في المتر المربع (سنبلة/ م^2): تم عد السنابل في متر طولي واحد، وتم تعديل العدد على أساس سنبلة/م^2 بضرب الناتج بالعدد 4.
- الإنتاج الحبي (كغ/هـ): استُبعد 0.25 م من بداية ونهاية كل خط في القطعة التجريبية، وحُصدت الخطوط الأربعة الداخلية فقط وحُسبت الإنتاجية على هذا الأساس وتم تحويلها إلى كغ/هـ.
- وزن 1000 حبة (غ): أُخذ متوسط ثلاث قراءات لوزن 1000 حبة من غلة كل قطعة تجريبية.
- محتوى الكلورفيل في الورقة العلمية (LC): أُخذت القراءة في مرحلة 75 وفق مقياس زادوك (Zadoks وزملاؤه، 1974)، باستخدام جهاز SPAD، حيث أُخذ متوسط ثلاث قراءات من كل قطعة تجريبية.
- محتوى الماء النسبي RWC (%): تم حسابه باستخدام المعادلة التالية:

$$RWC\% = (FW-DW)/(TW-DW) \times 100$$

حيث: FW الوزن الرطب، DW الوزن الجاف، TW الوزن المشبع

- **الدراسة الجزيئية:** نُفذت في مخابر قسم التقانات الحيوية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في عام 2011.

- استخلاص DNA:

استُخلصت DNA (Genomic DNA) من 2 إلى 3 أوراق من البادرات بعمر 3 إلى 4 أسابيع وفق ما أشار إليه Saghai- Maroof وزملاؤه (1984) (مع إجراء بعض التعديلات الطفيفة) وذلك باستخدام مادة (Cetyltrimethylammonium bromide CTAB). ثم قُدرت كمية DNA وقيمت نقاوتها باستخدام جهاز المطياف الضوئي (UV Spectrophotometer).

- التقانة الحيوية المستخدمة:

استُخدمت تقانة التتاليات البسيطة البينية المتكررة (Inter- Simple Sequence Repeats- ISSR) وهي تقانة معلمات جزيئية معتمدة على التفاعل التسلسلي البوليميرزي (PCR).

استُخدم 20 بادئاً (ISSR)، إلا أن ثماني بادئات منها فقط أظهرت تبايناً شكلياً بين الأصناف المدروسة، وبالتالي اعتُمدت في بحثنا. وقد أُجري التفاعل السلسلي البوليميرزي (PCR) باستخدام أجهزة التدوير الحراري من (Eppendorf و Euro Clone) وبحجم تفاعل كلي قدره 10 µl تضمن 4 ng من DNA (template DNA)، و800 µM من البادئ المستخدم، و200 µM من مزيج الأسس الآزوتية (dATP, dGTP, dTTP, dCTP)، وX1 من مزيج التفاعل (1XPCR Buffer)، و1.5 mM من $MgCl_2$، و0.1 U من الأنزيم Taq Polymerase. وتَكُّون البرنامج الحراري المستخدم من دورة واحدة لمدة 5 دقائق على حرارة 94 °م تلتها 35 دورة تألفت كل منها من 45 ثانية لتمسخ سلسلتي DNA (Denaturing) على حرارة 94 °م، تبعتها 45 ثانية لتشفع البادئ (Annealing) على درجة الحرارة المناسبة لتشفع البادئ المستخدم، تلاها 90 ثانية لاستطالة السلسلة الجديدة (Extension) على حرارة 72 °م، ثم أُنهي التفاعل بدورة واحدة لمدة 8 دقائق على حرارة 72 °م. ويبين الجدول 1 البادئات المستخدمة في البحث وتسلسلها النكليوتيدي ودرجة التشفع المناسبة لكلٍ منها.

الجدول 1. بادئات ISSR المستخدمة في البحث وتسلسلها النكليوتيدي، ودرجة التشفع المناسبة.

البادئ	التسلسل النكليوتيدي	درجة الالتحام
866	$(CTC)^6$	53
W814	$(CT)^8TG$	44-46
862	$(AGC)^6$	53
8565	$GTC\ (ACC)^6\ AC$	64-66
812	$(GA)^8A$	49
16	$CGT(CA)^7C$	49
17	$CAG(CA)^7C$	51-53
5	$(CA)^8GT$	48

فُصلت نواتج التفاعل السلسلي البوليميريزي (PCR) على هلامة من الآغاروز بتركيز 2% وأُضيفت مادة الإثيديوم بروماید بتركيز 0.1%، وقورنت بمؤشر قياسي لـ DNA ذي حزم ثابتة ومحددة الأوزان الجزيئية (Gene ruler 100bp plus DNA ladder).

- **تحليل النتائج:** استُخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاثة مكررات، وأُجري تحليل التباين (ANOVA)، ودُرست علاقات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة، وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي GenStat. 10، أما بالنسبة لتحليل نتائج الدراسة الجزيئية فقد تم استخدام إختبار T.Test لتحليل التوافق بين المواقع الوراثية والصفات المورفوفيزيولوجية المدروسة، وذلك باستخدم برنامج Excel.

النتائج والمناقشة

- **تحليل التباين:**

أظهرت نتائج تحليل التباين المشترك لكلٍ من الصفات تحت الدراسة وجود فروق معنوية ما بين الموقعين (ازرع الممثل للموقع الجاف، وقرحتا المروي) والأصناف والتفاعل بينهما، ويمكن أن يعود التباين إلى تأثير الجفاف على أداء الأصناف بشكل عام، (الجدول 2). فقد أوضحت النتائج وجود فروق معنوية في صفة الإنتاج الحبي بين موقعي الدراسة وكذلك بين الأصناف المدروسة. وكان الصنف دوما3 أكثر الأصناف إنتاجاً للحبوب في موقع إزرع ووصل إنتاجه الحبي إلى 4427 كغ/هـ، بينما كان الصنف شام3 أكثر الأصناف إنتاجاً للحبوب في موقع قرحتا المروي وغلّ 7336 كغ/هـ، وقد سجل الصنف حوراني أقل إنتاجية للحبوب في كلا الموقعين ووصل إنتاجه الحبي إلى 3043 و4730 كغ/هـ في موقعي إزرع وقرحتا على التوالي، حيث سبب الإجهاد المائي انخفاضاً في غلته الحبية بنسبة 36%، وكان الصنف شام3 أكثر الأصناف تأثراً بالإجهاد المائي الذي سبب انخفاضاً في إنتاجه الحبي وصل إلى 45%، بينما كان الصنف شام5 أقل الأصناف تأثراً بالإجهاد الجفافي حيث انخفض إنتاجه الحبي في الموقع الجاف (إزرع) عنه في الموقع المروي بنسبة 26%، (جدول 1). وقد ذكر محاسنة (2012) أن تراجع محتوى التربة المائي يؤدي إلى تقليل كفاءة الطرز الإشطائية والحيلولة دون تحولها إلى إشطاءات مثمرة بسبب قلة نواتج التمثيل الضوئي المتاحة، ومن ثم تشكيل عدد أقل من الإشطاءات وقلة عدد الحبوب وانخفاض الغلة الحبية. كما أظهرت النتائج تبايناً معنوياً بين موقعي الدراسة، وبين الأصناف المدروسة بالنسبة لصفة وزن 1000 حبة، ففي قرحتا حقق الصنف دوما3 أعلى قيمة لوزن 1000 حبة (55.33 غ) بينما حقق الصنف دوما1 أقل القيم (49.5 غ) في الموقع نفسه، إلا أن وزن 1000 حبة بالنسبة للصنف دوما1 وصل إلى (48.67 غ) في إزرع حيث انخفض نتيجة للإجهاد الجفافي بنسبة لا تزيد عن 2% ومحققاً بذلك أعلى قيمة لتلك الصفة في إزرع ومتفوقاً على الصنف شام3 (37.83 غ) الذي كان أكثر الأصناف تأثراً بالجفاف حيث انخفض وزن 1000 حبة له في إزرع عنه في قرحتا بنسبة 25%، (جدول 2). ويمكن أن يعزى التباين في متوسط وزن 1000 حبة بين الطرز المدروسة إلى الكفاءة العالية في تصنيع كمية أكبر من المادة الجافة ومعدل امتلاء الحبوب مما أدى إلى زيادة حجم الحبوب ودرجة امتلائها، فضلاً عن قدرة تلك الطرز على المحافظة على جهد الامتلاء (Gifford وزملاؤه، 1984). كما ويظهر الجدول 2 وجود فروق معنوية بين موقعي الدراسة بالنسبة لصفة عدد الحبوب في السنبلة، ومن الجدير بالذكر أن الصنف دوما1 أكثر الأصناف تأثراً بالإجهاد الجفافي بنسبة انخفاض وصلت حتى 55% بينما كان الصنف شام5 أقل الأصناف تأثراً بالإجهاد الجفافي بنسبة انخفاض وصلت حتى 26%. أما بالنسبة لعدد السنابل/م^2 فقد بينت النتائج وجود فروق معنوية بين موقعي الدراسة، وبين الأصناف المدروسة، وقد حقق الصنف دوما3 أعلى عدد للسنابل/م^2 في كلٍ من قرحتا وإزرع ليصل إلى 521.3 و261.7 سنبلة/م^2 في كلا الموقعين على التوالي، علماً أنه كان أقل الأصناف تأثراً بالجفاف بالنسبة لهذه الصفة بنسبة انخفاض وصلت إلى 50%، بينما حقق الصنف حوراني أقل عدد للسنابل /م^2 في كلٍ من قرحتا وإزرع ليصل إلى 414.7 و181.7 سنبلة/م^2 في الموقعين على التوالي، بنسبة انخفاض وصلت إلى 56%، وكان الصنف شام9 أكثر الأصناف تأثراً بالإجهاد الجفافي بنسبة انخفاض وصلت إلى 63%، (الجدول 2)، وهذا يعود إلى تراجع محتوى التربة المائي، مما يؤدي إلى موت العديد من الإشطاءات أو عدم تحولها إلى إشطاءات مثمرة بسبب قلة نواتج التمثيل الضوئي المتاحة (محاسنة، 2012). أما بالنسبة لصفة ارتفاع النبات فقد بلغ ارتفاع الصنف حوراني في قرحتا 98.17 سم محققاً أعلى قيمة لهذه الصفة، متفوقاً على دوما3 الذي بلغ ارتفاعه 79.63 سم في الموقع نفسه، بينما في موقع إزرع فقد كان شام5 أكثر الأصناف ارتفاعاً (83.5 سم) ودوما3 أقلها ارتفاعاً (70 سم)، علماً أن دوما1 كان أقل الأصناف تأثراً بالجفاف بنسبة انخفاض بلغت 8% بينما كان ارتفاع الصنف حوراني أكثرها تأثراً بالجفاف بنسبة انخفاض 19%، مع ملاحظة وجود

فروق معنوية بين كلٍ من المواقع والأصناف، وتُعزى زيادة ارتفاع النبات في الموقع المروي إلى زيادة كمية الماء المتاح للنباتات، والمحافظة على جهد الامتلاء داخل خلايا الساق والمحافظة على استطالة الخلايا النباتية، مما يؤدي إلى زيادة طول السلاميات ومن ثم الارتفاع النهائي للنبات (Cossgrove، 1989). وبالنسبة لصفة طول حامل السنبلة كان الصنف حوراني أكثر الأصناف تأثراً بالإجهاد الجفافي بنسبة انخفاض وصلت إلى 25%، بينما كان دوما1 أقل الأصناف تأثراً بالجفاف بانخفاض قدره 8% علماً الفروق كانت معنوية بين كلٍ من الأصناف والمواقع بالنسبة لطول حامل السنبلة، وقد بين الباحثون أن للجفاف تأثيراً كبيراً في تناقص طول حامل السنبلة وذلك بسبب تأثيره في حجم المجموع الخضري الفعال في عملية التمثيل الضوئي، ولأن استطالة الخلايا النباتية من أكثر العمليات الفيزيولوجية حساسيةً لظروف الجفاف (العودة وزملاؤه، 2008). كما لوحظ وجود فروق معنوية بين المواقع بالنسبة لصفة محتوى الكلوروفيل في الورقة العلمية، وكان شام3 أكثر الأصناف تأثراً بالإجهاد الجفافي بانخفاض وقدره 15%، بينما كان دوما3 أقل الأصناف تأثراً بالجفاف بانخفاض قدره 1% فقط. أما بالنسبة للمحتوى المائي فقد لوحظت فروق معنوية بين موقعي الدراسة، وحقق شام5 أكبر محتوى رطوبي في كلا الموقعين (87 و 71.2 % في قرحتا وازرع على التوالي)، وكان الصنف دوما3 أكثر الأصناف تأثراً بالجفاف إذ انخفض المحتوى المائي له في ازرع عنه في قرحتا بنسبة 25%، بينما كان دوما1 أقل الاصناف تأثراً بانخفاض قدره 14%، (الجدول 2).

- **دراسة علاقات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة:**

يشير الجدول 3 إلى وجود علاقات ارتباطات موجبة ومعنوية بين وزن 1000 حبة وكلٍ من ارتفاع النبات وعدد السنابل/م^2 (0.71، 0.75 على التوالي) في الموسم الأول للدراسة، وبين الإنتاج الحبي وعدد السنابل/م^2(0.78)، وبين طول حامل السنبلة وارتفاع النبات (0.88)، وبين المحتوى المائي للأوراق ووزن 1000 حبة (0.77) في الموسم الثاني، في موقع قرحتا. كما يشير الجدول 3 إلى وجود علاقات ارتباطات سالبة ومعنوية بين وزن 1000 حبة وكلٍ من محتوى الكلوروفيل وعدد الحبوب في السنبلة (-0.79، -0.88 على التوالي)، وبين ارتفاع النبات وكلٍ من الإنتاج الحبي وعدد السنابل /م^2 (-0.94، -0.75 على التوالي)، وبين طول حامل السنبلة وكلٍ من الإنتاج الحبي وعدد السنابل /م^2 (-0.91، -0.74 على التوالي)، وبين محتوى الكلوروفيل وعدد السنابل /م^2 (-0.67)، وبين المحتوى المائي للأوراق عدد الحبوب في السنبلة (-0.93) في الموسم الثاني، في قرحتا.

كما يشير الجدول 4 إلى وجود علاقات ارتباطات معنوية موجبة بين ارتفاع النبات وكلٍ من طول حامل السنبلة ومحتوى الكلوروفيل (0.82، 0.88 على التوالي) في الموسم الأول في موقع إزرع، كما يشير الجدول 4 إلى وجود علاقات ارتباطات موجبة ومعنوية بين محتوى الكلوروفيل وكلٍ من الإنتاج الحبي وعدد السنابل/م^{2}ووزن 1000 حبة (0.78، 0.76، 0.084 على التوالي)، وبين وزن 1000 حبة وكلٍ من الإنتاج الحبي وعدد السنابل /م^2 (0.84، 0.89 على التوالي) في الموسم الثاني في إزرع. وقد توافقت نتائج دراستنا لعلاقات الارتباط هذه مع عدد من الباحثين نذكر (Darwinkel، 1978؛ Jarrah، 1993؛ Nachit، 1998؛ Beharav وزملاؤه، 1998؛ مصطفى، 2010).

الجدول 2. متوسط موسمي الدراسة، المتوسط العام لكل من الأصناف والمواقع ونسبة الانخفاض، بالنسبة للصفات المدروسة.

الإنتاج الحبي كغ/هـ

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	4047	4345	4187	4125	4427	3043	B 4029
قرحتا/ متوسط	7336	5857	6553	7027	7037	4730	A 6423
متوسط عام للصنف	A 5692	A 5101	A 5370	A 5576	A 5732	B 3886	
نسبة الانخفاض%	45	26	36	41	37	36	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	**422.3	**810.7	1105.1
C.V %= 19			

ارتفاع النبات سم

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	72.83	83.5	82.67	73.67	70	80	B 81.78
قرحتا/ متوسط	84.17	94.67	90.5	79.83	79.67	98.17	A 87.83
متوسط عام للصنف	C 79.83	A 94.17	B 88.42	C 78.42	C 77.83	B 90.17	
نسبة الانخفاض%	13	12	9	8	12	19	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	3.64*	**3.918	*5.965
C.V %= 5.6			

وزن 1000حبة غ

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	37.83	44.83	45.17	48.67	43.33	38.67	B 43.08
قرحتا/ متوسط	50.17	54	52.33	49.5	55.33	50.33	A 51.94
متوسط عام للصنف	B 44	A 49.42	A 48.75	A 49.08	A 49.33	B 44.5	
نسبة الانخفاض%	25	17	14	2	22	23	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	**2.91	*4.084	5.827
C.V %= 10.4			

طول حامل السنبلة سم

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	25.92	36.08	30.42	28.67	29.33	33	B 30.57
قرحتا/ متوسط	32.87	43.13	33.86	31.22	38.68	43.8	A 37.26
متوسط عام للصنف	C 29.39	A 39.61	BC 32.14	C 29.94	B 34.01	A 38.4	
نسبة الانخفاض%	21	16	10	8	24	25	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	*4.946	**3.49	6.337
C.V %= 12.5			

عدد الحبوب/ سنبلة

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	22	25	25	18	21	21	B 22.03
قرحتا/ متوسط	39	34	39	40	35	36	A 36.22
متوسط عام للصنف	31	30	32	29	28	28	
نسبة الانخفاض%	43	26	35	55	40	43	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	**1.999	4.832	6.456
C.V %=19.7			

محتوى الكلورفيل في الورقة العلمية

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	45.67	50.67	48.5	48.67	49.17	46.33	B 48.17
قرحتا/ متوسط	54	54.67	55.33	54.83	49.5	53.33	A 53.61
متوسط عام للصنف	49.83	52.67	51.92	51.75	49.33	49.83	
نسبة الانخفاض%	15	7	12	11	1	13	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	**1.843	3.407	4.663
C.V %=8.1			

عدد السنابل /م2

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	220.8	204.7	189.7	222.3	261.7	181.7	B 213.5
قرحتا/ متوسط	498.7	464.7	515.3	458	521.3	414.7	A 478.8
متوسط عام للصنف	AB 359.8	AB 334.7	AB 352.5	AB 340.2	A 391.5	B 298.2	
نسبة الانخفاض%	56	56	63	51	50	56	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	44.19**	*57.01	**82.78
C.V %= 20			

المحتوى المائي%

	شام3	شام5	شام9	دوما1	دوما3	حوراني	متوسط عام للموقع
إزرع/ متوسط	67.8	71.2	64	68.2	62.2	68.5	B 66.97
قرحتا/ متوسط	80.2	87	82.8	79.3	82.7	80.8	A 82.14
متوسط عام للصنف	74	79.1	73.4	73.8	72.4	74.7	
نسبة الانخفاض%	15	18	23	14	25	15	

	المواقع	الاصناف	اصناف × مواقع
L.S.D	**6.771	6.45	10.22
C.V %= 10.5			

** الفروق معنوية على مستوى الدلالة الاحصائية 1%، * الفروق معنوية على مستوى الدلالة الاحصائية 5%- الأحرف المتباينة تشير إلى وجود فروق معنوية.

الجدول3. معاملات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة في موقع قرحتا.

معاملات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة (موقع قرحتا- الموسم الأول)							
	المحتوى المائي	محتوى الكلوروفيل	طول حامل السنبلة	ارتفاع النبات	الإنتاج الحبي	عدد السنابل/م^2	عدد الحبوب في السنبلة
محتوى الكلوروفيل	0.47						
طول حامل السنبلة	0.33	0.22					
ارتفاع النبات	0.52	0.41	-0.15				
الإنتاج الحبي	-0.24	0.37	-0.02	-0.62			
عدد السنابل/م^2	0.58	0.15	0.01	0.19	0.06		
عدد الحبوب في السنبلة	-0.08	0.11	-0.56	-0.25	0.64	0.55	
وزن 1000 حبة	0.48	0.13	-0.21	0.71*	-0.45	0.75*	0.24
معاملات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة (موقع قرحتا- الموسم الثاني)							
	المحتوى المائي	محتوى الكلوروفيل	طول حامل السنبلة	ارتفاع النبات	الإنتاج الحبي	عدد السنابل/م^2	عدد الحبوب في السنبلة
محتوى الكلوروفيل	-0.48						
طول حامل السنبلة	0.42	0.06					
ارتفاع النبات	0.42	0.15	0.88*				
الإنتاج الحبي	-0.20	-0.27	-0.91*	-0.94*			
عدد السنابل/م^2	-0.10	-0.67*	-0.74*	-0.75*	0.78*		
عدد الحبوب في السنبلة	-0.93*	0.59	-0.35	-0.28	0.04	0.01	
وزن 1000 حبة	0.77*	-0.79*	0.05	-0.13	0.31	0.39	-0.88*

* علاقة الارتباط معنوية على مستوى الدلالة الإحصائية 5%.

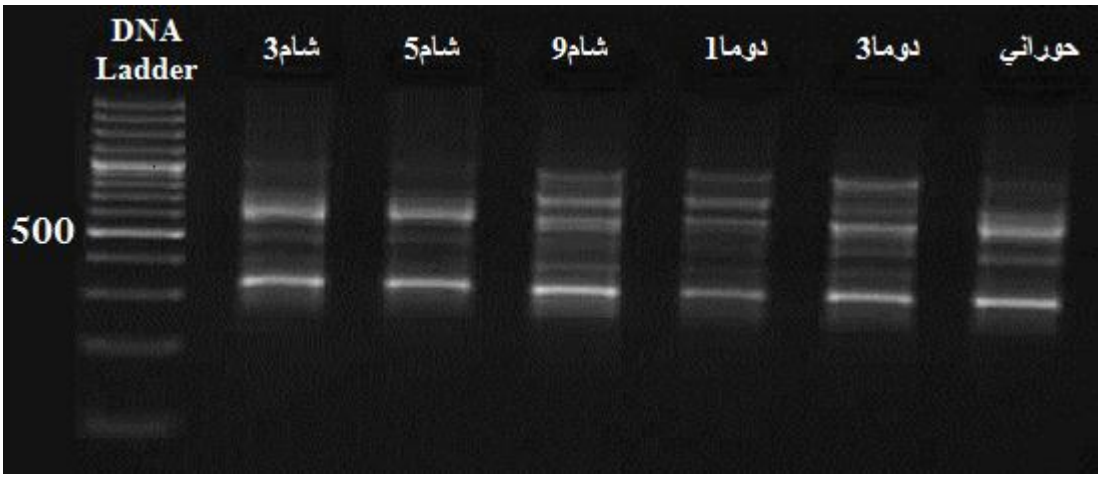
الجدول 4. معاملات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة في موقع إزرع.

معاملات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة (موقع إزرع- الموسم الأول)							
	المحتوى المائي	محتوى الكلوروفيل	طول حامل السنبلة	ارتفاع النبات	الإنتاج الحبي	عدد السنابل/م^2	عدد الحبوب في السنبلة
محتوى الكلوروفيل	-0.21						
طول حامل السنبلة	0.53	0.70					
ارتفاع النبات	0.15	0.88*	0.82*				
الإنتاج الحبي	-0.15	0.53	0.22	0.42			
عدد السنابل/م^2	-0.47	-0.32	-0.58	-0.71	0.17		
عدد الحبوب في السنبلة	0.13	0.47	0.49	0.67	0.40	-0.49	
وزن 1000 حبة	-0.04	0.50	0.30	0.47	0.20	-0.35	-0.28
معاملات الارتباط بين الصفات الحقلية المدروسة (موقع إزرع- الموسم الثاني)							
	المحتوى المائي	محتوى الكلوروفيل	طول حامل السنبلة	ارتفاع النبات	الإنتاج الحبي	عدد السنابل/م^2	عدد الحبوب في السنبلة
محتوى الكلوروفيل	0.33						
طول حامل السنبلة	0.36	0.03	0.55				
ارتفاع النبات	0.44	0.23	0.63				
الإنتاج الحبي	-0.26	0.78*	-0.40	-0.12			
عدد السنابل/م^2	0.37	0.76*	0.32	0.40	0.57		
عدد الحبوب في السنبلة	-0.28	0.32	-0.08	0.51	0.56	0.45	
وزن 1000 حبة	0.09	0.84*	-0.02	0.02	0.84*	0.89*	0.41

* علاقة الارتباط معنوية على مستوى الدلالة الإحصائية 5%.

- الدراسة الجزيئية:

نتج عن بادئات (ISSR) الثماني المستخدمة 21 مؤشراً جزيئياً (موقع وراثي) اعتُمدت في دراستنا. ويبين الشكل 1 صورة هلامة الآغاروز بعد تحميلها بنواتج التفاعل السلسلي البوليميريزي (PCR) للبادئ (ISSR 812) وإجراء الترحيل الكهربائي.



الشكل 1. صورة لهلامة الآغاروز بعد إجراء الترحيل الكهربائي لنواتج التفاعل (PCR) للبادئ 812.

لدى إجراء إختبار T.Test لتحليل التوافق بين المواقع الوراثية والصفات المورفوفيزيولوجية المدروسة تبين ما يلي:

- بلغ عدد العلاقات المدروسة 336 علاقة (21 موقعاً وراثياً × 8 صفات مدروسة × 2 موقع للدراسة)، تم انتخاب علاقات التوافق المعنوية فقط فبلغ عددها 75 علاقة ارتباط.
- يلاحظ من خلال الجدول 5 أن 18 علاقة توافقية كانت ضمن صفة عدد الحبوب/ السنبلة، و12 ضمن صفتي عدد السنابل/ م^2 ووزن 1000 حبة، و11 لصفة ارتفاع النبات، و10 لطول حامل السنبلة، كذلك 6 لصفة محتوى الكلوروفيل في الورقة العلمية، و4 للغلة الحبية، واثنتان فقط للمحتوى المائي، ومن الجدير بالذكر أن قيم معامل الارتباط كانت معنوية وعالية فتراوحت بين 0.8 و1 وذلك بالنسبة لجميع العلاقات التوافقية وهو ما يدل على الارتباط الوثيق بين المواقع الوراثية والصفات المدروسة.

الجدول 5. قيم معامل الارتباط بين الصفات المدروسة والمواقع الوراثية التي أظهرت علاقة توافق معها.

عدد المواقع	الصفة	الموقع الوراثي	الاحتمالية	معامل الارتباط
1	الأنتاج الحبي	862/834	***	1
2		812/1044	***	1
3		812/1000	***	1
4		812/725	***	1
1	عدد السنابل/م2	862/864-إزرع	**	1
2		862/834	***	1
3		862/459	**	0.9
4		812/1044	***	1
5		812/1000	***	1
6		812/725	***	1
7		5/836	**	0.9
8		862/864-قرحتا	**	0.9
9		866/760	***	1
10		866/497	**	0.8
11		812/500	***	1
12		17/463	***	0.8
1	عدد الحبوب في السنبلة	862/834-إزرع	**	0.9
2		862/459	**	0.8
3		812/1044-إزرع	**	0.9

عدد المواقع	الصفة	الموقع الوراثي	الاحتمالية	معامل الارتباط
4	عدد الحبوب في السنبلة	812/1000-إزرع	**	0.9
5		812/725	**	0.9
6		5/836	**	0.8
7		862/864-قرحتا	***	1
8		862/342	**	0.9
9		866/589	**	0.9
10		866/300	**	0.9
11		w814/272	***	1
12		16/713	***	1
13		8565/1141	**	1
14		812/1044-قرحتا	***	1
15		812/1000-قرحتا	***	1
16		17/1059	***	0.8
17		5/755	**	0.9
18		5/700	**	
1	وزن 1000 حبة	866/760	**	1
2		812/500	**	1
3		17/463	**	1
4		862/864	**	1
5		862/834	**	0.9
6		862/342	**	0.8
7		866/300	**	0.9
8		8565/1141	**	0.9
9		812/1044	**	0.9
10		812/1000	**	0.9
11		812/725	**	0.9
12		17/1059	**	0.9
1	المحتوى المائي	862/459	**	0.9
2		5/836	**	0.9
1	محتوى الكلوروفيل	862/864	***	1
2		862/459	**	0.9
3		866/300	**	0.9
4		8565/1141	**	0.8
5		17/1059	**	0.8
6		5/836	**	0.9
1	طول حامل السنبلة	862/864-إزرع	**	0.9
2		862/459	**	0.8
3		866/300	**	0.9
4		5/836	**	0.8
5		862/864-قرحتا	**	0.9
6		862/834	***	1
7		866/300	**	0.8
8		812/1044	***	1
9		812/1000	***	1
10		812/725	***	1
1	ارتفاع النبات	862/459	**	0.9
2		w814/272	**	0.9
3		16/713	**	0.9
4		5/836	**	0.9
5		5/755	**	0.9
6		5/700	**	0.9
7		862/834	**	0.8
8		866/497	**	0.9
9		812/1044	**	0.9
10		812/1000	**	0.9
11		812/725	**	0.9

*** الارتباط معنوي عند مستوى المعنوية P<0.001

**الارتباط معنوي عند مستوى معنوية P< 0.01

- تراوح عدد المواقع المتوافقة مع الصفات المدروسة من موقعين مرتبطين مع صفة للمحتوى المائي إلى 18 موقعاً وراثياً مرتبطاً بصفة عدد الحبوب في السنبلة، وتتشابه هذه النتيجة مع النتائج التي حصل عليها Roy وزملاؤه (2006).
- كذلك يتبين من الجدول 5 وجود أكثر من موقع مسؤول ومرتبط مع الصفات المدروسة، ويعود ذلك لكون هذه الصفات كمية وليست نوعية، أي يتحكم بها عدد من المورثات وليس مورثاً واحداً (معلا وحربا، 2005) مما يدل على وجود الأثر التراكمي للمورثات المختلفة في ظهور الصفات المدروسة. وعلى سبيل المثال إن صفة عدد الحبوب في السنبلة قد أظهرت ترابطاً وتوافقاً معنوياً مع 18 موقعاً وراثياً.
- على الرغم من أن الأصناف المدروسة تضم أصنافاً محسنة ناتجة عن برامج تربية إلا أن دراستنا هذه أعطت نتائج جيدة، من حيث إظهار علاقات الترابط والتوافق بين المواقع الوراثية والصفات المدروسة، ويعود هذا لأن الصفات المدروسة هي صفات كمية وذات معامل توريث منخفض، كصفة الغلة، ولكون الأصناف المدروسة ذات ثباتية وراثية بالنسبة لهذه الصفة، ومتأقلمة مع الظروف البيئية المحلية، ويمكن الاعتماد على طريقة الانتخاب بمساعدة المعلمات الجزيئية MAS (Marker assisted selection)، ولا سيما للصفات ذات معامل التوريث المنخفض مما يتيح للمؤشر الوراثي المرافق الكشف عن مستوى التغايرات الوراثية كما ذكر Lande وThompson (1990). ويمكن الاستفادة من هذه المعلومات ضمن برامج التربية بهدف تسريعها واختصار الزمن اللازم لانتخاب تراكيب وراثية تحتوي على الصفة المرغوبة، إذ يمكن باستخدام المعلمات المساعدة للانتخاب إثبات وجود الصفة المرغوبة في المراحل الأولى لنمو للنبات وبالتالي إهمال السلالات التي لاتحملها.

الاستنتاجات والتوصيات

- تباين أداء الأصناف المدروسة بالنسبة للصفات الحقلية بين موقعي الدراسة المروي والجاف. حيث تأثرت الصفات المدروسة بشكل عام بالإجهاد الجفافي وبنسب انخفاض متفاوتة.
- وجدت علاقات ارتباط معنوية موجبة وسالبة بين الغلة ومكوناتها، إضافةً إلى علاقات ارتباط معنوي بين مكونات الغلة وكلٍ من ارتفاع النبات وطول حامل السنبلة والمحتوى المائي ومحتوى الكلورفيل في الورقة العلمية.
- وجود توافق وراثي وترابط بين الصفات المدروسة وبين المواقع الوراثية وبنسب متفاوتة، مع ملاحظة وجود أكثر من موقع مرتبط مع الصفات المدروسة كون هذه الصفات كمية، مما يدل على وجود الأثر التراكمي للمورثات المختلفة في ظهور الصفات المدروسة.
- التأكيد على الصفات المدروسة كالغلة ومكوناتها والمحتوى الرطوبي ومحتوى الورقة العلمية من الكلوروفيل، كصفات مهمة في عمليات الانتخاب الهادفة إلى تحسين محصول القمح تحت ظروف الإجهاد الجفافي.
- استخدام المواقع الوراثية التي أظهرت ارتباطاً بالمواصفات المدروسة (صفات محددة للغلة) في تطوير فعالية برنامج تربية النبات، من خلال الانتخاب غير المباشر، باستخدام المعلمات الجزيئية المرتبطة بصفات مهمة بسيطة أو كمية، وهي غير متأثرة بالبيئة ويمكن اعتمادها في مرحلة نمو النبات المبكرة.

المراجع

- **العودة، أيمن، ومحمود صبوح، وماجد مهلهل**. 2008. تحديد المراحل الحرجة للإجهاد المائي في بعض طرز القمح القاسي. المجلة العربية للبيئات الجافة. 1: 18-30.
- **المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية**. 2013. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.
- **محاسنة، حسين**. 2012. تقييم أداء أصناف من القمح لتحمل الجفاف في ظروف مدينة دمشق. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. (28)2: 127-141.
- **مصطفى، علا**. 2010. الربط بين الجينات المتعلقة بتحمل الجفاف مع بعض الصفات المورفوفيزيولوجية باستخدام تقانة المايكروستاليت في القمح القاسي. رسالة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة حلب، الجمهورية العربية السورية.
- **معلا، محمد يحيى، نزار حربا**. 2005. تربية المحاصيل الحقلية، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.
- **Aliyev, R.T., M.A. Abbasov, and A.C. Mammadov**. 2007. Genetic identification of diploid and tetraploid wheat species with RAPD markers. Turkish Journal of Biology, 31:173-180.

- **Araus, J.L.** 1996. Integrative physiological criteria associated with yield potential. In M.P. Reynolds, S. Rajaram & A. McNab, eds. Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. Workshop Proc., Cd. Obregon, Mexico, 28-30 Mar. 1996, p. 150-166. Mexico, DF, CIMMYT.
- **Bazzaz, F. A., D. D. Ackerly, and E. G. Reekie**. 2000. Reproductive allocation in plants. In M. Fenner, ed. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. Oxon, U.K.: CABI. Pp. 1–29.
- **Beharav, A., A. Cahaner and M. J. Pinthus**. 1998. Genetic correlations between calm length, grain yield and seedling elongation within tall (rht1) and semi-dwarf (Rth1) spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Eur. J. Agron, 9: 35-40.
- **Carvalho A., J. Lima-Brito, B. Maçãs and H. Guedes-Pinto**. 2009. Genetic Diversity and Variation Among Botanical Varieties of Old Portuguese Wheat Cultivars Revealed by ISSR Assays. Biochemical Genetics, 47: 276-294.
- **Cossgrove, D. J**. 1989. Characterization of long term extension of isolated cell walls from growing cucumber hypocotyls. Planta, 177:121.
- **Deshmukh, R., N.S. Tomar, N. Tripathi, and N. Tiwari**. 2012. Identification of RAPD and ISSR markers for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Physiol Mol Biol Plants, 18(1):101–104.
- **Drawinkel, A**. 1978. Pattern of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. Neth. J. Agic. Sci., 26:383-398.
- **Elouafi, I. and M. M. Nachit**. 2004. A genetic linkage map of the Durum × *Triticum dicoccoides* backcross population based on SSRs and AFLP markers, and QTL analysis for milling traits. TAG Theoretical and Applied Genetics, 108 (3): 401-413.
- **Gifford, R. M., W.D. Thorne and R. D. Giaquinta**. 1984. Crop productivity and photo-assimilate portioning. Sciences, 225: 801-808
- **Jarrah, M**. 1993. Variability of morph-physiological and quality traits of Mediterranean durum wheat landraces. M. Sc. Chukorova Univ. Turkey.
- **Joshi, C.P. and H.T. Nguyen**. 1993a. Application of random amplified polymorphic DNA technique for detection of polymorphism among wild and cultivated tetraploid wheats. Genome, 36:602-609.
- **Joshi, C.P. and H.T. Nguyen.** 1993b. RAPD (random amplified polymorphic DNA) analysis based on intervarietal genetic relationships among hexaploid wheats. Plant Science, 93:95-103.
- **Lande, R. and R. Thompson**. 1990. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. Genetics, 124: 743-756
- **Mangini, G., A. Calandro, P. Rubino, A. Gadaleta, A. Signorile, and A. Blanco**. 2005. Yield components and adaptive traits in a segregant population of durum wheat under drought conditions. Proceedings of the XLIX Italian Society of Agricultural Genetics Annual Congress Potenza, Italy – 12/15 September, 2005.
- **Moragues M., L.F. Garcia Delmoral, M. Moraljo, and C. Royo**. 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.

- **Motawei, M.I., A.A. Al-Doss, and K.A. Moustafa.** 2007. Genetic diversity among selected wheat lines differing in heat tolerance using molecular markers. Journal of Food, Agriculture and Environment, 5(1):180-183.
- **Nachit, M.M**. 1998. Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region. In: M.M. Nachit, M. Baum, E. Porceddu, P. Monneveux and E. Picard: SEWANA. (South Europe, West Asia and North Africa) Durum Research Network. Proceedings of the SEWANA Durum Network Workshop, Syria, 1-15.
- **Nachit, M.M., P. Monneveux, J.L. Araus, and ME. Sorreles**. 2000. Relationship of dry land productivity with some molecular markers for possible MAS in Durum (*Triticum turgidum* L.var. durum). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. CIHEAM, IRTA, CIMMYT, ICARDA, 206 – 203.
- Pradeep Reddy M., N. Sarla, and E.A. Siddiq. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. Euphytica, 28: 9-17.
- **Ratnaparkhe, M.B., D.K. Santra, A. Tullu, and F. J. Muehlbauer**. 1998. Inheritance of inter-simple-sequence-repeat polymorphism and linkage with Fusarium wilt resistance gene in chickpea. Theor. Appl. Genet, 96: 348-353.
- **Roy, J.K., R. Bandopadhyay, S. Rustgy, H.S. Balyan and P.K. Gupta**. 2006. Association analysis of agronomically important traits using SSR, SAMPL and AFLP markers in bread wheat. Current Science, 90: 683-689.
- **Royo C., A. Michelene, J.M. Carrillo, P. Garcia, J. Juan-Aracil, C. and Soler.** 1998. Spanish durum wheat breeding program in: M.M. Nachit, M. Baum, E. Porceddu, P. Monneveux and E. Picard: SEWANA. (South Europe, West Asia and North Africa) Durum Research Network. Proceedings of the SEWANA Durum Network Workshop. Syria, 80–87.
- **Saghi- Maroof, M.A., K. M. Soliman, R.A. Gorgensen, and R.W. Allard**. 1984. Ribosomal DNA spacer length polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location and population dynamics. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 81: 8014-8018.
- **Slafer, G. A., D.F. Galderini, and D.J. Miralles**. 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In: Reynolds et al., ed. Increasing Yield Potential in Wheat: breaking the barriers. Mexico D. F. CIMMYT.
- **Tatikonda L., Wani S.P., Kannan S., Beerelli N., Sreedevi T.K., Hoisington D.A., Devi P., Varshney R.A**. 2009. AFLP- baseed molecular characterization of an elite germplasm collection of *Jatropha curcas* L., a biofuel plant. Plant Sci., 176, 505-513.
- **Vaillancourt A., Nkongolo K.K., Michael P., Mehes M**. 2008. Identification, characterization, and chromosome locations of rye and wheat specific ISSR and SCAR markers useful for breeding purposes. Euphytica, 159, 297-306.
- **Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak**. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. Weed Res, 14: 415–421.

N° Ref: 582