Mesopotamia J. of Agric. ISSN: 2224 - 9796 (Online) مـجلــة زراعــة الـرافـديـن
Vol. (46) No. (4) 2018 ISSN: 1815 - 316 X (Print) المجلد (46) العدد (4) 2018

القدرة على الاتحاد والفعل الجيني وقوة الهجين في الذرة الصفراء (*Zea mays* L.)

خليل هذال كنوش
الجامعة التقنية الشمالية - المعهد التقني بالموصل
E-mail:

الخلاصة

ادخلت خمسة سلالات نقية من الذرة الصفراء (HS وZP301 وIK58 وOH40 وDK17) في تهجين تبادلي نصفي وتم الحصول على 10 هجن فردية. زرعت السلالات وهجنها في منطقة القبة التابعة لقضاء تلكيف بمحافظة نينوى في الاول من تموز 2013 باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات. تم تقدير تأثيرات القدرتين العامة على الاتحاد للسلالات والخاصة على الاتحاد للهجن وقوة الهجين قياساً للأب الافضل ومكونات التباين الوراثي والتوريث الضيق واعتماد طريقة تحليل خط الانحدار لصفات موعدي التزهير الذكري والأنثوي وارتفاع النبات وعدد الحبوب بالصف ووزن 300 حبة وحاصل الحبوب بالنبات. اظهرت النتائج ان متوسط مربعات التراكيب الوراثية والآباء والهجن والقدرتين العامة والخاصة على الاتحاد كان عالي المعنوية للصفات جميعها. تميزت السلالة DK17 بتأثيرات مرغوبة عالية المعنوية للقدرة العامة على الاتحاد للصفات جميعها باستثناء وزن 300 حبة (غير معنوية)، والهجينين (ZP301 x DK17) و (DK17 x OH40) بقدرة خاصة على الاتحاد وقوة هجين معنوية مرغوبة لمعظم الصفات بضمنها حاصل الحبوب بالنبات. وكانت مكونات التباين الوراثي الاضافي غير معنوية لمعظم الصفات بينما المكونات السيادية معنوية عن الصفر للصفات جميعها، وظهرت قيم المكونات السيادية اكبر من الاضافية في جميع الصفات. تبين من تحليل خط الانحدار غياب التأثير الجيني التفوقي (تداخل غير اليلي) للصفات جميعها. كان التوريث الضيق واطئاً (8.3445%) لحاصل الحبوب بالنبات ومتوسطاً لبقية الصفات.

كلمات مفتاحية:- التهجين التبادلي، القدرة على الاتحاد، الفعل الجيني، قوة الهجين، التوريث.

تاريخ تسلم البحث: 2018/3/4 وقبوله 2018/9/10

المقدمة

الذرة الصفراء واحدة من محاصيل الحبوب الهامة في الاقتصاد الزراعي العالمي كغذاء للبشر (Morris وآخرون،1999)، وفي تغذية الحيوانات وكذلك محصول للاستخدامات الصناعية (White وJohnson، 2003). ويعتمد عليها معظم المزارعين في العالم النامي في استهلاكهم اليومي من السعرات الحرارية. ومع ذلك، فإن ما يقدر بنحو 80% من محصول الذرة يعاني من انخفاض في العائد ويعزى معظمه الى إجهاد الجفاف (Bolanos وEdmeade، 1993). والجفاف قد يحدث في أي مرحلة من مراحل نمو الذرة الصفراء، ولكن عندما يتزامن مع فترات الإزهار وامتلاء الحبوب يؤدي إلى فقدان المحصول بنسبة 40-90% (Menkir وAkintunde، 2001). ومن ثم، يحتاج المربون إلى تطوير الأنماط الجينية من الذرة الصفراء ذات الاداء الجيد في مختلف الظروف دون تقليل إمكانياتها الانتاجية. ,وتعد كل من القدرة على الاتحاد وقوة الهجين شرطين أساسيين لتطوير صنف جيد من الذرة القابل للاستمرار اقتصاديا. وعليه فان المعلومات عن قدرة الاتحاد والأنماط القوية بين المواد الوراثية للذرة أمرا ضروريا لتحقيق أقصى قدر من فعالية تطوير الهجين (Beck وآخرون،1990).

ان دراسات القدرة على الاتحاد توفر معلومات عن الآليات الوراثية التي تتحكم في وراثة الصفات الكمية وتمكن المربين من اختيار الآباء المناسبة لمزيد من التحسين أو الاستخدام في تربية الهجن للأغراض التجارية. في علم الوراثة الكمية هناك نوعين من المقدرة الاتحادية تؤخذ في ألاعتبار هما القدرة العامة على الاتحاد (GCA) والقدرة الخاصة على الاتحاد (SCA). القدرة العامة على الاتحاد تشير إلى متوسط أداء النمط الوراثي في سلسلة من التوليفات الهجينة وهو مقياس للعمل الجيني الإضافي في حين أن القدرة الخاصة على الاتحاد هي أداء سلالة ابوية في هجين معين فيما يتعلق بالقدرة العامة على الاتحاد (Sharief وآخرون،2009). وتعود القدرة الخاصة على الاتحاد إلى الجينات التي تظهر التأثيرات غير الاضافية (Sprague وTatum،1942). في الذرة، تم دراسة نسبة عالية من القدرة على الاتحاد وقوة الهجين لحاصل الحبوب وغيرها من الصفات الاخرى من قبل العديد من الباحثين. (Aminu وآخرون،2014) حصلوا على اختلافات معنوية في تأثيرات القدرة العامة على الاتحاد للسلالات الأبوية وكذلك في التأثيرات الخاصة على الاتحاد للهجن لصفات حاصل الحبوب ومكوناته من الصفات الحقلية الأخرى، وأن كلا التأثيرات الجينية الاضافية وغير الاضافية كانت تسيطر على معظم الصفات، إلا أن التأثير الجيني غير الاضافي كان أكثر

اهمية. وأفاد (Aminu وIzge، 2013) أيضا أن كلا من التأثيرات الجينية الاضافية وغير الاضافية كانت مسؤولة عن السيطرة على الصفات التي تم تقييمها ولكن تأثيرات الفعل الجيني غير الاضافي كانت سائدة فيما يتعلق بالتحكم الجيني في حاصل الحبوب ومكوناته من الصفات الاخرى المساهمة فيه. (Mhike وآخرون،2011) لاحظوا فروق ذات دلالة إحصائية في البيئات، والأنماط الجينية والتفاعلات الجينية x البيئية في دراستهم. وكذلك أفادوا بوجود تأثيرات معنوية للقدرة العامة على الاتحاد في جميع الصفات المقاسة عدا ارتفاع النبات مع خمسة سلالات تم تحديدها على أنها ذات تأثير جيد للقدرة العامة على الاتحاد لحاصل الحبوب وان الجينات غير الاضافية كانت اكثر اهمية في معظم الصفات باستثناء موعدي التزهير الذكري والأنثوي وارتفاع العرنوص. أشار (Atif وآخرون،2012) أن تباين القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد كانا ذوات دلالة معنوية عالية لمعظم الصفات المدروسة والتي تبين أهمية التأثيرات الاضافية وكذلك الأنواع غير الاضافية من عمل الجينات في السيطرة على الصفات. وعلاوة على ذلك، كان التباين الناجم عن القدرة الخاصة على الاتحاد أعلى من ذلك العائد الى القدرة العامة على الاتحاد لصفات حاصل الحبوب ومكوناته باستثناء قطر العرنوص وعدد الصفوف بالعرنوص وعدد الحبوب بالصف ودليل الحصاد. وكانت نسبة مكونات القدرة العامة الى الخاصة على الاتحاد أقل من واحد لمعظم الصفات باستثناء قطر العرنوص وعدد الحبوب بالصف ودليل الحصاد والتي تشير إلى رجحان التاثيرات غير الاضافية على أي عمل للجينات الاضافية. كما وجدوا قوة هجين موجبة عالية المعنوية لحاصل الحبوب ومكوناته لأكثر من نصف الهجن التي تم تقييمها. وتوصل (Badu-Apraku وآخرون،2013) الى ان عمل الجينات المسيطرة على حاصل الحبوب ومعظم الصفات الأخرى كان في الغالب غير اضافي. وأوضح (Hussain وAli 2014) أن التباين الوراثي السيادي كان أكبر من التباين الوراثي الاضافي لجميع الصفات في موعدين للزراعة، والذي يصور أهمية التأثيرات السيادية للجينات في السيطرة على هذه الصفات. وأظهرت نتائجهما أيضا أن الصفات تأثرت بالسيادة الفائقة والذي ينعكس في قيم واطئة للتوريث بالمعنى الضيق، كما اشارا الى وجود قوة هجين عالية لمعظم الصفات في موعدي الزراعة. وكذلك اوضح (Umar وآخرون،2014) أن كلا التأثيرين الجينيين الاضافي وغير الاضافي كانا مسؤولين عن السيطرة على حاصل الحبوب وغيره من الصفات المدروسة تحت ظروف الإجهاد وغير الإجهاد المائي، الا أن التباينات غير الاضافية كانت أكبر من الاضافية والتي تصور أهمية عمل الجينات غير الاضافية. وأفادوا أيضا أن انخفاض تقديرات التوريث بالمعنى الضيق يشير إلى أهمية العمل الجيني غير الاضافي.

الهدف من هذه الدراسة تقدير تأثيرات القدرة العامة على الاتحاد لسلالات الذرة الصفراء الابوبة، والقدرة الخاصة على الاتحاد للهجن بينها وقوة الهجين والفعل الجيني لصفات حاصل الحبوب وبعض الصفات الأخرى للذرة الصفراء.

مواد البحث وطرائقه

استخدمت في الدراسة خمسة سلالات نقية من الذرة الصفراء هي: (1) HS و(2) ZP301 و(3) IK58 و(4) OH40 و(5) DK17. ادخلت السلالات في تهجين تبادلي نصفي حسب الطريقة الثانية التي اقترحها (Griffing, 1956). زرعت السلالات الخمس والهجن العشرة بينها في حقل احد المزارعين في منطقة القبة التابعة لقضاء تلكيف بمحافظة نينوى في الاول من تموز 2013 باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات. احتوت الوحدة التجريبية الواحدة على ثلاث مروز طول الواحد منها 3 م، وكانت المسافات بين المروز 0.75 م وبين النباتات 0.25م. اضيف السماد الفوسفاتي P_2O_5 قبل الزراعة بمعدل 200 كغم للهكتار، والسماد النيتروجيني على شكل يوريا بمعدل 200 كغم للهكتار على دفعتين الاولى بعد الانبات والثانية عند بداية التزهير. سجلت البيانات على عشرة نباتات اختيرت عشوائياً من كل وحدة تجريبية لصفات: عدد الايام حتى 50% تزهير ذكري وانثوي وارتفاع النبات (سم) وعدد الحبوب بالصف ووزن 300 حبة (غم) وحاصل الحبوب بالنبات (غم). وحللت بيانات التراكيب الوراثية جميعها والآباء والهجن (كل على حده) وللصفات جميعها حسب طريقة التصميم التجريبي المستخدم وقورنت الفروق بين المتوسطات بطريقة دنكن المتعدد المدى (Al-Zubaidy وAl-Falahy، 2016)، ثم حللت البيانات حسب طريقة جنكز هايمان للهجن التبادلية المقترحة من (جنكز Jinks، 1954 و1956) و(هايمان Hayman،1954 و1958)، إذ أن هذا التحليل يعطي قدراً كبيراً من المعلومات عن مجموعة السلالات النقية ونسلها بعد التأكد من تحقق الفرضيات اللازمة، ومنها تقدير المعلمات الإحصائية الآتية: متوسط الآباء MP (ML0) و تباين الآباء VP (V0L0) و متوسط الأجيال الأولى MF (ML1) وتباين الأب i ونسله

Vri ومتوسطات تباين أعمدة الجيل الأول Vr (V1L1) وتباين متوسطات أعمدة الجيل الأول Vr (V0L1) والتباين المشترك بين النسل (الجيل الأول) والآباء Wri ومتوسط التباين المشترك لأعمدة الجيل الأول Wr (W0L01) (الجدول 1)، واستخدمت هذه الإحصائيات في حساب المكونات الوراثية للصفات ومنها: E المكون البيئي للتباين المتوقع من المعادلة :{E = ([Error SS+Reps. SS]/df)/number of Reps.}، وD وهو التباين العائد إلى التأثير الإضافي للجينات وH1 التباين العائد إلى التأثيرات السيادية للجينات ينتج عن مجموع h2 التي تمثل مجموع التأثيرات السيادية للمواقع الخليطة وH2 التباين السيادي الذي ينتج عن زيادة h2 في جميع الجينات الانعزالية والذي يساوي H1 عندما يكون التكرار الجيني يساوي 0.5 وF الذي يعطي تقدير التكرار النسبي للاليلات السائدة إلى المتنحية في الآباء. وتم حساب النسب الوراثية H1/D)1/2) التي تعبر عن معدل درجة السيادة، وتدل قيمتها المساوية للصفر على عدم وجود سيادة، وبين الصفر وواحد على سيادة جزئيه أما إذا زادت عن واحد تدل على السيادة ألفائقة وH2/4H1 وتدل على نسبة الجينات بالتأثيرات الموجبة والسالبة في الآباء، وعندما تكون النسبة مساوية 0.25 تدل على التوزيع المتماثل للجينات الموجبة والسالبة. والنسبة [(4DH1)1/2 - F/ (4DH1)1/2 + F] = KD/KR التي تدل على نسب الجينات السائدة والمتنحية في الآباء، فإذا كانت قيمتها مساوية واحد تدل على تساوي نسب الجينات

جدول (1) المقاييس الاحصائية المستخدمة في تقدير المكونات الوراثية لصفات الذرة الصفراء قيد الدراسة
Table (1) statistical measurements used for estimation of genetic compoments for studied traits of maize .

المقاييس الاحصائية Statistical measurements	الصفات Traits					
	عدد الايام للتزهير الذكري Number days to tasseling	عدد الايام للتزهير الانثوي Number days to silking	ارتفاع النبات (سم) Plant height(cm)	عدد الحبوب بالصف Number of grains per row	وزن 300 حبة (غم) 300 grains weight(gm)	حاصل الحبوب بالنبات (غم) Grains yield per plant(gm)
متوسط الآباء	71.333	73.800	153.000	28.133	41.475	53.633
V0L0	6.000	4.144	79.889	17.478	18.989	569.060
V1L1	18.102	18.287	112.056	56.027	92.789	1349.976
V0L1	3.642	4.156	25.941	16.119	21.023	164.631
W0L01	1.944-	1.376-	19.750	1.416	5.998-	235.154-
ML1-ML0)2	6.418	5.507	76.971	25.402	58.921	1267.607

السائدة والمتنحية في الآباء، والأقل من واحد تدل على زيادة في الجينات المتنحية، في حين الأعلى من واحد تدل على زيادة في الجينات السائدة، والنسبة h2/H2 التي تشير إلى عدد مجاميع الجينات التي تسيطر على الصفة ولها سلوك سيادي، وكذلك قدر التوريث بالمعنى الضيق لكل صفة كمية باعتماد المعادلات التي شرحها (Mather وJinks،1982) ووردت في (الزبيدي والجبوري،2016). وتم اعتماد حدود التوريث بالمعنى الضيق حسب (العذاري،1999) (أقل من 20% منخفض ومن 20%-50% متوسط وأكثر من 50% عالي).

تم رسم خط الانحدار الذي يعطي فكرة عن متوسط السيادة، فإذا قطع خط الانحدار المحور السيني (محور Vr) ووصل تحت نقطة الأصل دل على وجود السيادة الفائقة. أما إذا قطع المحور الصادي (محور Wr) اظهر وجود سيادة جزئيه في حين يؤكد مروره من نقطة الأصل أن السيادة التامة هي التي تتحكم بالصفة، كما يتحدد على أساس انتشار الآباء حول خط الانحدار الآباء السائدة من تلك المتنحية، إذ تنتشر الآباء السائدة في نهاية خط الانحدار القريبة من نقطة الأصل، في حين تنتشر الآباء المتنحية قريباً من النهاية الأخرى للخط. نفذت كافة التحاليل الإحصائية والوراثية بالاستعانة بالبرامج الجاهزة (SAS) Statistical Analysis System V. 9.0. و Minitab و Microsoft Office excel 2007.

النتائج والمناقشة

تظهر في الجدول (2) نتائج تحليل التباين للتراكيب الوراثية (خمسة سلالات أبوية وهجنها التبادلية النصفية) والآباء والهجن (كل على حده)، ومنه يتضح ان متوسط مربعاتها جميعها كان عالي المعنوية للصفات جميعها، وهذه النتائج تدعم استخدام الانموذج الاضافي السيادي البسيط، وتدل على ان الآباء الخمسة المعتمدة في الدراسة الحالية

جدول (2) نتائج تحليل التباين لصفات الذرة الصفراء قيد الدراسة في مجموعة تهجين تبادلي بين خمسة سلالات

Table (2) variance analysis results for studied traits of maize in diallel croos croup among five lines

مصادر التباين Source of variation	درجات الحرية Degrees of freedom	متوسط المربعات mean square					
		عدد الايام للتزهير الذكري Number days to tasseling	عدد الايام للتزهير الانثوي Number days to silking	ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	عدد الحبوب بالصف Number of grains per row	وزن 300 حبة (غم) 300 grains weight (gm)	حاصل الحبوب بالنبات (غم) Grains yield per plant(gm)
القطاعات	2	0.422	1.089	60.022	6.200	1.507	0.076
التراكيب الوراثية	14	52.032**	52.327**	364.31**	173.43**	278.34**	4055.37**
الآباء	4	18.000**	12.433**	239.67**	52.433**	56.967**	1707.18**
الهجن	9	61.796**	66.311**	326.55**	202.37**	305.37**	3348.89**
الآباء ضد الهجن	(1)	100.28**	86.044**	1202.7**	396.9**	920.64**	19806.4**
GCA	4	33.262**	40.414**	396.82**	186.26**	207.67**	999.99**
SCA	10	59.539**	57.092**	351.30**	168.29**	306.61**	5277.52**
الخطأ التجريبي	28	0.946	0.541	4.617	0.771	0.436	1.935
مكونات القدرة العامة الى الخاصة		0.079	0.101	0.162	0.158	0.097	0.027
متوسط التراكيب الوراثية		69.222	71.844	160.311	32.333	47.872	83.302
معامل الاختلاف C.V.		1.405	1.024	1.340	2.716	1.379	1.669

(**) معنوية عند مستوى احتمال 1%

تختلف عن بعضها وراثياً للصفات جميعها، وكذلك تدل على ان الاختلافات قد انتقلت الى النسل الناتج عنها، وبالتالي فان ذلك تأكيداً على ضرورة اجراء التحليل الوراثي للصفات جميعها. ولتنفيذ ذلك فقد تم تجزئة مجموع مربعات التراكيب الوراثية الى القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد والواردة نتائجها في الجدول ذاته، ويلاحظ أن متوسط مربعات المكونين كان معنوياً عند مستوى احتمال 1% للصفات جميعها دلالة على اهمية التباينين الاضافي وغير الاضافي في السيطرة على وراثة هذه الصفات، وتتفق هذه النتائج مع (Aminu وIzge،2013) و(Aminu وآخرون،2014) و(Umar وآخرون،2014)، الا أن النسبة بين مكونات القدرتين العامة الى الخاصة على الاتحاد يلاحظ انها اقل من واحد للصفات جميعها وتراوحت بين 0.027 لحاصل الحبوب بالنبات و0.162 لارتفاع النبات وهذا دليل على أن المكونات غير الاضافية للتباين الوراثي كانت اكثر أهمية في السيطرة على توارث الصفات، ومثل هذه النتائج حصل عليها (Mhike وآخرون،2011) و(Badu-Apraku وآخرون،2013) و(Umar وآخرون،2014). تتضح في الجدول (3) قيم المتوسطات (م) والتباينات (Vr) والتباينات المشتركة (Wr) للسلالات الخمسة المعتمدة في الدراسة وتأثيراتها للقدرة العامة على الاتحاد للصفات قيد الدراسة. ويبدو من قيم متوسطات الآباء ونتائج الاختبار بطريقة دنكن

جدول (3) التباينات (Vr) والتباينات المشتركة (Wr) و المتوسطات (م) للسلالات وتأثيراتها للقدرة العامة (ت)

Table (3) variances (vr), covariances (wr) and means(m) for lines and it's general combining ability effects (T) .

الصفات characters							الآباء Parents
حاصل الحبوب بالنبات (غم) Grains yield per plant(gm)	وزن 300 حبة (غم) 300 grains weight (gm)	عدد الحبوب بالصف Number of grains per row	ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	عدد الايام للتزهير الانثوي Number days to silking	عدد الايام للتزهير الذكري Number days to tasseling		
232.595	18.671	24.778	7.556	31.478	29.056	Vr	1 HS
167.572	6.818	18.056	13.417	11.061-	12.722-	Wr	
88.500a	46.133a	32.00a	167.67a	72.333c	70.000c	م	
**8.615-	**3.861-	**3.143-	**4.162	**2.057-	**1.952-	ت	
1940.770	179.866	73.244	86.700	5.189	7.700	Vr	2 ZP301
312.839-	28.642	2.233	37.306	2.483-	3.167-	Wr	
33.063d	34.580d	24.00c	144.67d	73.667b	72.000b	م	
**4.943-	0.162-	**2.667-	**6.383-	**0.657	**0.809	ت	
912.382	48.054	37.778	140.356	4.800	5.944	Vr	3 IK58
606.410-	3.964-	14.417-	24.472	2.544-	2.611-	Wr	
67.777b	41.373c	31.667a	154.67b	73.000b c	69.333c	م	
**2.590	**1.959-	**2.524	**1.076-	**1.419	**1.048	ت	
1322.699	127.812	100.533	156.589	5.389	4.389	Vr	4 OH40
299.627-	26.082-	20.244	4.472	0.639-	1.889-	Wr	
43.467c	41.237c	23.333c	148.67c	72.667b c	70.000c	م	
**1.951	**1.790	0.190-	0.590	**0.705	**0.667	ت	
2341.436	89.589	43.800	169.078	44.578	43.422	Vr	5 DK17
124.464-	35.404-	19.039-	19.083	9.85	10.667	Wr	
35.357d	b 44.053	29.667b	149.33c	77.333a	75.333a	م	
**9.017	4.193	**3.476	**3.162	**0.724-	**0.571-	ت	
53.633	41.475	28.133	153.000	73.800	71.333	معدل الآباء	

القيم المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه لكل صفة لا تختلف عن بعضها معنوياً. (**) معنوية عند مستوى احتمال 1%

المتعدد المدى وجود اختلافات معنوية بينها للصفات جميعها، مما يؤكد اختلافها الوراثي، اذ يتضح ان السلالة HS احتاجت اقل عدد من الايام للتزهير الذكري والأنثوي وكانت نباتاتها اكثر ارتفاعاً وكان لها (مشتركة مع السلالة IK58) اكبر عدد من الحبوب بالصف، وكذلك تميزت بأعلى وزن 300 حبة بلغ 46.133غم بفارق معنوي عن السلالات الاخرى وتلتها السلالة DK17 بمتوسط وزن 300 حبة بلغ 44.053غم، واعلى حاصل للحبوب بالنبات بلغ 88.500 تلتها السلالة IK58 بحاصل حبوب بالنبات بلغ 67.777غم. تلاحظ في الجدول (3) ايضاً تأثيرات القدرة العامة على الاتحاد للسلالات الأبوية، ويبدو أن السلالة HS اضافة الى كونها اكثر تبكيراً في التزهير الذكري والانثوي ونباتاتها اكثر ارتفاعاً كان لها تأثير معنوي مرغوب للقدرة العامة على الاتحاد للصفات الثلاث. وأظهرت السلالة IK58 تأثيرات مرغوبة عالية

المعنوية للقدرة العامة على الاتحاد باتجاه زيادة عدد الحبوب بالصف وحاصل الحبوب بالنبات اضافة الى اعطائها متوسطات أداء جيدة للصفتين. وظهر للسلالة OH40 تأثيرات عامة عالية المعنوية لصفتي وزن 300 حبة وحاصل الحبوب بالنبات بلغت 1.790 و1.951غم رغم عدم تفوقها في متوسطات أدائها للصفتين. واخيراً يلاحظ أن السلالة DK17 كانت لها تأثيرات مرغوبة للقدرة العامة على الاتحاد للصفات جميعها ووصلت الى الحد المعنوي عند مستوى احتمال 1% لصفات موعدي التزهير الذكري والأنثوي وارتفاع النبات وعدد الحبوب بالصف وحاصل الحبوب بالنبات رغم ان متوسطات ادائها كانت متوسطة لمعظم الصفات. تدل هذه النتائج على أن هذه السلالات النقية المتميزة بمقدرتها الاتحادية العامة (وبالأخص منها السلالة DK17) يمكن اعتبارها ذات اتحادات جيدة لتحسين هذه الصفات وكذلك يمكن اعتمادها كمصدر للمادة الوراثية لتطوير جيل انعزالي جيد. ان الاختلافات بين السلالات الابوية انتقلت الى انسالها من الهجن الفردية والموضحة متوسطاتها وتأثيراتها للقدرة الخاصة على الاتحاد وقوتها في الجدول (4) ويلاحظ من نتائج مقارنة المتوسطات بطريقة دنكن المتعدد المدى أن هناك مدى واسع بين اعلى وأوطأ متوسط للصفات جميعها. وكانت افضل المتوسطات في الهجن (1 x 5) لموعدي التزهير الذكري والأنثوي و(4 x 5) لصفتي ارتفاع النبات وعدد الحبوب بالصف و(2 x 5) لصفتي وزن 300 حبة وحاصل الحبوب بالنبات، ويتضح أن هذه الهجن الثلاث المتميزة في هذه الصفات تشترك بالسلالة الابوبة DK17 التي اظهرت قدرة عامة على الاتحاد مرغوبة للصفات جميعها. وتشير نتائج تأثيرات القدرة الخاصة على الاتحاد أن الهجن (1 x 2) و(1 x 5) و(2 x 5) و(3 x 5) كان لها تأثيرات معنوية مرغوبة لموعد التزهير الذكري، بينما لموعد التزهير الانثوي كانت التأثيرات معنوية مرغوبة في الهجن (2 x 5) و(3 x 5) و(4 x 5)، ويلاحظ أن السلالة 5 التي تميزت بقدرة عامة على الاتحاد مرغوبة عالية المعنوية قد اشتركت في معظم هذه الهجن للصفتين. كانت تأثيرات القدرة الخاصة على الاتحاد لصفة ارتفاع النبات معنوية مرغوبة في الهجن (1 x 2) و(2 x 4) و(3 x 4) و(3 x 5) و(4 x 5). ولصفتي عدد الحبوب بالصف ووزن 300 حبة ظهرت قدرة خاصة معنوية مرغوبة في الهجن (1 x 5) و(2 x 4) و(2 x 5) و(3 x 4). اما لصفة حاصل الحبوب بالنبات كانت القدرة الخاصة على الاتحاد عالية المعنوية بالاتجاه المرغوب في الهجن (1 x 4) و(1 x 5) و(2 x 3) و(2 x 4) و(2 x 5) و(3 x 4) و(3 x 5) و(4 x 5). تبين النتائج السابقة امكانية اختيار واستخدام الهجن ذوات القدرة الخاصة على الاتحاد المعنوية والمرغوبة في برامج التربية لتحسين هذه الصفات، ومن ناحية اخرى ان الهجن المتميزة بقدرتها الخاصة على الاتحاد بالاتجاه المرغوب تتضمن احد الآباء بقدرة عامة على الاتحاد مرغوبة، وهذا يؤكد أهمية تضمين أحد الابوين ان يكون جيداً في قدرته الاتحادية للحصول على اتحادات جيدة في الهجن، ومن دراساتهم حدد (Mhike وآخرون،2011) و(Badu-Apraku وآخرون،2013) و(Hussain وAli،2014) سلالات متميزة في قدرتها العامة على الاتحاد وهجن متفوقة في قدرتها الخاصة على الاتحاد في الذرة الصفراء. يلاحظ في الجدول (4) أيضاً نتائج قوة الهجين قياساً لأفضل الابوين، وتدل أن الهجن (1 x 2) و(1 x 4) و(1 x 5) و(2 x 5) و(3 x 5) اظهرت قوة هجين معنوية بالاتجاه المرغوب لموعدي التزهير الذكري والأنثوي، ولبقية الصفات الاربعة الاخرى كانت قوة الهجين معنوية مرغوبة في الهجن (2 x 4) و(2 x 5) و(3 x 4) و(3 x 5) و(4 x 5) بالإضافة للهجين (1 x 5) لوزن 300 حبة والهجين (2 x 3) لصفتي وزن 300 حبة وحاصل الحبوب بالنبات، وقد لوحظت قيم عالية لقوة الهجين لصفات حاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء من قبل (Aminu وIzge،2013) و(Aminu وآخرون،2014) و(Umar وآخرون،2015). ان مدى استجابة قوة هجن الجيل الاول يعتمد إلى حد كبير على قيمة التربية والتباعد الوراثي بين الابوين المكونين للهجين، بالاضافة الى الظروف البيئية التي تزرع فيها الهجن (Haluaer وMiranda، 1988). يستنتج مما تقدم أن بعض الهجن جمعت بين التفوق في متوسط أدائها والقدرة الخاصة على الاتحاد وقوة الهجين المعنويين في الاتجاه المرغوب وهي: (1 x 5) لموعدي التزهير الذكري والأنثوي و(4 x 5) لصفتي ارتفاع النبات وعدد الحبوب بالصف و(2 x 5) لصفتي وزن 300 حبة وحاصل الحبوب بالنبات، وكذلك تميزت بعض الهجن بقدرة خاصة على الاتحاد وقوة هجين معنوية مرغوبة لأكبر عدد من الصفات ومتوسط أداء جيد بين الوسط والعالي ومنها الهجين (2 x 5) للصفات جميعها ما عدا ارتفاع النبات (لم يصل تأثير قدرتها الخاصة على الاتحاد الى الحد المعنوي) والهجين (4 x 5) لمعظم الصفات، والهجينين (2 x 4) و(3 x 4) لصفات ارتفاع النبات وعدد الحبوب بالصف ووزن 300 حبة وحاصل الحبوب بالنبات، وتتيح هذه النتائج امكانية الاستفادة من هذه الهجن في برامج التربية لتحسين الصفات وتطوير أصناف هجينة جديدة من الذرة الصفراء. يوضح الجدول (5) تقديرات المعالم الوراثية التي تختص بتحديد طبيعة الفعل الجيني المسيطر على الصفات المختلفة

ونسب المكونات الوراثية لها، ومنه يلاحظ ان معامل انحدار Wr على Vr كان غير معنوياً للصفات جميعها، وهذا يعني عدم وجود تداخل جيني. كما تبين الاشكال من 1 الى 6 نتائج التحليل الوراثي التخطيطي للصفات جميعها، فلموعدي التزهير الذكري والانثوي يلاحظ من

جدول (4) متوسطات الهجن (م) وتأثيراتها للقدرة الخاصة على الاتحاد (ت) وقوتها (ق)على أساس أفضل الابوين

Table (4) Hybrids means(m), its specific combining ability effects (T) and heterosis(H) as deviation from better parents

الصفات characters						الهجن Hybrids	
حاصل الحبوب بالنبات (غم) Grains yield per plant(gm)	وزن 300 حبة (غم) 300 grains weight (gm)	عدد الحبوب بالصف Number of grains per row	ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	عدد الايام للتزهير الانثوي Number days to silking	عدد الايام للتزهير الذكري Number days to tasseling		
51.880h	43.200g	20.333g	163.00d e	70.667d e	67.000d	م	x 1 2
**17.864-	0.649-	**6.190-	**5.365	0.222	*1.079-	ت	
**36.62-	**2.933-	*11.667-	**4.667-	**1.667-	**3.000-	ق	
57.360g	38.520h	30.333e	162.67d e	72.333b c	70.000b	م	x 1 3
**19.917-	**3.531-	**1.381-	0.730-	**1.127	**1.683	ت	
**31.140-	**7.613-	*1.667-	**5.000-	0.000	0.667	ق	
79.103e	38.370h	25.667f	162.33d e	70.000e	67.667c d	م	x 1 4
**2.465	**7.431-	**3.333-	**2.730-	0.492-	0.269-	ت	
**9.397-	**7.763-	**6.333-	**5.333-	**2.333-	**2.333-	ق	
74.167f	47.847e	31.67d e	167.67c	59.000f	57.000e	م	x 1 5
**12.889	**5.627	**4.952	0.937-	5.460-	**5.016-	ت	
**14.333-	**1.713	0.333-	0.000	**13.000-	**13.000-	ق	
94.553d	45.303f	33.000d	143.00f	75.333a	73.000a	م	x 2 3
**13.604	0.447-	0.809	**9.397-	**1.413	**1.921	ت	
**26.777	**3.930	1.333-	**11.667-	**2.333	**3.667	ق	
110.960c	62.023b	31.67d e	158.67e	72.667b	70.000b	م	x 2 4
**30.650	**12.523	**2.190	**4.603	0.539-	0.698-	ت	
**67.943	**20.787	**7.667	**10.000	0.000	0.000	ق	
141.690a	66.410a	42.333b	160.00e	69.667e	67.000d	م	x 2 5
**13.962	**1.540	**6.190	1.397	**1.603-	**1.302-	ت	
**106.333	**22.357	**12.667	**10.667	**4.000-	**5.000-	ق	
95.293d	54.813c	44.333a	164.67c d	76.333a	73.333a	م	x 3 4
**7.450	**7.110	**9.667	**4.841	**2.365	**2.397	ت	
**27.517	**13.440	**12.667	**10.000	**3.667	**4.000	ق	
135.183b	52.133d	40.667c	174.67b	71.00c d e	67.667c d	م	x 3 5
**19.568	0.552-	**3.381-	**8.778	**3.222-	**4.016-	ت	
**67.407	**8.080	**9.000	**20.000	**2.000-	*1.667-	ق	
141.180a	62.083b	44.333a	183.00a	71.66c d e	69.00b c	م	x 4 5
**3.172	**1.987-	0.095	**6.111	*0.746-	0.873-	ت	
**97.713	**18.030	**14.667	**33.667	1.000-	1.000-	ق	
98.137	51.070	34.433	163.967	70.867	68.167	معدل الهجن	

قيم المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه لكل صفة لا تختلف عن بعضها معنوياً. (**) و(*) معنوية عند مستوى 1% و5% على التوالي.

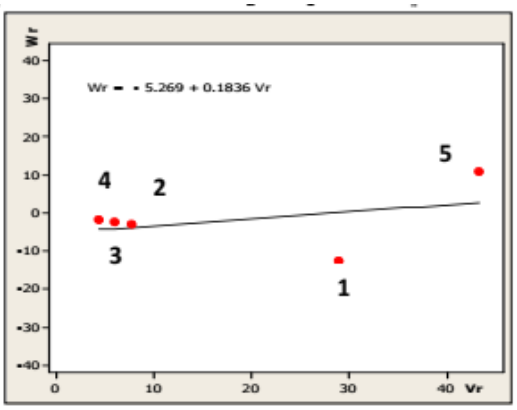
الشكلين (1 و2) وجود سيادة فائقة (نتيجة قطع خط الانحدار للمحور Wr تحت نقطة الاصل) مع نسب من الجينات السائدة والمتنحية في الآباء، ويتضح ان السلالات OH40 وIK58 وZP301 قد احتلت موقعاً قريباً من نقطة الاصل دلالة على احتوائهما على زيادة من الجينات السائدة، بينما كانت السلالة DK17 في الموقع الابعد عن نقطة الاصل دلالة على وفرة نسبية للجينات المتنحية. ويبدو من الجدول (5) ان هناك تأكيد لهاتين الصفتين على وجود سيادة فائقة للجينات نتيجة المقدار العالي لكل من H1 وH2 بالمقارنة مع المكون الاضافي D، فضلاً عن زيادة معدل درجة السيادة (H1/D)1/2 عن واحد. كانت النسبة H2/4H1 مساوية 0.1675 و0.1705 على التوالي وهما اقل وبعيدتان عن 0.25 وتدل هذه النسبة على ان التكرار الجيني للاليلات السائدة الى المتنحية في المواقع التي تظهر السيادة والتي تؤثر على الصفتين غير متساوي، وما يؤكد هذه النتيجة تباعد قيم H1 وH2، وتشير القيم الموجبة لكل من F (19.4133 و13.56)

جدول (5) تقديرات المعالم الوراثية لصفات الذرة الصفراء قيد الدراسة.

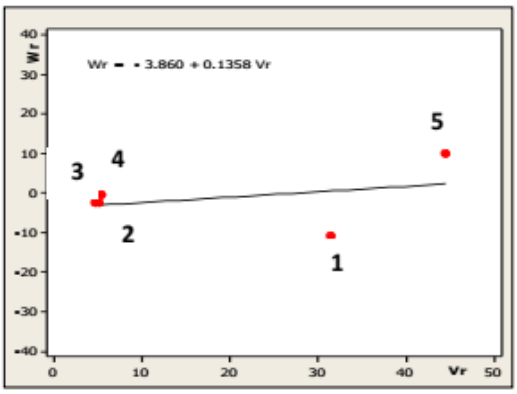
Table (5) Genetic parameters estimates for studied traits of maize

متوسط المربعات						المعالم الوراثية Genetic parameters
حاصل الحبوب بالنبات (غم) Grains yield per plant(gm)	وزن 300 حبة (غم) 300 grains weight (gm)	عدد الحبوب بالصف Number of grains per row	ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	عدد الايام للتزهير الانثوي Number days to silking	عدد الايام للتزهير الذكري Number days to tasseling	
0.0186 ± 0.1946	0.0837 ± 0.2270	0.2332 ± 0.3129	0.0209- ± 0.1063	0.1358 ± 0.2179	0.1836 ± 0.2558	معامل الانحدار Regression coefficient
0.2444 ± 0.3909	0.1689 ± 27.4734	0.3778 ± 12.8359	2.7704 ± 30.7728	0.1926 ± 7.8476	0.3037 ± 7.2099	E
0.4222 ± 0.9576	18.8200 ± 69.7526	17.1000 ± 31.4413	77.1185 ± 75.3777	3.9519 ± 19.2226	5.6963 ± 17.6606	D
1.0844 ± 2.3921	61.7672 ± 174.2418	28.8400 ± 78.5404	77.4533 ± 188.2935	13.5600 ± 48.0181	19.4133 ± 44.1162	F
6.0133 ± 2.5861	413.7346 ± 188.3749	234.9400 ± 84.9109	441.9081 ± 203.5664	82.2926 ± 51.9129	85.3970 ± 47.6946	H1
5.0756 ± 2.3456	286.7650 ± 170.8582	158.8747 ± 77.0152	338.9161 ± 184.6370	56.1357 ± 47.0856	57.2326 ± 43.2594	H2
4.3947 ± 1.5837	235.5758 ± 115.3542	101.3646 ± 51.9965	306.1125 ± 124.6569	21.9041 ± 31.7897	25.4767 ± 29.2065	h2
3.7739	4.6889	3.7066	2.3938	4.5633	3.8719	(H1/D)1/2
0.2110	0.1733	0.1691	0.1917	0.1705	0.1675	H2/4H1
0.8658	0.8215	0.6380	0.9032	0.3902	0.4451	h2/H2
2.0316	2.0769	1.5890	1.5309	2.2049	2.5721	KD/KR
8.3445	36.8936	44.5102	36.9728	36.7735	33.0823	التوريث الضيق Narrow sense heritability

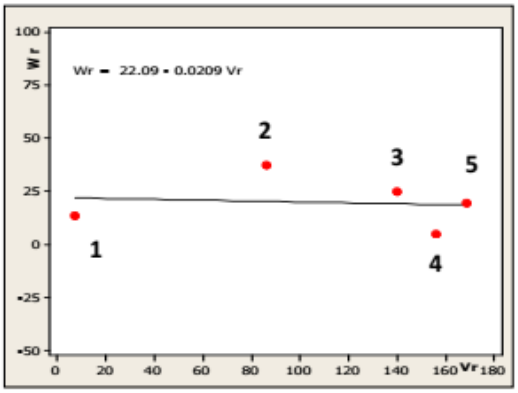
على التوالي) والنسبة KD/KR (2.5721 و2.2049 على التوالي) الى ان جينات النباتات الاكثر تبكيراً هي الاكثر تكراراً في الآباء، وان التقدير الموجب للمكون h2/H2 للصفتين يبين اتجاه السيادة نحو الأب الافضل. ويلاحظ ان التوريث الضيق للصفتين كان متوسطاً (33.0823 و36.7735% على التوالي) تأكيداً على ان معظم الاختلافات المظهرية مسيطراً عليها بالفعل الجيني السيادي. ولصفة ارتفاع النبات، يتضح من الشكل (3) وجود تأثير اضافي للجينات مع انخفاض في السيادة نتيجة اعتراض خط الانحدار للمحور Wr فوق نقطة الاصل، وكانت السلالة HS الاقرب الى نقطة الاصل والسلالتان OH40 وDK17 في الموقع الابعد دلالة على زيادة الجينات السائدة والمتنحية في الموقعين على التوالي. ويبدو من نتائج الجدول (5) ان التباينات العائدة للتأثيرات الاضافية والسيادية كانت معنوية عن الصفر دلالة على ان جميع المكونات تلعب دوراً في السيطرة على الصفة، وان معدل درجة السيادة زاد عن واحد دليل على وجود السيادة الفائقة. بلغت قيمة H2/4H1 (0.1917) وهي اقل من 0.25 اي ان هناك تكرار جيني غير متساوي في جميع المواقع. وتدل قيمة F والنسبة KD/KR الموجبتين على ان جينات النباتات الاكثر ارتفاعاً هي الاكثر تكراراً في الآباء، وقيمة h2/H2 الموجبة توضح ان اتجاه السيادة نحو النباتات الاكثر ارتفاعاً، ويلاحظ ان التوريث الضيق كان متوسطاً للصفة وبلغ (36.9728%) دلالة على ان معظم التغيرات المظهرية يسيطر عليها الفعل الجيني الاضافي والسيادي والارجحية للأخير. يلاحظ بالنسبة لصفتي عدد الحبوب بالصف ووزن 300 حبة، ان اعتراض خط الانحدار للمحور Wr تحت نقطة الاصل (الشكلين 4 و5) والمقدار المعنوي العالي لكل من H1 و H2 مقارنة بالمكون الاضافي D، اضافة الى زيادة قيمة معدل درجة السيادة عن واحد (جدول، 5) وهذه جميعها ادلة واضحة على الفعل الجيني فائق السيادة للصفتين، وهذا تأكيد على ان الطرق التقليدية للتربية التي تعتمد مأثرة الاختلافات الوراثية الاضافية تعد غير مفيدة في تحسين هاتين الصفتين وراثياً. ان قيمة النسبة KD/KR الاكبر من واحد (1.589 و2.0769 للصفتين على التوالي) تشير الى عدم المساواة بين عدد الاليلات السائدة والمتنحية في الآباء. ويبدو ان السلالتين HS وIK58 ولكون قيمتي Wr و Vr لهما منخفضتين (الجدول 3 والشكلين 4 و5) يمتلكان زيادة من الجينات السائدة، وبالابتعاد عن نقطة الاصل على خط الانحدار فان الآباء تمتلك زيادة في الجينات المتنحية، واكثرها في السلالتين OH40 لعدد الحبوب بالسنبلة وZP301 لوزن 300 حبة والموجودتين في الموقع الابعد عن نقطة الاصل. ويبدو من الجدول (5) ان قيمتي h2 و h2/H2 الموجبتين للصفتين تجعل اتجاه السيادة نحو الآباء ذوات العدد الاكثر من الحبوب بالصف والوزن الاعلى للحبوب، وان التوريث الضيق المتوسط في قيمته (44.4102 و36.8936% للصفتين على التوالي) يوضح تغيرات اضافية وغير اضافية في الشكل المظهري للصفة. واخيراً ان خط انحدار صفة حاصل الحبوب بالنبات قطع المحور Wr تحت نقطة الاصل (الشكل 6) مبيناً السيادة الفائقة، ويلاحظ ان السلالة HS تمتلك زيادة من الجينات السائدة، بينما تبدو السلالة DK17 انها تمتلك التركيز الاعلى من الجينات المتنحية. كذلك فان القيمتين الاعلى للمكونين H1 وH2 عن المكون الاضافي D، ومعدل درجة السيادة الاكبر من الواحد (3.7739)، تعد شواهد على التأثير الجيني فائق السيادة لهذه الصفة. ان النسبة H2/4H1 والمساوية (0.211) هي الاقرب مقارنة ببقية الصفات والبعيدة ايضاً عن 0.25 دلالة على التوزيع غير المتماثل لتكرارات الاليلات الموجبة والسالبة بين الآباء، وان النسبة KD/KR الاكبر من واحد تشير الى عدم تماثل توزيع الجينات بين الآباء، في حين ان النسبة h2/H2 (=0.8658) تدل على التركيز الاعلى للجينات المتنحية لهذه الصفة، والتي لا تعني ان هذه الصفة غير مسيطر عليها بالجينات السائدة، وفي مثل هذه الحالة يظهر ان هناك تأثير منخفض للجينات السائدة والمتنحية. ان التوريث الضيق الواطئ(8.345%)للصفة يبين الدور الاكبر للتأثيرات الجينية السيادية نسبة الى الاضافية وتأثير بيئي اعلى.



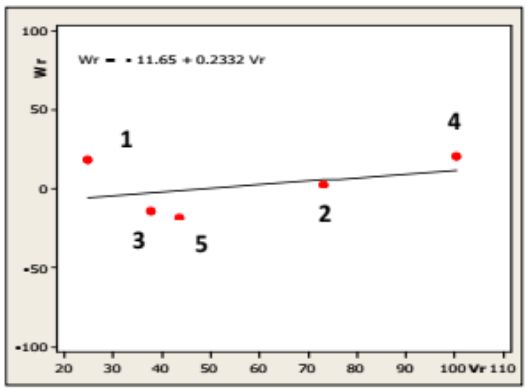
شكل (1): رسم Vr/Wr لموعد التزهير
Fig(1): Vr/Wr draw for number days to tasseling



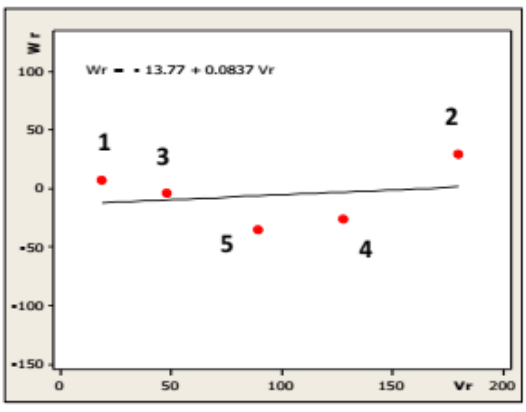
شكل (2): رسم Vr/Wr لموعد التزهير الانثوي
Fig(2): Vr/Wr draw for number days to silking



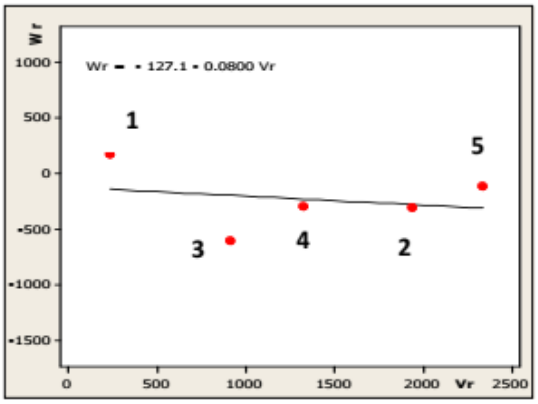
شكل (3): رسم Vr/Wr لارتفاع النبات
Fig(3): Vr/Wr draw for plant height



شكل (4): رسم Vr/Wr لعدد الحبوب بالصف
Fig(4): Vr/Wr draw for number of grains per row



شكل (5): رسم Vr/Wr لوزن 300 حبة
Fig(5): Vr/Wr draw for 300 grain weight



شكل (6): رسم Vr/Wr لحاصل الحبوب بالنبات
Fig(6): Vr/Wr draw for grain yield per plant

HS و(2) ZP301 و(3) IK58 و(4) OH40 و(5) DK17

يستنتج من العرض السابق لمكونات التباين والمعالم الوراثية ان المساهمات التي قدمتها أزواج الجينات اظهرت درجات مختلفة من السيادة للصفات المختلفة التي تناولتها الدراسة، وان مساهمات الجينات المختلفة تعتمد على مقدار تأثيراتها، وان تقديرات مكونات الجين اظهرت درجات مختلفة من السيادة للصفات المختلفة تراوح بين السيادة الجزئية الى الفائقة. والاكثر من ذلك فان الدور الحقيقي لتأثيرات الجين كان مختلفاً للصفات المدروسة، اذ سجلت وبوضوح تأثيرات اضافية وتأثيرات سيادية، مع غياب التأثيرات التفوقية للصفات قيد الدراسة جميعها، وبالرغم من ارجحية التأثيرات السيادية يجب عدم اهمال اي منها اذ كانت مهمة لصفات موعدي التزهير الذكري والانثوي وارتفاع النبات وعدد الحبوب بالصف ووزن 300 حبة والتي أظهرت توريث متوسط، بينما التركيز الاساسي يكون على التأثيرات السيادية لصفة حاصل الحبوب بالنبات التي كان توريثها الضيق واطئ جداً.

COMBINING ABILITY, GENE ACTION AND HETEROSIS IN MAIZE (*ZEA MAYS* L.)

Khalil H. Kanoosh
Northern Technical University - Technical Institute in Mosul
E-mail:

ABSTRACT

Five maize pure lines (HS, ZP301, IK58, OH40 and DK17) were used in half diallel cross to develop 10 single crosses. Pure lines and their crosses were planted at Al-Qubba, Telkeef (Nineveh Governorate) in ist July 2013 using randomized complete block design with three replicates. General combining ability effects for lines, specific combining ability effects for hybrids, heterobeltiosis as deviation from better parent, genetic variance components and narrow sense heritability were estimated, and adoption of the graphic analysis method for traits, number of days to 50% tasselling and silking, plant height, number of grains per row, 300 grain weight and grain yield per plant. The results showed that mean square of genotypes, parents, crosses, general and specific combining abilities was highly significant for all trairs. The pure line DK17 characterized by desired highly significant general combining ability effects for all traits except 300 grain weight (not significant), and the two crosses (ZP301 x DK17) and (OH40 x DK17) by significant desirable specific combining ability effects and heterobeltiosis for most traits including grain yield per plant. Additive genetic variance components were not significant from zero for most traits, while dominance components were significant for all traits. The values of dominant components were more than that of additive for all traits. Graphic analysis suggested the absence of epistatic gene action (non-allelic interaction) for all traits. Narrow sense heritability was low for grain yield per plant (8.3445%) and moderate for other traits.

Key words: Diallel cross، Combining ability ،Gene action، Heterosis، Heritability

Received: 4/3/2018, Accepted: 10/9/2018

المصادر

الزبيدي، خالد محمد داؤد وخالد خليل أحمد الجبوري (2016). تصميم وتحليل التجارب الوراثية. دار الوضاح للنشر، المملكة الاردنية – عمان، مكتبة دجلة للطباعة والنشر والتوزيع، جمهورية العراق – بغداد.

العذاري، عدنان حسن محمد (1999). أساسيات في الوراثة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل.

Al-Zubaidy, K. M. D. and M. A. H. Al-Falahy (2016). Principle and Procedures of Statistics and Experimental Design. Duhok University Press, Iraq.

Aminu, D. and A. U. Izge (2013). Gene action and heterosis for yield and yield traits in maize (Zea mays L.) under drought conditions in Northern guinea and Sudan savannas of Boron State, Nigeria. Peak Journal Agricultural Science, 1 (1): 17-23.

Aminu, D., S. G. Muhammed and B. G. Kabir (2014). Estimates of combining ability and heterosis for yield and yield traits in maize population (Zea mays L.) under drought conditions in the Northern Guinea and Sudan savanna zones of Borno State, Nigeria. International Journal of Agricultural, Innovations and Research, 2(5): 824-830.

Atif, I. A., A. A. Awadalla, M. K. Mutasim, E. I. Atif and M. O. Abdellatif (2012). Combining ability and heterosis for yield and yield components in maize (Zea mays L.) Australian Journal Basic and Applied Science, 6(10): 36-41.

Badu-Apraku, B., M. Oyekunle, R. O. Akinwale, and M. Aderounmu (2013). Combining ability and genetic diversity of extra-early white maize inbreds under stress and non-stress environments. Crop Science, 53:9-26.

Beck, D. L., S. K. Vasal, and J. Carossa (1990). Heterosis and combining ability of CIMMYT tropical early and intermediate maturity maize (Zea mays L.) germplasm.Maydica, 35: 279-285.

Bolanos, J. and G. O. Edmeades (1993). Eight cycles of drought tolerance in lowland tropical maize. I. Response in grain yield, biomass, and radiation utilization. Field Crops Research, 31: 233-252.

Griffing, B.(1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, Australian Journal Biological Science 9: 463-493.

Hallauer, A. R and J. B. Miranda (1988). Quantitative Genetics in Maize Breeding. State University Press, USA. pp 468.

Hayman, B.I. (1954). The analysis of variances of diallel tables Biometrics 10:235-244.

Hayman, B.I. (1958). The Theory and analysis of diallel crosses. Genetic 43: 63-85.

Hussain, M. A. and I. H. Ali (2014). Combining ability, gene action and heterosis in some inbred lines of maize at two sowing dates using factorial mating design. al International Journal Pure and Applied Science and Technology, 21(1): 17-30.

Jinks, J. L. (1954). The analysis of heritable variation in diallel crosses of Nicotiana rustica L. varieties. Genetic. 39: 767-788.

Jinks, J. L. (1956). The F2 and back cross generation from a set of diallel crosses. Heredity. 10: 1-30.

Mather K. and J. L. Jinks (1982). Biometrical Genetics. (3Eds). Chapman and Hall, London.

Menkir, A. and A. O. Akintunde (2001). Evaluation of the performance of maize hybrids, improved open-pollinated and farmers' local varieties under well watered and drought stress conditions. Maydica, 29: 287-303.

Mhike, X., D. M. Lungu and B. Vivek (2011). Combining ability studies amongst AREX and CIMMYT maize (Zea mays L.) inbred lines under stress and non stress conditions. African Journal Agricultural Research, 6(8): 1952-1957.

Morris, M. L., J. Risopoulos, and D. Beck (1999). Genetic changes in farmer – recycled maize seed: A review of the evidence. CIMMYT Econ. Working Paper No. 99–07. Mexico. Sharief, A. E., S. E. El-Kalla, H. E. Gado and H. A. E. Abo-Yousef (2009). Heterosis in yellow maize. Australian Journal Crop Science, 3: 146-154.

Sprague, G. F. L. A. and Tatum, L.A. (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. Agronomy Journal, 34: 923-932.

Umar, U. U., S. G. Ado, D. A. Aba and S. M. Bugaje (2014). Estimates of combining ability and gene action in maize (Zea mays L.) under water stress and non-stress conditions. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 4(25): 247-253.

Umar, U. U., S. G. Ado, D.A. Aba and S. M. Bugaje (2015). Combining ability, gene action and heterosis in maize (Zea mays L.) under drought stress. International Journal of Agriculture Innovations and Research, 3(3): 2319-1473.

White, P. J. and L. A. Johnson, (2003). Corn: Chemistry and Technology, 2nd edition.American Association of Cereal Chemists, St. Paul, M. N. USA. pp. 892.