آلية توريث بعض الصفات الكمية في الفول باستخدام التهجين نصف التبادلي

Inheritance of some Quantitative Traits in Faba Bean (*Vicia faba* L.) Using Half Diallel Crosses

م. كفاح غرز الدين[1] د. بولص خوري[1] د. فؤاد معلوف[2] د. سمير الأحمد[3]

Kifah Gharzeddin[1] Boulos Khoury[1] Fouad Maalouf[2] Samir AL-Ahmad[3]

dr_samirr@yahoo.com

(1) كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(1) Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(2) المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، ايكاردا.

(2) BIGMP, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, ICARDA.

(3) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث المحاصيل، سورية.

(3) Researcher. G.C.S.A.R. Crops Department, Syria.

الملخص

نُفِّذ التهجين نصف التبادلي بين ست سلالات مرباة داخلياً من الفول في محطة بحوث تربل التابعة للمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة/ايكاردا (لبنان) خلال الموسم الزراعي 2014/2013، ثم زُرعَت بذور الجيل الأول F1 مع السلالات الأبويّة الست في الموسم الثاني 2015/2014 وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات، بهدف تقدير القدرة العامة والخاصة على التوافق لكل من صفات الغلة البذرية، ووزن الـ 100 بذرة، وعدد البذور في القرن، وعدد البذور على النبات، وعدد الأيام حتى الإزهار.

كان تباين السلالات والهجن عالي المعنوية لجميع الصفات المدروسة، وأظهرت القدرة العامة والخاصة على التوافق تبايناً معنوياً في جميع الصفات عدا تباين القدرة العامة على التوافق لصفة عدد البذور على النبات، ويبيّن ذلك إسهام كلّ من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة معظم الصفات المدروسة. بينت نسبة تباين القدرة العامة على الإئتلاف إلى تباين القدرة الخاصة على الإئتلاف ($\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$) سيطرة الفعل الوراثي اللاإضافي على وراثة صفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد البذور على النبات، وعدد البذور في القرن، والغلة البذريّة، في حين سيطر الفعل الوراثي الإضافي على وراثة صفة وزن 100 بذرة.

سجّلت الآباء P_1 (Riena planca) وP_2 (Aquadolce) قدرةً عامةً جيدةً على التوافق لصفة الغلة البذرية، وأظهرت أربعة هجن قدرة خاصة جيدة على التوافق لصفة الغلة البذرية كان أفضلها الهجين (Riena planca × Aquadolce).

الكلمات المفتاحية: الفول، التهجين نصف التبادلي، القدرة العامة والخاصة على التوافق.

©2019 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

ISSN:2305 - 5243 ; AIF-177 (p.8 -18)

Abstract

A half diallel set of crosses among six inbred lines of faba bean has performed at Terbol research station (ICARDA- Lebanon)، during 2013/2014 season to study the combining ability effects for the following traits: seed yield، 100 seed weight، seeds per plant، seeds per pod and days to flowering.

The variance of lines and crosses was highly significant for all studied traits. General (GCA) and specific (SCA) combining ability variance was significant for all studied traits except GCA mean squares for seeds per plant. The $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ ratios were detected for all traits under research and showed that additive gene action was more important than non-additive gene action in controlling hundred seed weight trait، while results indicated that days to flowering, no. of seeds per plant, no. of seeds per pod and seed yield traits were controlled by non-additive gene action.

Two parental lines P_1 (Riena planca) and P_2 (Aquadolc) recorded good general combining ability for seed yield trait. Four hybrids showed good specific combining ability for seed yield, the cross $P_1 \times P_2$ (Aquadolce × Riena planca) considered the best for seed yield.

Keywords: Faba bean, Half diallel cross, General and specific combining ability.

المقدمة

ينتمي الفول المزروع *Vicia faba* L. إلى رتبة البقوليات Leguminosales والفصيلة الفولية Fabaceae، وهو محصول ذاتي التلقيح، تتراوح فيه نسبة التلقيح الخلطي بين 4 و 84 % (Bond وPoulsen، 1983)، يُعتقَد أن الموطن الأصلي للفول هو منطقة الشرق الأوسط، ومنها انتشر إلى أوربا وشمالي أفريقيا ووسط آسيا، كما عُرف الفول في الصين منذ نحو 2000 عام، وانتشر منها إلى أمريكا الجنوبية، ثم كندا واستراليا في العصر الحديث (Matthews و Marcellos، 2003)، يُزرع الفول من أجل الحصول على قرونه الخضراء، وبذوره الخضراء أو الجافة، المُستخدمة في تغذية الإنسان (البلقيني، 2007)، ويُعَد أحد المحاصيل المُهمّة في الدورة الزراعية نظراً لقدرته على تثبيت الآزوت الجوي بوساطة بكتريا العقد الجذرية، وتتراوح كمية الأزوت المُثَبّتة سنويّاً بوساطة جذور النبات من 178 إلى 251 كغ.هكتار$^{-1}$ سنوياً (Maalouf، 2010)، وازدادت المساحة المزروعة بالفول في السنوات الأخيرة، ورافق ذلك زيادة الإنتاج في وحدة المساحة، وبلغت المساحة المزروعة لإنتاج الفول الحب في العالم عام 2013 قُرابة 2.1 مليون هكتار، أنتجت نحو 3.5 مليون طن، بمردود بلغ 1.7 طن.هكتار$^{-1}$، وتأتي الصين في المركز الأول عالمياً من حيث المساحة المزروعة (922 ألف هكتار)، والإنتاج (1.58 مليون طن)، في حين سجّلت الأرجنتين المردود الأعلى في وحدة المساحة (8.8 طن.هكتار$^{-1}$) (FAOstat، 2013). بلغت المساحة المزروعة في سورية لإنتاج الفول الحب 14933 هكتاراً، أعطت إنتاجاً قدره 30.99 طناً، بمردود بلغ 2.08 طن.هكتار$^{-1}$، وتأتي محافظة حلب في المركز الأول من حيث المساحة المزروعة لإنتاج الفول الحب، تليها درعا، ثم حمص وإدلب، كما بلغت المساحة المزروعة في سورية لإنتاج الفول الأخضر 3610 هكتارات، أعطت إنتاجاً قدره 31.99 طناً، وبمردود بلغ 8.86 طن.هكتار$^{-1}$ (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2013).

يعبّر مفهوم القدرة على التوافق (Combining ability) عن المقدرة النسبية لسلالة ما مرباة ذاتيّاً على نقل صفات خاصة أو مرغوبة للهجن الناتجة عنها عند تهجينها مع سلالة أخرى (Chaudhari، 1971)، عُرِّفت كلّ القدرة العامة (GCA) والخاصة (SCA) على التوافق لأول مرة من قبل Sprague و Tatum (1942)، إذ تشير القدرة العامة على التوافق إلى متوسط سلوك السلالة في هجنها، في حين تَصف القدرة الخاصة على التوافق حالة تهجين سلالة مُحدّدة مع كل سلالة إن كان أفضل أو أسوأ نسبياً مما هو متوقع بناءً على متوسط سلوك السلالات الداخلة في التهجينات، وتتضمّن قابلية الخلط العامة الفعل المُتجمّع للمورثات (additive)، والتفوق من نوع الفعل المتجمع للمورثات (additive by additive)، في حين تُشير قابلية الخلط الخاصة إلى السيادة و أشكال التفوق كافةً (Matzinger، 1963). درس Kitiki وDemir (1987) آلية توريث بعض مكوّنات الغلة في عدة سلالات من الفول، وبيّنوا أنَّ الفعل الوراثي اللاإضافي يتحكّم بالعديد من الصفات المهمة مثل عدد القرون والبذور على النبات، والغلة البذرية، بينما يسيطر الفعل الوراثي الإضافي على صفات ارتفاع النبات ووزن 100 بذرة. أشار El-Harty (2007) إلى أنَّ تأثيرات الفعل الوراثي الإضافي كانت أقل من تأثيرات الفعل الوراثي اللاإضافي بالنسبة لصفة الغلة ومكوناتها باستثناء صفة وزن 100 بذرة. أجرى El-Refaey (1998) دراسة على ستة آباء من الفول وهجُنها نصف التبادليّة ووجد أن الفعل الوراثي اللاإضافي أكثر أهميّةً من الفعل الوراثي الإضافي في توريث صفات عدد البذور والأفرع على النبات، وارتفاع النبات. وأظهرت صفة عدد الأيام حتى الإزهار تأثيرات (إضافية * سيادية) و(سيادية * سيادية) سالبة ومعنوية، ما يشير إلى أهمية الفعل الوراثي اللاإضافي في توريث هذه الصفة (الفهادي، 2009). قيّم Ibrahim (2010) 28 طرازاً وراثياً من الفول (سبعة آباء وهجنها نصف التبادلية) بالنسبة لصفات الغلّة، وبيّن Wonda

وزملاؤه (2004) وجود تباينات وراثيّة معنويّة بين الطرز المدروسة بالنسبة لصفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد الأيام حتى النضج، وارتفاع النبات، وعدد العقد القرنية، ووزن البذور، كما وجد El-Hosary (1984) تباينات معنوية بين كل من الآباء والهجن لصفات الغلة البذريّة، وطول القرن، وعدد الأفرع والقرون على النبات عند دراسة التباين الوراثي بين سبعة آباء من الفول وهجنها نصف تبادلية. درس Farag (2007) القدرة على التوافق وقوة الهجين، وآلية توريث صفات الغلة ومكوناتها لتسعة آباء من الفول وأفراد الجيل الأول، إذ أشارت النتائج إلى وجود تباينات معنويّة كبيرة بين الآباء وأفراد الجيل الأول لجميع الصفات المدروسة، كما بيّنت النتائج أهميّة الفعل الوراثي اللاإضافي في وراثة كلّ من صفات عدد البذور في القرن، وعدد القرون على النبات، إذ سجّلت هذه الصفات درجة سيادة أكبر من الواحد.

هدف البحث: يهدف البحث إلى دراسة آليّة توريث صفات الغلة البذريّة، ووزن 100 بذرة، وعدد البذور في القرن، وعدد البذور على النبات، وعدد الأيام حتى الإزهار في ستة تراكيب وراثية من الفول وهجنها نصف التبادلية، وذلك من خلال تقدير القدرة العامة (GCA) والخاصة (SCA) على التوافق، ودرجة السيادة.

مواد البحث وطرائقه

أُجريت الدّراسة على ست سلالات من الفول مُرباة داخليّاً Inbred lines ومتباعدة وراثياً هي:

Riena planca، Aquadolce، ICARUS، Ascot، WRB_{1-3}، F6/1807/03 (الجدول 1)، تم الحصول عليها من البنك الوراثي للمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا). نُفّذ البحث في حقول محطة بحوث تربل التابعة لايكاردا/ لبنان. خلال موسمين زراعيين (2014/2013 و2015/2014). تم إجراء التهجين نصف التبادلي بين السلالات خلال الموسم الأول، للحصول على البذور الهجينة لخمسة عشر هجيناً فردياً، وزُرعت بذور الجيل الأول (F_1) مع السلالات الأبويّة الست، بالإضافة إلى شاهد المقارنة (حماة 1) في الموسم الثاني، وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (Randomized Complete Block Design) وبثلاثة مكررات، إذ زرع كلّ طراز وراثي في أربعة خطوط بطول 4 م لكل خطّ، ومسافة 50 سم بين الخط والآخر و15 سم بين نباتات الخط الواحد، أُجريَت العمليات الزراعية المُوصى بها كافةً من عزيق وري وتسميد، وسُجّلَت القراءات الحقلية على خمسة نباتات مُحاطة لكلّ من الصفات التالية:

1 - الغلة البذرية (كغ/هكتار): تم قياس هذه الصفة عن طريق وزن البذور الجافة الناتجة عن كل قطعة تجريبية (غرام/قطعة تجريبية)، ثم تحويلها إلى كغ/هكتار.

2 - وزن 100 بذرة (غرام): ويمثل متوسط وزن 100 بذرة لخمس عينات من كل قطعة تجريبية.

3 - عدد البذور على النبات (بذرة): عن طريق قياس متوسط عدد البذور على النبات لخمسة نباتات من كل قطعة تجريبية.

4 - عدد البذور في القرن (بذرة): وذلك بأخذ متوسط عدد البذور في القرن لعيّنة مؤلفة من عشرين قرناً مأخوذة من كل قطعة تجريبية.

5 - عدد الأيام حتى الإزهار: تم قياس هذه الصفة عند ظهور الزهرة الأولى على 50 % من نباتات القطعة التجريبية.

الجدول1. نسب السلالات الأبويّة المُستخدمة في عملية التهجين.

الرمز	السلالة	النسب	المنشأ
P_1	Riena Planca	ILB1270	ايكاردا
P_2	Aquadolce	ILB1266	اسبانيا
P_3	ICARUS	BPL710	ايكاردا
P_4	Ascot	ILB1593	ايكاردا
P_5	WRB_{1-3}	ILB1270 x WFL	انكلترا
P_6	F6/1807/03	S98-023/Fam783-1/02	ايكاردا

جُمعت البيانات للقراءات كافةً، وبُوبت باستخدام برنامج Excel، إذ تمّ حساب القدرة العامة (GCA)، والخاصة (SCA) على التوافق، وتأثيرات كلّ منها باستخدام الطريقة الثانية (Method2) الموديل الثاني (Model2) للعالم Griffing (1956):

- **مجموع مربعات القدرة العامة على الائتلاف:**

$$S.S.\,due\ to\ gca = \frac{1}{p-2}\sum Y_{i.}^2 - \frac{4}{p(p-2)}Y_{..}^2$$

p : عدد السلالات الأبوية.

$\sum Y_{i.}^2$: مجموع مربعات مجموع متوسطات هجن السلالة i.

$Y_{..}^2$: مربع المجموع الكلّي.

- **مجموع مربعات القدرة الخاصة على الائتلاف:**

$$S.S.\,due\ to\ sca = \sum\sum Y_{ij}^2 - \frac{1}{p-2}\sum Y_{i.}^2 + \frac{2}{(p-1)(p-2)}Y_{..}^2$$

p : عدد السلالات الأبوية.

$\sum Y_{ij}^2$: مجموع مربعات متوسط كلّ هجين.

$\sum Y_{i.}^2$: مجموع مربعات مجموع متوسطات هجن السلالة i.

$Y_{..}^2$: مربع المجموع الكلّي.

- **نسبة تباينات القدرة العامة إلى القدرة الخاصة** $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$:

$$\sigma^2_{GCA} = \frac{M_g - M_s}{p-2}$$

σ^2_{GCA} : تباين القدرة العامة على الائتلاف.

$M_g\ M_s$: متوسط مجموع مربعات القدرة العامة والخاصة على التوالي.

p : عدد السلالات الأبوية.

$$\sigma^2_{SCA} = M_s - \dot{M}_e$$

σ^2_{SCA} : تباين القدرة الخاصة على الائتلاف.

$\dot{M}_e$: متوسط مجموع مربعات الخطأ التجريبي للقدرة على الإئتلاف.

استخدمت النسبة بين التباين المحسوب للقدرة العامّة والخاصّة على الائتلاف $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ لتحديد نسبة إسهام كلّ من الفعل المورثي الإضافي واللاإضافي في وراثة الصفات المدروسة حيث:

$\frac{\sigma^2_{GCA}}{\sigma^2_{SCA}} > 1$ دلّ ذلك على سيطرة الفعل المورثي الإضافي على وراثة هذه الصفة.

$\frac{\sigma^2_{GCA}}{\sigma^2_{SCA}} < 1$ دلّ ذلك على سيطرة الفعل المورثي اللاإضافي على وراثة هذه الصفة.

$\frac{\sigma^2_{GCA}}{\sigma^2_{SCA}} = 1$ دلّ ذلك على إسهام كلا الفعلين الوراثيين الإضافي واللاإضافي في وراثة الصفة.

- **تأثيرات القدرة العامة والخاصة على الائتلاف:**

$$g_i = \frac{1}{p(p-2)}[pY_{i.} - 2Y_{..}]$$

g_i : تأثيرات القدرة العامة للسلالة i.

p : عدد السلالات الأبوية.

$Y_{i.}$: مجموع متوسطات هجن السلالة i.

$Y_{..}$: المجموع الكلّي.

$$s_{ij} = Y_{ij} - \frac{1}{p-2}(Y_{i.} + Y_{j}) + \frac{2}{(p-1)(p-2)}Y_{..}$$

s_{ij} : تأثيرات القدرة الخاصة للهجين (i.j)

Y_j : مجموع متوسطات هجن السلالة j.

- تمّ حساب التباين والخطأ القياسي Standard error (SE) للتأثيرات كما يلي:

$$S.E.(\widehat{g_i}) = \sqrt{(p-1)\sigma_e^2/p(p-2)}$$
$$S.E.(\widehat{s_{ij}}) = \sqrt{(p-3)\sigma_e^2/(p-1)}$$

$\widehat{g_i}$: تأثيرات القدرة العامة على الائتلاف.

$\widehat{s_{ij}}$: تأثيرات القدرة الخاصة على الائتلاف.

σ_e^2 : تباين الخطأ التجريبي.

- درجة السيادة (Mather ، 1949):

$$\hat{a} = \sqrt{V_D/V_A}$$
$$V_A = 2\sigma_{gca}^2$$
$$V_D = \sigma_{sca}^2$$

V_A :تباين الفعل المورثي الإضافي.

V_D :تباين الفعل المورثي السيادي.

$\hat{a}$:درجة السيادة.

$\hat{a} = 1$ يدلّ ذلك على خضوع الصفة لكلا الفعلين الوراثيين الإضافي واللاإضافي.

$\hat{a} < 1$ الصفة تخضع للفعل المورثي اللاإضافي (سيادة وتفوّق).

$\hat{a} > 1$ الصفة تخضع للفعل المورثي الإضافي.

النتائج والمناقشة

1 - تحليل التباين ومقارنة المتوسطات:

1-1 - صفة عدد الأيام حتى الإزهار:

بينت نتائج تحليل التباين (الجدول 2) وجود تباينات عالية المعنوية بين الطرز الوراثية المدروسة، ما يدلّ على التباعد الوراثي بين السلالات الداخلة بعمليّة التهجين، وتوافقت هذه النتيجة مع Wonda وزملائه (2004). تراوحت متوسطات الآباء والهجن (الجدول3) لصفة عدد الأيام حتى الإزهار من 87.7 يوم للهجين (P4 × P2) إلى 98.7 يوم للسلالة (P3) والهجين (P4 × P3) وبمتوسط عام قدره 93.6 يوم، وأشارت النتائج إلى عدم تفوق أي من الآباء والهجن الناتجة على شاهد المقارنة (حماة 1) الذي كان الأكثر تبكيراً في الإزهار(85.5 يوم) بين جميع الطرز الوراثية المدروسة.

1-2 - صفة عدد البذور على النبات:

يُبيّن الجدول 2 وجود تباين عالي المعنويّة للسلالات الأبوية والهجن لصفة عدد البذور على النبات، وهذا يدل على وجود تباعد وراثي بين تلك السلالات والهجن. تراوحت متوسطات الآباء والهجن لصفة عدد البذور على النبات (الجدول 3) من 20.7 بذرة للسلالة (P3) إلى 106.3 بذرة (P1 × P3) وبمتوسط عام قدره 69.8 بذرة. وأظهرت نتائج مقارنة المتوسطات تفوق أربعة عشر طرازاً وراثياً بفروقات معنوية على شاهد المقارنة (حماة 1)، وتميّزت الهجن (P2 × P1) و (P4 × P1) و(P6 × P1) بالقيمة الأعلى لعدد البذور على النبات، ما يشير إلى القدرة العالية لهذه الهجن على إعطاء عدد أكبر من البذور على النبات، وقد يعود السبب في ذلك إلى التأثير المرتفع لقوة الهجين (Heterosis) في هذه الهجن، وجاءت هذه النتيجة متوافقة مع Farag (2007).

1-3 - صفة عدد البذور في القرن:

يُظهر الجدول 2 تبايناً عالي المعنويّة للسلالات والهجن لصفة عدد البذور في القرن مبيّناً التباعد الوراثي بين تلك السلالات وهجنها. وتراوحت متوسطات الآباء والهجن لصفة عدد البذور في القرن (الجدول 3) من 1 بذرة (P3) إلى 4.3 بذرة للهجين (P6 × P1) وبمتوسط عام قدره 3.1 بذرة، إذ أشار الجدول 3 إلى أنَّ الهجين (P6 × P1) كان الأعلى من حيث عدد البذور في القرن، إذ تفوق على شاهد المقارنة بفارق موجب

ومعنوي، ما يشير إلى أهميّة هذا الهجين كمادة وراثية في برنامج تربية الفول لتحسين صفة عدد البذور في القرن، وتفوقت خمسة طرز وراثية على شاهد المقارنة بفوارق موجبة وغير معنوية، ويبيّن تفوق بعض السلالات على شاهد المقارنة قدرة هذه السلالات على إعطاء عدد أكبر من البذور في القرن، ما يشير إلى أهمية هذه السلالات في التحسين الوراثي لصفة عدد البذور في القرن عن طريق استعمالها في تكوين هجن تمتلك عدد أكبر من البذور في القرن، وتوافقت هذه النتيجة مع Farag (2007).

1-4 - صفة وزن 100 بذرة:

يظهر الجدول 2 تبايناً عالي المعنوية للسلالات والهجن لصفة وزن 100 بذرة، ما يدل على وجود تباعد وراثي بين السلالات الأبويّة والهجن، وتراوحت متوسطات وزن 100 بذرة من 59 غرام (P3) إلى 121.5 غرام (P2) بمتوسط عام وقدره 96.7 غرام (الجدول 3). وأشارت نتائج مقارنة المتوسطات إلى تفوق تسعة طرز وراثية بفروقات إيجابية عالية المعنوية على شاهد المقارنة (حماة 1)، وكانت كلاً من السلالة P2 والهجينين (P6 × P2) و(P5 × P2) الأفضل في صفة وزن 100 بذرة، إذ تفوقت على شاهد المقارنة (حماة 1) بفوارق معنوية (29.4 و 24.2 و 24.8 غرام) على التوالي، وتدل هذه النتيجة على أهميّة استخدام السلالة P2 في التحسين الوراثي لصفة وزن 100 بذرة في الفول، وكذلك أهمية الهجينين (P6 × P2) و(P5 × P2) كمادة وراثية مهمّة للحصول على سلالات من الفول تتميّز بوزن 100 بذرة مرتفع، وتوافقت هذه النتيجة مع Islam وزملائه (2009).

1-5 - صفة الغلة البذريّة (كغ.هكتار$^{-1}$):

أبدت السلالات والهجن تباينات عالية المعنوية لصفة الغلة البذريّة (الجدول 2) مُشيرةً إلى التباعد الوراثي بين السلالات. وتراوحت متوسطات الآباء والهجن لصفة الغلة البذرية من 1137 كغ.هكتار$^{-1}$ (P5) إلى 4437 كغ.هكتار$^{-1}$ (P2 × P1)، وبمتوسط عام قدره 2021 كغ.هكتار$^{-1}$ (الجدول 3). وبيّنت نتائج مقارنة المتوسطات وجود تفوق معنوي لأحَدَ عشَر هجيناً على شاهد المقارنة (حماة 1)، وسَجّل الهجين (P2 × P1) أعلى نسبة للتفوق بين الطرز الوراثية المدروسة، إذ بلغت النسبة المئوية للزيادة على الشاهد 312 %، ويمكن أن يعود ذلك إلى الدور الكبير لقوة الهجين في تفوق هذا الهجين، وهذا يعطي دلالة واضحة على إمكانية استمرار العمل على هذا الهجين في برنامج التربية بالانتخاب للوصول إلى سلالات عالية الغلة من الفول، وانسجمت هذه النتيجة مع El-Hosary (1984).

الجدول2. تحليل التباين للسلالات والهجن لكل من صفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد البذور على النبات، وعدد البذور في القرن، ووزن 100 بذرة، والغلة البذرية.

مصادر التباين	عدد الأيام حتى الإزهار (يوم)	عدد البذور على النبات (بذرة)	عدد البذور في القرن (بذرة)	وزن100بذرة (غرام)	الغلة البذرية (كغ.هكتار$^{-1}$)
Rep	10.924	10.02	0.2424	9.45	969
Genotype	55.108**	2021.19**	1.6421**	649.58**	20088**
GCA	72.11*	2927.33	4.17**	2167.01**	2901**
SCA	16.87*	1841.23**	0.90**	184.33**	1711**
Error	7.019	18.27	0.2742	16.29	14175
CV%	2.8	6.2	13.7	4.2	9.3
مكونات التباين					
σ^2_{GCA}	2.30	45.25	0.14	82.61	50
σ^2_{SCA}	3.22	607.58	0.21	55.90	560
$\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$	0.72	0.07	0.64	1.48	0.09
Additive	4.60	90.5	0.28	165.22	100
Dominance	3.22	607.58	0.21	55.90	560
ā	0.83	2.59	0.87	0.58	2.37

GCA، SCA: القدرة العامة والخاصة على التوافق على التوالي. ā: درجة السيادة والتي تساوي $\sqrt{(VA/VD)}$.
***،**: المعنوية على مستوى 5 %، 1 % على التوالي.**

الجدول3. قيم متوسطات السلالات والهجن لكل من صفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد البذور على النبات، وعدد البذور في القرن، ووزن 100 بذرة، والغلة البذرية.

الطرز الوراثية	عدد الأيام حتى الإزهار (يوم)	عدد البذور على النبات (بذرة)	عدد البذور في القرن (بذرة)	وزن 100 بذرة (غرام)	الغلة البذرية (كغ/ هكتار)
P_1	96.0	66.3	3.7	103.1	1606
$P_1 \times P_2$	92.7	106.3	3.7	101.3	4437
$P_1 \times P_3$	96.0	68.7	3.3	89.3	2778
$P_1 \times P_4$	93.0	104.0	3.7	91.1	3348
$P_1 \times P_5$	92.0	92.3	4.0	100.5	2375
$P_1 \times P_6$	91.7	102.3	4.3	112.4	2144
P_2	89.7	32.0	2.7	121.5	1513
$P_2 \times P_3$	93.3	92.0	3.3	99.9	2548
$P_2 \times P_4$	87.7	85.7	3.3	94.3	2483
$P_2 \times P_5$	95.7	70.0	3.3	116.3	1525
$P_2 \times P_6$	89.7	90.7	3.3	116.9	2354
P_3	98.7	20.7	1.0	59.0	1243
$P_3 \times P_4$	98.7	36.0	2.0	69.7	2069
$P_3 \times P_5$	94.3	72.7	3.3	93.0	1428
$P_3 \times P_6$	94.0	32.0	2.3	90.3	1674
P_4	98.0	75.7	3.7	94.2	1141
$P_4 \times P_5$	94.3	65.3	3.0	91.7	1780
$P_4 \times P_6$	89.7	44.7	2.3	79.6	2256
P_5	97.3	37.0	3.3	101.6	1137
$P_5 \times P_6$	92.7	78.0	3.7	109.0	1356
P_6	90.7	93.7	2.7	95.7	1239
المتوسط العام	93.6	69.8	3.1	96.7	2021
حماة$_1$	85.5	61.7	3.3	92.1	1422
L.S.D $_{0.05}$	4.3	7.0	0.8	6.6	310.7

P1، P2، P3، P4، P5 ، P6 تشير إلى السلالات (F6/1807/03-WRB1-3، Ascot، Icarus، Aquadolce، Riena Planca) على التوالي.

2- القدرة على التوافق:

2-1 - صفة عدد الأيام حتى الإزهار:

أظهرت القدرة العامة والخاصة على التوافق (الجدول 2) تبايناً معنويّاً، ما يشير إلى إسهام كل من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة صفة عدد الأيام حتى الإزهار، وبيّنت نسبة $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ التي كانت أقل من الواحد (0.72) سيطرة نسبية للفعل الوراثي اللاإضافي على وراثة هذه الصفة، بينما أشارت درجة السيادة (0.83) إلى سيطرة نسبية للفعل الوراثي الإضافي، إذ بلغت تباينات الفعل الوراثي الإضافي (4.60) والتي كانت أكبر من تباينات الفعل الوراثي السيادي (3.22)، وتدل هذه النتائج على إسهام كل من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة صفة عدد الأيام حتى الإزهار، وهذا يتوافق مع الفهادي (2009).

تراوحت قيم تأثيرات القدرة العامة على التوافق (الجدول 4) من - 2.069 (P2) إلى 2.347 (P3)، وبيّنَت هذه التأثيرات أن السلالتين (P2) و(P6) كانتا أكثر السلالات تآلفاً لصفة عدد الأيام حتى الإزهار. وتراوحت قيم تأثيرات القدرة الخاصة على التوافق (الجدول 5) من -4.375 (P2 × P4) إلى 3.208 (P2 × P5)، وبيّنت هذه التأثيرات أنّ كلاً من الهجن (P4 × P2)، (P5 × P1)، (P5 × P3) كانت الأكثر تبكيراً من حيث عدد الأيام حتى الإزهار.

2-2 - صفة عدد البذور على النبات:

كان تباين القدرة العامة على التوافق غير معنوي (الجدول 2)، وأظهرَتْ القدرة الخاصة على التوافق SCA تبايناً عالي المعنويّة لصفة عدد البذور على النبات، ما يُشير إلى سيطرة الفعل الوراثي اللاإضافي على وراثة هذه الصفة، وأكّد ذلك قيمة $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ التي كانت أقل من الواحد (0.07)، وقيمة درجة السيادة التي كانت أكبر من الواحد (2.59)، إذ بلغ تباين الفعل الوراثي السيادي (607.58)، في حين بلغ تباين الفعل الوراثي الإضافي (90.5)، وتوافقت هذه النتيجة مع Kitiki و Demir (1987). وتراوحت تأثيرات القدرة العامة على التوافق (الجدول 4) من -18.250 (P3) إلى 14.708 (P1)، وسجّلت السلالة (P1) أكبر قيمة موجبة بين السلالات من حيث القدرة العامة على التوافق لصفة عدد البذور على النبات تلتها السلالة (P6). وتراوحت تأثيرات القدرة الخاصة على التوافق (الجدول 5) من -25.351 (P6 × P3) إلى 37.940 (P2 × P3) الذي أبدى قدرةً خاصّةً عالية المعنوية لصفة عدد البذور على النبات.

3-2 - صفة عدد البذور في القرن:

أشارت نتائج تحليل التباين للقدرة على التوافق (الجدول 2) إلى وجود تباين عالي المعنوية للقدرة العامة والخاصّة على التوافق مُشيرةً إلى إسهام كلّ من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة صفة عدد البذور في القرن، وجاءت نسبة $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ التي كانت أقل من الواحد (0.64) لتُبين الأهميّة النسبيّة للفعل الوراثي اللاإضافي في توريث هذه الصفة، من ناحية أخرى أشارت درجة السيادة (0.87) إلى أهمية نسبية للفعل الوراثي الإضافي في وراثة هذه الصفة، وهذا يعود إلى تقارب نسبي لقيمة كل من الفعل الوراثي الإضافي (0.28) والفعل الوراثي السيادي (0.21). وتوافقت هذه النتيجة مع El-Harty (2007) وFarag (2007).

تباينت تأثيرات القدرة العامة على التوافق (الجدول 4) من -0.708 (P3) إلى 0.542 (P1)، إذ بيّنتْ أنّ السلالتين (P1) و(P5) تميزتا بقدرة عامة جيدة على التوافق لصفة عدد البذور في القرن. وتفاوتت تأثيرات القدرة الخاصة على التوافق (الجدول 5) من -0.685 (P4 × P6) إلى 0.875 (P3 × P2)، وبيّنت هذه التأثيرات أن كلا الهجينين (P3 × P2) و(P6 × P1) تميزا بقدرةٍ خاصةٍ جيدة على التوافق لصفة عدد البذور في القرن.

4-2 - صفة وزن 100 بذرة:

يُبين الجدول 2 تبايناً عالي المعنويّة للقدرة العامة GCA والخاصة SCA على التوافق، ما يدل على إسهام كلّ من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة هذه الصفة، وأظهرت نسبة $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ التي كانت أكبر من الواحد (1.48) سيطرة الفعل الوراثي الإضافي على وراثة صفة وزن 100 بذرة، وأكّدت ذلك درجة السيادة التي كانت أقل من الواحد (0.58) لتبيّن أهمية الفعل الوراثي الإضافي في توريث صفة وزن 100 بذرة، إذ كان تباين الفعل الوراثي الإضافي (165.22) أكبر بثلاث مرات تقريباً من تباين الفعل الوراثي السيادي (55.90). وتوافقت هذه النتائج مع El-Refaey (1998)، وتراوحت تأثيرات القدرة العامة على التوافق (الجدول 4) من -14.573 (P3) إلى 11.851 (P2) وبيّنت هذه التأثيرات أن السلالة (P2) كانت الأعلى من حيث القدرة العامة على التوافق لصفة وزن 100 بذرة تلتها السلالة (P5). وتراوحت تأثيرات القدرة الخاصة على التوافق (الجدول 5) من -12.132 (P6 × P4) إلى 9.846 (P6 × P1)، وتميّز الهجين (P6 × P1) بأعلى قيمة للقدرة الخاصة على التوافق لصفة وزن 100 بذرة تلاه الهجينين (P5 × P3) و(P3 × P2).

5-2 - صفة الغلة البذريّة (كغ.هكتار$^{-1}$):

تَبَيّن من خلال نتائج تحليل التباين للقدرة على التوافق لصفة الغلة البذرية (الجدول 2) وجود تباينات عالية المعنوية للقدرة العامة GCA والخاصة SCA على التوافق، ما يدل على إسهام كل من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة هذه الصفة، وجاءت نسبة $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ التي كانت أقل من الواحد (0.09) لتبيّن سيطرة الفعل الوراثي اللاإضافي على وراثة صفة الغلة البذرية. وأكّدت هذه النتيجة درجةُ السيادة التي كانت أكبر من الواحد (2.37)، إذ كان تباين الفعل الوراثي الإضافي أقل بخمس مرات تقريباً من تباين الفعل الوراثي السيادي (560). وجاءت هذه النتيجة متوافقة مع Kitiki و Demir (1987).

تراوحت تأثيرات القدرة العامة على التوافق (الجدول 4) من - 0.426 (P5) إلى 0.519 (P1)، وأظهرت السلالة (P1) قدرةً عامةً جيدةً على التوافق لصفة الغلة البذرية تلتها السلالة (P2). كما تراوحت تأثيرات القدرة الخاصة على التوافق (الجدول 5) من - 0.348 (P5 × P2) إلى 1.619 (P2 × P1) وأشارت هذه التأثيرات إلى أنّ كلاً من الهجن (P2 × P1) و(P4 × P1) و(P6 × P4) و(P3 × P2) أظهرت قدرةً خاصةً جيدةً على التوافق لصفة الغلة البذرية.

الجدول4. تأثيرات القدرة العامة على التوافق GCA للسلالات الأبويّة لكل من صفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد البذور على النبات، وعدد البذور في القرن، ووزن 100 بذرة، والغلة البذرية.

السلالات	عدد الأيام حتى الإزهار (يوم)	عدد البذور على النبات (بذرة)	عدد البذور في القرن (بذرة)	وزن 100بذرة (غرام)	الغلة البذرية (كغ/ هكتار)
P_1	0.181	14.708**	0.542**	3.003**	0.519**
P_2	-2.069**	2.500**	0.042	11.851**	0.278**
P_3	2.347**	-18.250**	-0.708**	-14.573**	-0.145**
P_4	0.556	-0.208	-0.042	-7.753**	0.009
P_5	0.972	-4.542**	*0.250	4.625**	-0.426**
P_6	-1.986**	5.792**	-0.083	2.848**	-0.235**
$SE[g_{(i)}]$	0.500	0.801	0.096	0.760	0.035

P1، P2، P3، P4، P5، P6 تشير إلى السلالات (F6/1807/03،WRB1-3،Ascot،Icarus،Aquadolce،Riena Planca) على التوالي.
* ،** تشير إلى المعنوية على مستوى 5 % ،1 % على التوالي. $SE[g_{(i)}]$: الخطأ القياسي للقدرة العامة على التوافق للسلالة i.

الجدول 5. تأثيرات القدرة الخاصة على التوافق SCA للهجن لكل من صفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد البذور على النبات، وعدد البذور في القرن، ووزن100 بذرة، والغلة البذرية.

الهجن	عدد الأيام حتى الإزهار (يوم)	عدد البذور على النبات (بذرة)	عدد البذور في القرن (بذرة)	وزن100 بذرة (غرام)	الغلة البذرية (كغ/ هكتار)
$P_1 \times P_2$	1.000	19.315**	-0.060	-10.204**	1.619**
$P_1 \times P_3$	-0.083	2.399	0.357	4.187	0.384**
$P_1 \times P_4$	-1.292	19.69**	0.024	-0.820	0.800**
$P_1 \times P_5$	-3.708*	12.357**	0.065	-3.831	0.262**
$P_1 \times P_6$	-0.083	12.024**	0.732**	9.846**	-0.160
$P_2 \times P_3$	-0.500	37.940**	0.857**	5.936**	0.394**
$P_2 \times P_4$	-4.375**	13.565**	0.190	-6.518**	0.174
$P_2 \times P_5$	3.208*	2.232	-0.101	3.154	-0.348**
$P_2 \times P_6$	0.167	12.565**	0.232	5.484*	0.291**
$P_3 \times P_4$	2.208	-15.351**	-0.393	-4.680*	0.184
$P_3 \times P_5$	-2.542	25.649**	0.649*	6.275**	-0.021
$P_3 \times P_6$	0.083	-25.351**	-0.018	5.336*	0.034
$P_4 \times P_5$	-0.750	0.274	-0.351	-1.855	0.176
$P_4 \times P_6$	-2.458	-30.726**	-0.685*	-12.132**	0.461**
$P_5 \times P_6$	0.125	6.940**	0.357	4.837*	-0.004
$SE[s_{(i,j)}]$	1.374	2.199	0.264	2.087	0.096

P1، P2، P3، P4، P5، P6 تشير إلى السلالات (F6/1807/03،WRB1-3،Ascot،Icarus،Aquadolce،Riena Planca) على التوالي.
* ،** تشير إلى المعنوية على مستوى 5 % ،1 % على التوالي. $SE[g_{(i)}]$: الخطأ القياسي للقدرة العامة على التوافق للسلالة i.

الاستنتاجات:

1 - أظهرت القدرة العامة والخاصة على التوافق تبايناً معنوياً في جميع الصفات، عدا تباين القدرة العامة على التوافق لصفة عدد البذور على النبات، ويبيّن ذلك تأثير كلّ من الفعل الوراثي الإضافي واللاإضافي في وراثة معظم الصفات المدروسة.

2 - سيطر الفعل الوراثي اللاإضافي على وراثة صفات عدد الأيام حتى الإزهار، وعدد البذور على النبات، وعدد البذور في القرن، والغلة البذرية، في حين خضَعَت وراثة صفة وزن 100 بذرة إلى الفعل الوراثي الإضافي.

3 - سجّلت السلالتان P1 (Riena planca) و P2 (Aquadolce) قدرة عامة جيدة على التوافق لصفة الغلة البذرية، وأظهرت أربعة هجن قدرةً خاصةً جيدة على التوافق لصفة الغلة البذرية، وكان أفضلها الهجين P1 × P2 (Aquadolce × Riena planca).

المقترحات:

1 - إدخال السلالتين (Riena planca) و(Aquadolce) في برامج التربية لتحسين الغلة البذرية في الفول.

2 - متابعة العمل على كل من الهجن (Aquadolce × Riena Planca)، (Ascot × Riena Planca)، (Ascot ×F6/1807/03)، (Icarus × Aquadolce)، (Icarus × Riena Planca)، (Aquadolce × F6/1807/03) والهجين (Riena Planca × WRB1-3) في برامج تربية الفول واستخدامها للوصول إلى سلالات واستنباط أصناف من الفول عالية الغلة نظراً لارتفاع غلة هذه الهجن في وحدة المساحة.

المراجع

- البلقيني، حامد محمود. 2007. الفول، زراعة المحاصيل المصرية، جمهورية مصر العربية، ص:37.
- الفهادي، محمد يوسف حميد. 2009. وراثة بعض الصفات في الفول (*Vicia faba* L.)، المجلة الأردنية للعلوم الزراعية، المجلد 5، العدد 4، ص:512.
- المجموعة الإحصائية الزراعية. 2013. منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.
- Bond, D.A and M.H. Poulsen. 1983. Pollination in Faba Bean: 77-101.
- Chaudhari, H. K. 1971. Glossary of plant breeding terms. Edition 2nd: 251-271.
- EL-Harty, E.H. 2007. Heterosis and genetic analysis of yield and some characters in faba bean (*Vicia faba* L.) Minia J. of Agric. Res. and Develop. Vol. 27 (5): 897-913.
- El-Hosary, A.A. 1984. Heterosis and combining ability in diallel crosses among seven varieties of faba bean. Egyptian Journal of Agronomy v. 9 (1-2): 17-28.
- El-Refaey, R.A. 1998. Heritability and gene effects for choclate spot disease resistance، yield and it's components in three faba bean crosses. Annals of agric.sc.Moshtohor، Vol.36(4):210- 287.
- FAOstat. 2013. http://FAOSTAT3.FAO.Org.
- Farag, S. T. 2007. Relative importance of genetic variance for improving broad bean (*Vicia faba* L.). Egyptian Journal of Plant Breeding.11: 1
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. Biol. Sci. 9:463–493.
- Ibrahim, H.M. 2010. Heterosis، combining ability and components of genetic variance in faba bean (*Vicia faba* L.); Journal of King Abdul-Aziz University 21: 35-50
- Islam, M. M. Rahman and M. A. K .2009. Mian Combining Ability Analysis In Hyacinth Bean [*Lablab purpureus* (L.) Sweet] M. S. SAARC J. Agri., 7(2): 106-115.
- Kitiki, A. and I. Demir. 1987. Determination of faba bean yield components and their inheritance in the F1، and F2 generations by means of diallel analysis (in Turkish). Ege Bölge Zirai Arastirma Ens. DoktoraÇalisma Òzetleri. Ebzaf Yayin 75:152-172
- Maalouf, F. 2010. Faba bean and it's importance to food security in the developing countries, Food Security and Climate Change in Dry Areas, con, Amman, Jordan,1-4 Feb.

- Mather, K. 1949. Biometrical Genetics. Dover Publication, Inc., New York.
- Matthews, P and H. Marcellos. 2003. The Faba bean، Agfact، second edition. P4.2.7
- Matzinger, D. F. 1963. Experimental estimates of genetic parameters and their application in self-fertilizing plant. In kohle .pp.135.
- Sprague, G. F and L. A. Tatum. 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34:923-932.
- Wonda, F.M ;H. Singh, H. Tefera and M. Demise .2004. Variation and association of seed yield and related traits in faba bean (*Vicia faba* L.) land race of Ethiopia under vertisoil conditions. Conference. Ethiopian society of animal production، Addis Ababa (Ethiopia) 25-27 Aug. :68-77.

N° Ref: 704