Combining ability evaluation in maize lines and their diallel crosses

تقييم المقدرة الاتحادية في سلالات من الذرة الصفراء وهجنها التبادلية

خالد محمد داؤد عبد الستار احمد محمد شكر محمود رمو
جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات المديرية العامة لتربية نينوى

الخلاصة

تم اعتماد التهجين التبادلي النصفي الذي يضم تسع سلالات نقية (CA21R وZM41R وINBRED6 وZM51 و INBRED12 وIK8 وOH40 وZM49R وINBRED21) لدراسة ست صفات (عدد الأيام حتى 50% تزهير أنثوي وارتفاع النبات والمساحة الورقية وعدد الصفوف بالعرنوص وعدد الحبوب بالصف وحاصل الحبوب بالنبات)، بهدف تحديد طبيعة الفعل الجيني في الآباء والهجن الناتجة منها. أظهرت نتائج تحليل التباين أن متوسط مربعات القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد كان معنوياً للصفات جميعها ما عدا المساحة الورقية في حالة القدرة العامة على الاتحاد، دلالة على وجود تأثيرات إضافية للجينات وغير إضافية تتحكم في توريث هذه الصفات. ومع ذلك، أشارت قيم مكونات التباين أن التأثيرات الجينية السيادية كانت أكبر للصفات جميعها. تميزت السلالة ZM41R بتأثير معنوي لقابلية الاتحاد العامة للصفات جميعها باستثناء عدد الأيام حتى 50٪ تزهير أنثوي. وأظهرت الهجن (CA21R x INBRED12) و(ZM41R x ZM49R) و(INBRED6 x ZM51) و(INBRED6 x INBRED21) و(ZM51 x OH40) تأثيرات معنوية مرغوبة لقابلية الاتحاد الخاصة لأكبر عدد من الصفات بضمنها حاصل الحبوب بالنبات، ويمكن الاستفادة منها في تطوير أصناف هجينية عالية الإنتاجية وكذلك استثمار ظاهرة قوة الهجين. تراوح التوريث بالمعنى الضيق بين 2.819٪ إلى 29.334٪ لصفتي المساحة الورقية وحاصل الحبوب بالنبات على التوالي.

ABSTRACT

A half diallel cross comprising nine inbred lines (CA21R, ZM41R, INBRED6, ZM51, INBRED12, IK8, OH40, ZM49R and INBRED21) was studied for six traits (days to 50% tasselling, plant height, leaf area, number of rows per ear, number of grains per row and grain yield per plant), to determine the nature of gene action in parents and hybrid population. The analysis of variance revealed that mean square of general combining ability (gca) and specific combining ability (sca) was significant for all characters except leaf area in case of gca, indicated the presence of additive as well as non additive gene effects for controlling the traits. However, relative magnitude of these variances indicated that dominance gene effects were more prominent for all studied characters. Parent ZM41R was the best general combiner for all characters except number of days to 50% tasselling. The crosses (CA21R x INBRED12), (ZM41R x ZM49R), (INBRED6 x ZM51), (INBRED6 x INBRED21) and (ZM51 x OH40) showing significant sca effects for larger number of traits including grain yield per plant and could be utilized for developing high yielding hybrid varieties as well as for exploiting hybrid vigor. The range of narrow sense heritability was from 2.819% to 29.334%, respectively, for leaf area and grain yield.

المقدمة

الذرة الصفراء *Zea mzys* L. من محاصيل الحبوب الأكثر أهمية في العالم بعد القمح والرز. وهي تمتلك إمكانيات إنتاجية كبيرة وحققت مكانة رائدة بين الحبوب على أساس الإنتاج والإنتاجية (1). إن التقدم في علم جينومات الذرة الصفراء وتربيتها وإنتاجها له دور كبير على حياة نسبة كبيرة من سكان العالم (2). وفي الذرة الصفراء كل جزء من النبات له قيمة اقتصادية، إذ تستخدم الحبوب والأوراق والساق والحريرة في إنتاج المئات من المنتجات الغذائية وغير الغذائية. إن الغرض الرئيسي من تربية الذرة هو تطوير سلالات نقية وهجن من شأنها أن تتفوق على الموجودة منها فيما يتعلق بعدد من الصفات الهامة. وفي العمل من أجل هذا الهدف، لا بد من ايلاء اهتمام خاص بحاصل الحبوب كواحدة من الصفات الأكثر أهمية من الناحية الاقتصادية في الذرة (3). ويعد حاصل الحبوب صفة كمية معقدة تعتمد على عدد من العوامل التي تورث بطريقة كمية (4). وهي كصفة كمية تتأثر كثيراً بالظروف البيئية، ولها طريقة معقدة في وراثتها وكذلك نسبة توريث واطئة (5)، وهي أيضاً تتأثر ببعض المكونات الأخرى مثل عدد الصفوف بالعرنوص وعدد الحبوب بالصف وغيرها.

إن اختيار السلالات الأبوية التي يمكن اعتمادها في تطوير هجن متميزة تعد المرحلة الأكثر كلفة وتستغرق فترة زمنية طويلة في تطوير هجن الذرة، وأن سلوك السلالات النقية للذرة بحد ذاته لا يعطي تنبؤ لسلوك الهجن في حاصل الحبوب (6). لذلك فان التنبؤ بقيم الهجن الفردية أو قوة الهجين بين السلالات الأبوية النقية يمكن أن يزيد كفاءة برامج تربية الهجن (7). إن الهدف الرئيسي من تربية الذرة الصفراء هو الحصول على هجن جديدة بإمكانية وراثية عالية للحاصل ومميزات ايجابية تتجاوز الهجن التجارية القائمة (8). وعليه يعد تحليل القدرة على الاتحاد طريقة مهمة للكشف عن الفعل الجيني ويستخدم كثيراً من قبل مربي المحصول لاختيار الآباء ذوات التأثيرات العالية للقدرة العامة على الاتحاد والهجن ذوات التأثيرات العالية للقدرة الخاصة على الاتحاد (9). إن تباين القدرة العامة على الاتحاد يرتبط بالتأثيرات الوراثية الإضافية، بينما تلك المتعلقة بالقدرة الخاصة على الاتحاد تتضمن التأثيرات الوراثية غير الإضافية التي تنشأ إلى حد كبير عن الانحرافات السيادية والتداخلية فيما يتعلق ببعض الصفات. وفي منهجية برامج التربية لا بد من تحديد أفضل الآباء للتهجينات، والهجن لزيادة الاختلافات الوراثية لغرض انتخاب التراكيب الوراثية المتفوقة (6)، وواحدة من الخطوات الأساسية لتطوير الهجن هي اختبار السلالات النقية من حيث قدرتها على الاتحاد، ويعد التهجين التبادلي نظام يستخدم بشكل واسع في تربية النبات لاختبار القدرة على الاتحاد للسلالات الأبوية لتحديد أفضل الآباء لاستخدامها في برامج تطوير الهجين (10 و11 و12). وقد اختبرت القدرة على الاتحاد في الذرة الصفراء من قبل العديد من الباحثين ومنهم (13 و14 و15). أشار (10) إلى أن التوريث للصفة يقترب من حده الأقصى في الأجيال المتعاقبة بعد التهجين. وبالإضافة إلى ذلك فان وجود التأثير الجيني الإضافي للصفة يدل على أن الانتخاب يمكن أن يكون ناجحاً (16). وبالإضافة إلى التأثيرات الجينية، فان المربي يرغب في معرفة التغايرات الوراثية في المحصول والى أي مدى تورث هذه التغيرات، لان كفاءة الانتخاب تعتمد بالأساس على التباين الوراثي الإضافي وتأثير البيئة والتداخل بين التركيب الوراثي والبيئة (17)، وان تأثيرات كبيرة للتداخل الوراثي البيئي تميل إلى أن ينظر إليها كمشكلة في التربية لان النقص في الاستجابة المتنبأ بها يعيق التحسين من الانتخاب. إن معظم المصادر عن الذرة الصفراء، ومعظم أنواع النباتات المدروسة على نطاق واسع، تشير إلى أن التأثيرات الإضافية للجينات مع سيادة جزئية إلى تامة تعد أكثر أهمية من التأثيرات السيادية في تحديد حاصل الحبوب (18). ونظراً لتنوع البيئآت التي تزرع فيها الذرة الصفراء في العراق يجب أن يؤخذ في الاعتبار التداخل الوراثي البيئي. ولهذا السبب لا بد من تحديد الهجن ليس فقط الواسعة التكيف المقدرة من متوسط الحاصل، ولكن كذلك أن تكون عالية الاستقرارية، وهذا، مع قوة الهجين قياساً بأفضل الآباء على التكيف مع التغيرات البيئية. وقد تم بالفعل مقارنة الاستقرارية في أنواع من الهجن من خلال بعض الدراسات (19). ولكن، هناك القليل من المعلومات بشأن استقرار تأثيرات القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد. وربما، عند تحديد الهجن الفردية ذوات الاستقرارية العالية للقدرتين العامة والخاصة، فان التوافقات الهجينية التي يتم الحصول عليها من هذه الآباء تعطي كذلك قوة هجين أعلى قياساً بأفضل الأبوين للتغايرات البيئية.

إن الهدف من الدراسة الحالية تقييم تأثيرات القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد لتسع سلالات نقية من الذرة الصفراء وهجنها التبادلية غير العكسية، وتحديد طبيعة الفعل الجيني الذي يتحكم بوراثة حاصل الحبوب ومكوناته وتقدير بعض المعالم الوراثية وذلك للتعرف على أفضل السلالات الأبوية وتوافقاتها في الهجن.

مواد البحث وطرائقه

استخدم في الدراسة الحالية تسعة سلالات نقية من الذرة الصفراء، هي: (1) CA21R و(2) ZM41R و(3) INBRED6 و(4) ZM51 و(5) INBRED12 و(6) IK8 و(7) OH40 و(8) ZM49R و(9)INBRED21 والتي كان اختيارها على أساس الصفات الحقلية المختلفة. زرعت هذه السلالات في منطقة الرحمانية المجاورة لجامعة الموصل خلال الموسم الخريفي لعام 2011 وأجري بينها تضريب تبادلي حسب طريقة (11) الثانية. تم تقييم هجن الجيل الأول التي تم الحصول عليها (36 هجين فردي) جنباً إلى جنب مع آباءها باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات في المنطقة ذاتها خلال الموسم الربيعي لعام 2012، إذ زرعت بذور التراكيب الوراثية في الأول من نيسان (في ارض كانت مزروعة بالباقلاء ومضاف لها سماد عضوي) على مروز طولها 5 م والمسافة بينها 0.5 م وبين النباتات في الثلث العلوي من المرز 0.30 م، واستخدم نظام الري بالتنقيط خلال الموسم. أجريت عمليات إدارة المحصول والتي اشتملت على إعداد الأرض والدورة الزراعية والتسميد والري ومكافحة الأدغال حسب الحاجة والتوصيات، واتخذت تدابير وقاية النباتات لجعل المحصول خالي من الإصابات الحشرية والمرضية. اختيرت عشرة نباتات من كل وحدة تجريبية مع ترك النباتات الطرفية وسجلت البيانات عن الصفات: عدد الأيام من الزراعة حتى 50% تزهير أنثوي وارتفاع النبات (سم) والمساحة الورقية (سم^2) وعدد الصفوف بالعرنوص وعدد الحبوب بالصف وحاصل الحبوب بالنبات (غم). وحللت البيانات على أساس متوسط الوحدة التجريبية باستخدام النموذج الرياضي الآتي:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + R_k + e_{ijk} \quad \{I, j = 1, 2, \ldots\ldots, 9 \quad ; \quad k = 1, 2, 3$$

اذ أن: Y_{ijk} قيمة المشاهدة في كل وحدة تجريبية، μ متوسط عام العشيرة، g_i تأثير القدرة العامة على الاتحاد للأب (i)، g_j تأثير القدرة العامة على الاتحاد للأب (j)، S_{ij} تأثير القدرة الخاصة على الاتحاد للهجين (ij)، R_k تأثير القطاع k وe_{ijk} تأثير الخطأ التجريبي. وقورنت الفروقات بين متوسطات كل من السلالات والهجن وللصفات المختلفة بطريقة دنكن المتعدد المدى.

اجري تحليل التباين للقدرة على الاتحاد باستعمال قيم متوسطات الآباء وهجنها التبادلية وباعتماد طريقة (11) الثانية (النموذج الثابت). تم تقييم الأهمية النسبية للقدرتين العامة والخاصة على الاتحاد في تحديد سلوك النسل من خلال النسبة 2GCA MS/ (2GCA MS + SCA MS) (20)، إذ أن GCA MS وSCA MS تعني متوسط مربعات القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد على التوالي. وقدرت تأثيرات القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد للآباء والهجن على التوالي واختبرت معنويتها عن

الصفر من خلال تقدير الخطأ القياسي لكل منهما. وقدرت مكونات التباين، الوراثي الأضافي السيادي والبيئي من خلال متوسط المربعات المتوقع في جدول تحليل التباين، واختبرت معنويتها عن الصفر حسب طريقة (21)، ومن خلالها قدرت قيم بعض المعالم الوراثية (التوريث بمعنييه الواسع والضيق ومعدل درجة السيادة والتحسين الوراثي المتوقع) (22). واستخدمت في انجاز التحاليل الإحصائية والوراثية البرمجيات الجاهزة (Statistical Analysis System (SAS version 9 و Minitab و Microsoft Office Excel 2003.

النتائج والمناقشة

تظهر في الجدول (1) نتائج تحليل التباين للصفات موضوع الاختبار، ويلاحظ أن متوسط مربعات التراكيب الوراثية (الآباء وهجن الجيل الأول) والسلالات الأبوية والهجن التبادلية كل، على حده، كان معنوياً عالياً للصفات جميعها ما عدا صفتي ارتفاع النبات والمساحة الورقية، إذ كان فيها معنوياً عند مستوى احتمال 5% في حالة السلالات الأبوية، وتدل هذه الاختلافات على التباعد الوراثي الكبير في هذه العشائر، وعليه ونظراً لمعنوية الاختلافات بين التراكيب الوراثية للصفات جميعها، فان التحليل الوراثي اللاحق للقدرة على الاتحاد يعد ضرورياً. ولذلك فقد تم تجزئة التغيرات الوراثية الكلية إلى القدرتين العامة والخاصة على الاتحاد (الجدول 2)، ومنه يلاحظ أن متوسط مربعات القدرة العامة على الاتحاد كان معنوياً عالياً لصفات عدد الأيام للتزهير الأنثوي و ارتفاع النبات و عدد الصفوف بالعرنوص و عدد الحبوب بالصف و حاصل الحبوب بالنبات، دلالة على أهمية دور التأثيرات الجينية الإضافية لهذه الصفات، ما عدا صفة المساحة الورقية (إذ كان متوسط المربعات فيها غير معنوياً). وكان للقدرة الخاصة على الاتحاد معنوياً عالياً للصفات جميعها دلالة على أهمية التأثيرات للجينات غير الإضافية (السيادية والتداخلية). ويلاحظ أن النسبة (2GCA MS + SCA MS) /2GCA MS كانت اكبر من 0.75 لصفات عدد الأيام للتزهير الأنثوي وعدد الصفوف بالعرنوص وحاصل الحبوب بالنبات وهذا يدل على أن التأثيرات الجينية الإضافية كانت أكثر أهمية من تلك غير الإضافية في السيطرة على توريث هذه الصفات، بينما كانت النسبة اقل للصفات الأخرى دلالة على الأهمية الأكبر للتأثيرات الجينية غير الإضافية في وراثتها، وقد حصل (23 و24) على نتائج مشابهة لصفتي عدد الصفوف بالعرنوص وحاصل الحبوب بالنبات، وتوصل (25) من دراستهم على التأثيرات الجينية الأكبر كانت أضافية لصفة عدد الصفوف بالعرنوص وغير أضافية لحاصل الحبوب بالنبات، بينما لاحظ (26) وجود تأثيرات جينية أضافية وغير أضافية لحاصل الحبوب بالنبات وعدد الصفوف بالعرنوص.

تظهر في الجدول (3) متوسطات ألآباء للصفات المختلفة وتأثيراتها للقدرة العامة على الاتحاد، ومنه يلاحظ لصفة عدد الأيام للتزهير الأنثوي، ونظراً لأهمية التبكير بالنضج الذي يتضح من خلال العدد الأقل من الأيام لبدء التزهير الأنثوي للسلالات الأبوية CA21R و ZM51 و INBRED12 والتي أظهرت قدرة عامة على الاتحاد سالبة ومعنوية، فإنها تعد الأفضل في قابليتها الاتحادية لهذه الصفة. ولصفتي ارتفاع النبات والمساحة الورقية أعطت السلالة ZM41R أعلى المتوسطات بلغت 176.33سم و500.67سم على التوالي وفي الوقت ذاته أعطت قدرة عامة على الاتحاد معنوية بالاتجاه المرغوب، وعليه فهي الأكثر كفاءة في تحسين هاتين الصفتين. تميزت السلالات ZM49R و ZM41R و ZM51 بإعطائها أعلى المتوسطات لعدد الصفوف بالعرنوص بلغت على التوالي 17.333 و16 و15 صف، والتي اقترنت بقدرة عامة موجبة ومعنوية لهذه السلالات، ولهذا السبب تعد هي الأفضل في تحسين هذه الصفة. بلغ متوسط أداء السلالة الأبوية ZM41R لصفة عدد الحبوب بالصف (32.0 حبة) بفارق معنوي عن ما هو عليه في معظم السلالات الأخرى، وكذلك تميزت بأعلى قدرة عامة على الاتحاد (معنوية بالاتجاه المرغوب) وبذلك فهي الأكثر فائدة في تحسين هذه الصفة، تليها في الأهمية السلالة INBRED6، وأخيراً لصفة حاصل الحبوب بالنبات أظهرت السلالة OH40 أعلى معدل بلغ 148.33غم بفارق معنوي عن جميع السلالات الأخرى بالإضافة إلى تميزها بأعلى تأثير للقدرة العامة على الاتحاد (معنوي بالاتجاه المرغوب)، وبذلك يمكن الاستفادة منها في برامج التربية لتحسين الصفة، تليها في الأهمية السلالة ZM41R. ويلاحظ بشكل عام أن السلالة ZM41R أظهرت تأثيراً للقدرة على الاتحاد معنوياً مرغوباً للصفات جميعها باستثناء عدد الأيام للتزهير الأنثوي مقترنة بمتوسطات أداء عالية. ومن دراسات سابقة حصل (23 و27) على تأثيرات متباينة للقدرة العامة على الاتحاد لسلالات الذرة الصفراء لحاصل الحبوب بالنبات وبعض مكوناته من الصفات الأخرى. تظهر نتائج تأثيرات القدرة الخاصة على الاتحاد للهجن التبادلية ومتوسطات أدائها وللصفات المختلفة في الجدولين (4 و5)، ويبدو أن عدد محدود من الهجن الفردية أظهر تأثير معنوي للقدرة الخاصة على الاتحاد بالاتجاه المرغوب لكل صفة (الجدول، 4)، إذ بلغ عدد الهجن ذوات التأثيرات المعنوية المرغوبة سبعة لكل من المساحة الورقية وعدد الصفوف بالعرنوص وعدد الحبوب بالصف، وستة لصفة عدد الأيام للتزهير الأنثوي، وخمسة لصفة ارتفاع النبات وإحدى عشرة لحاصل الحبوب بالنبات. ويلاحظ أن الهجين (CA21R x INBRED12) تميز بتأثيرات معنوية مرغوبة لأربعة صفات هي: ارتفاع النبات والمساحة الورقية وعدد الحبوب بالصف وحاصل الحبوب بالنبات، وفي الوقت ذاته كان له متوسطات أداء عالية لهذه الصفات (الجدول، 5)، تلته الهجن (ZM41R x ZM49R) و(INBRED6 x ZM51) و(INBRED6 x INBRED21) و(ZM51 x OH40)، وكان لكل منها تأثير معنوي مرغوب لثلاثة صفات بضمنها حاصل الحبوب بالنبات، بالإضافة إلى إعطائها متوسطات أداء جيدة لهذه الصفات، ومن دراسة سابقة حصل (23) على تأثيرات معنوية للقدرة الخاصة على الاتحاد أظهرتها بعض الهجن لصفات حاصل الحبوب ومكوناته من الصفات الأخرى. ويلاحظ أن معظم الهجن الفردية ذوات التأثيرات المعنوية المرغوبة لصفة ما كان على الأقل واحد من أبويها قد أعطى تأثيراً معنوياً مرغوباً لتلك الصفة. ويبدو من نتائج الجدول (4) أن معظم الهجن الفردية كان لها تأثيرات غير معنوية في طبيعتها للقدرة الخاصة على الاتحاد (سواء أكانت موجبة أم سالبة)

من بين 36 هجيناً، ولهذا فان أفضل عشرة هجن على أساس حاصل الحبوب بالنبات حددت مع تأثيراتها للقدرة الخاصة على الاتحاد في الجدول (6)، ومن بينها سجل الهجين (ZM41R x IK8) أعلى حاصل للحبوب بالنبات (116,53 غم)، تلاه الهجين (ZM51 x OH40) بمتوسط 114,8 غم، بينما كان الهجين (IK8 x OH40) الأخير بمتوسط قدره 94,13 غم. ويلاحظ أن الهجين المتفوق في أدائه للحاصل (ZM41R x IK8) أعطى أيضاً تأثير معنوي مرغوب للقدرة الخاصة على الاتحاد للصفة ذاتها، وأن الأبوين المكونين له كانا ذوي تأثير للقدرة العامة على الاتحاد عالي x عالي، بينما جاء الهجين المتميز في أدائه للصفة (ZM51 x OH40) والذي كان تأثيره عالياً للقدرة الخاصة على الاتحاد عن أبوين ذوي تأثير للقدرة العامة على الاتحاد واطئ x عالي، وهذا يدل على أن هذا الهجين له أب واحد فقط بقدرة عامة على الاتحاد عالية بالاتجاه المرغوب، وكانت النتيجة قدرة خاصة عالية على الاتحاد والتي قد تقود إلى قوة هجين عالية. إن إمكانية الهجين الناتج من أبوين واطئ x عالي في قدرتهما العامة على الاتحاد تعزى إلى التداخل بين الاليلات السائدة من الأب العالي في قدرته العامة على الاتحاد والاليلات المتنحية من الأب الآخر الواطئ (28)، رغم أن، هناك هجن أخرى تميزت بجودة حاصل الحبوب، وان تأثيرها للقدرة الخاصة على الاتحاد كان غير معنوياً وربما بالاتجاه غير المرغوب ومنها الهجينين (ZM41R x OH40) و(IK8 x OH40)، وهذا يدل أيضا على أن القدرة الخاصة على الاتحاد تعد خاصية الهجين، ربما عالية في بعض الهجن وواطئة في هجن أخرى، ولهذا السبب فان تقييم خاصية الهجين هي أمر لا بد منه، وفي هذا الصدد فان الهجين المتفوق (ZM41R x IK8) يمكن أن يستخدم كهجين فردي قوي واختبار المزيد من الهجن الأخرى.

يبين جدول (7) تقديرات المعالم الوراثية للصفات المختلفة، ومنه يتضح أن التباينين الوراثيين الإضافي والسيادي كانا معنويين عن الصفر للصفات جميعها، دلالة على أهميتهما في السيطرة على وراثة هذه الصفات، ويلاحظ أن قيم التباين السيادي كانت اكبر من تلك الخاصة بالإضافي لجميع الصفات، وهذا يدل على أن التأثيرات الجينية السيادية كانت أكثر أهمية للصفات جميعها. ولهذا السبب يلاحظ أن قيم التوريث بالمعنى الضيق كانت أقل كثيراً منها في التوريث بالمعنى الواسع، اذ تراوحت قيم التوريث الضيق بين 2,819% لصفة المساحة الورقية و29,334% لحاصل الحبوب بالنبات، أي أنها كانت واطئة للصفات جميعها، وهذا يعني عدم ملائمة الانتخاب للتأثيرات الجينية الإضافية بين السلالات موضوع الدراسة، بينما تراوحت قيم التوريث بالمعنى الواسع بين 49,52% لارتفاع النبات و82,436% لحاصل الحبوب بالنبات، أي أنها كانت عالية لعدد الصفوف بالعرنوص وحاصل الحبوب بالنبات ومتوسطة لبقية الصفات. ظهر معدل درجة السيادة اكبر من الواحد للصفات جميعها دلالة على وجود السيادة الفائقة، وان هذه القيم الفائقة السيادة والتي تراوحت بين 1,713 لعدد الصفوف بالعرنوص و5,882 للمساحة الورقية ربما يعود سببها إلى توزيع الجينات المرتبطة بين الآباء، ولهذا فان السيادة الجزئية تظهر كسيادة فائقة (12). ومن دراسات سابقة توصل العديد من الباحثين إلى نتائج متباينة فيما يتعلق بالفعل الجيني الذي يسيطر على توريث الصفات المختلفة للذرة الصفراء، ومنها على سبيل المثال توصل (29) إلى أهمية التأثير الجيني الإضافي لارتفاع النبات وعدد الأيام للتزهير الأنثوي، بينما أشار (30) إلى أهمية الفعل الجيني غير الإضافي في السيطرة على توريث ارتفاع النبات. والأكثر من ذلك أكد (31) الدور الأكبر للتأثيرات الجينية الإضافية في السيطرة على عدد الأيام للتزهير الأنثوي. إن النتائج المتباينة هذه يمكن أن تعزى إلى الاختلافات في التراكيب الوراثية المعتمدة في الدراسات المختلفة والاختلافات في الظروف البيئية، أو إلى اعتماد طرق مختلفة في تقدير المعالم الوراثية (32). وأخيرا يلاحظ أن التحسين الوراثي المتوقع في الجيل التالي كنسبة مئوية كان متوسطاً لحاصل الحبوب بالنبات وواطئاً للصفات الأخرى، إذ تراوح بين
0,903% لصفة المساحة الورقية و19,129% لحاصل الحبوب بالنبات. ويلاحظ للصفات جميعها باستثناء حاصل الحبوب بالنبات ارتباط التوريث بالمعنى الضيق الواطئ مع تحسين وراثي متوقع واطئ، بينما كان لصفة حاصل الحبوب بالنبات ارتباط بين التوريث الضيق المتوسط مع تحسين وراثي متوقع متوسط، وهذا تأكيد على أن الصفات جميعها تخضع إلى التأثير الجيني السيادي.

يستنتج مما تقدم إمكانية الاستفادة من السلالة الأبوية ZM41R لتميزها بقدرة عامة على الاتحاد معنوية للصفات جميعها باستثناء عدد الأيام حتى 50٪ تزهير أنثوي، والهجن (CA21R x INBRED12) و(ZM41R x ZM49R) و(INBRED6 x ZM51) و(INBRED6 x INBRED21) و(ZM51 x OH40) لتميزها بتأثيرات معنوية مرغوبة لأكبر عدد من الصفات بضمنها حاصل الحبوب بالنبات في تطوير أصناف هجينية عالية الإنتاجية وكذلك لاستثمار ظاهرة قوة الهجين.

جدول (1): نتائج تحليل التباين للتراكيب الوراثية جميعها وللآباء والهجن ولصفات حاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء.

مصادر الاختلاف	درجات الحرية	متوسط المربعات					
		عدد الأيام للتزهير الأنثوي	ارتفاع النبات (سم)	المساحة الورقية (سم^2)	عدد الصفوف بالعرنوص	عدد الحبوب بالصف	حاصل الحبوب بالنبات (غم)
القطاعات	2	45.267	11834.32	30483.03	0.956	11.289	1268.05
التراكيب الوراثية	44	**8.827	**524.64	**7796.14	**2.600	**22.024	**1506.96
الخطأ التجريبي	88	1.794	149.28	2138.14	0.490	4.669	112.196
القطاعات	2	19.444	2833.00	9682.37	1.778	10.111	112.873
السلالات الأبوية	8	**10.75	*522.75	*7710.20	**4.083	**16.500	**2652.77
الخطأ التجريبي	16	1.620	123.625	1440.71	0.370	2.468	89.161
القطاعات	2	31.028	9476.56	21882.19	0.750	22.528	1566.78
الهجن التبادلية	35	**8.636	**526.51	**8038.50	**2.333	**23.664	**1286.19
الخطأ التجريبي	70	1.841	154.884	2348.34	0.517	5.103	116.745

(**) و(*) معنوية عند مستوى احتمال 1% و5% على التوالي.

جدول (2): نتائج تحليل التباين للقدرتين العامة والخاصة على الاتحاد لحاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء.

مصادر الاختلاف	درجات الحرية	متوسط المربعات					
		عدد الأيام للتزهير الأنثوي	ارتفاع النبات (سم)	المساحة الورقية (سم^2)	عدد الصفوف بالعرنوص	عدد الحبوب بالصف	حاصل الحبوب بالنبات (غم)
GCA	8	**15.576	**630.63	4191.99	**5.765	**25.371	**3204.03
SCA	36	**7.328	**501.09	**8597.06	**1.897	**21.281	**1129.84
الخطأ التجريبي	88	1.794	149.28	2138.14	0.490	4.669	112.196
2GCAMS/(2GCAMS+SCAMS		0.809	0.717	0.494	0.859	0.705	0.850

(**) و (*) معنوية عند مستوى احتمال 1% و 5% على التوالي.

جدول (3): متوسطات وتأثيرات القدرة العامة على الاتحاد للآباء لحاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء.

الآباء	الصفات					
	عدد الأيام للتزهير الأنثوي		ارتفاع النبات (سم)		المساحة الورقية (سم^2)	
	المتوسط	التأثير	المتوسط	التأثير	المتوسط	التأثير
CA21R (1)	73.33 ج	- 0.495*	144.00أب	0.983	347.33 ب	- 20.205*
ZM41R (2)	75.33ب ج	- 0.343	176.33 أ	8.074*	500.67 أ	18.037*
INBRED6 (3)	76.00أب ج	- 0.192	154.00 أب	1.741	424.67 أب	- 4.327
ZM51 (4)	74.67ب ج	- 0.404*	158.00 أب	0.347	373.67 أب	- 4.448
INBRED12(5)	74.67ب ج	- 0.525*	142.67 أب	0.438	434.33 أب	1.764
IK8 (6)	76.67أب ج	- 0.192	155.67 أب	- 0.623	464.00 أب	11.249
OH40 (7)	77.00أب ج	0.929*	165.33 أب	0.498	475.00 أب	5.855
ZM49R (8)	79.67 أ	1.414*	137.33 ب	- 2.805	445.33 أب	- 8.902
INBRED21(9)	77.67 أب	- 0.192	137.67 ب	- 8.653*	383.67 أب	0.976
SE		0.381		3.473		13.145
	عدد الصفوف بالعرنوص		عدد الحبوب بالصف		حاصل الحبوب بالنبات (غم)	
	المتوسط	التأثير	المتوسط	التأثير	المتوسط	التأثير
CA21R (1)	15.000ب ج	0.162	28.667أب	- 0.091	74.33 ج	0.559
ZM41R (2)	16.000أب	0.222*	32.000 أ	1.273*	110.00 ب	13.304*
INBRED6 (3)	13.333 ج	- 0.111	29.000أب	0.848*	73.40 ج	2.323
ZM51 (4)	15.000ب ج	0.313*	26.667 ب	- 0.091	56.53 ج	- 3.956*
INBRED12(5)	14.333ب ج	- 0.414*	25.667 ب	- 0.636*	77.33 ج	- 5.319*
IK8 (6)	15.333ب ج	- 0.081	28.667أب	0.515	71.67 ج	2.904
OH40 (7)	14.667ب ج	- 0.414*	32.333 أ	0.333	148.33 أ	14.407*
ZM49R (8)	17.333 أ	0.798*	29.667أب	- 0.485	60.93 ج	- 7.599*
INBRED21(9)	14.000ب ج	- 0.475*	26.333 ب	- 1.667*	58.73 ج	- 16.623*
SE		0.199		0.614		3.011

جدول (4): تأثيرات القدرة الخاصة على الاتحاد للهجن لحاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء.

الهجن	الصفات					
	عدد الأيام6 للتزهير الأنثوي	ارتفاع النبات (سم)5	المساحة الورقية (سم^2)	عدد الصفوف بالعرنوص	عدد الحبوب بالصف	حاصل الحبوب بالنبات (غم)11
2 x 1	0.206-	4.358	*79.291-	*0.673-	0.552	*16.568-
3 x 1	1.309	11.024	1.594-	0.006-	0.642	*26.613
4 x 1	*1.855	5.915-	27.527	0.097-	1.752-	8.775-
5 x 1	0.642	*25.327	*77.982	0.297	*6.461	*26.589
6 x 1	1.024-	1.612-	36.169-	0.630	1.024-	*16.632
7 x 1	*1.479-	*11.400-	9.558	0.036-	1.176-	4.338-
8 x 1	0.703	*12.569	7.648	*0.752	*3.691-	6.532-
9 x 1	0.079-	*27.800-	34.055	0.588-	0.594-	*26.998-
3 x 2	0.824	*33.067-	24.169-	0.400-	*2.055-	*20.065-
4 x 2	1.297-	3.673-	*53.952	0.491-	1.218	5.480
5 x 2	*1.491	*20.097-	*91.261-	0.430-	*5.236-	*17.023-
6 x 2	0.824	0.630	*60.255	0.569	1.945	*20.486
7 x 2	0.297-	1.491-	*52.648	0.236	1.539-	1.516
8 x 2	*2.448-	*28.145	6.073	0.024	1.945	*17.922
9 x 2	1.133	*13.594	15.339-	0.564	*1.982	4.699
4 x 3	*1.448-	1.339-	19.685-	*0.842	0.024-	*16.662
5 x 3	*1.994-	6.569	13.230-	0.569	1.479-	4.892
6 x 3	0.327-	0.297	*60.048-	0.569	1.369	7.401
7 x 3	0.885	6.158-	7.988-	0.236	*2.218	*34.435-
8 x 3	0.933-	6.812	1.103	*0.642-	0.297-	6.429-
9 x 3	1.345	*13.927	*119.752	0.230	0.588	*16.445
5 x 4	0.448-	6.297	0.776-	*0.812	1.461	8.838
6 x 4	1.218	*14.642-	27.594-	*1.521-	0.309	*30.453-
7 x 4	*2.097	7.236	*68.467	0.479	*2.158	*24.510
8 x 4	0.055-	6.127-	20.776-	*0.933	0.024-	*25.383
9 x 4	1.352-	9.442	36.218-	0.376-	1.927-	*26.252-
6 x 5	1.327-	10.267	33.139-	*0.873	1.855	*20.777
7 x 5	1.218	1.812	17.412-	*1.127-	*3.964-	*34.726-
8 x 5	1.067	*13.552-	17.012	0.339-	*4.855	*12.320-
9 x 5	0.321-	9.830-	*57.479	*0.861-	*2.624-	5.161-
7 x 6	1.115-	1.873	30.103	0.127-	*2.552	3.017-
8 x 6	0.400	*13.491-	42.194	*1.006-	*4.964-	2.744-
9 x 6	0.345	8.352	10.358	0.527-	1.412-	*15.101-
8 x 7	*3.279	*11.612-	*114.412-	*1.339-	*4.115-	*14.714-
9 x 7	*3.685-	3.988	*56.794-	*1.139	0.467	*25.524
9 x 8	*2.806-	2.897	25.479	*0.836	*3.921	3.142
SE	1.447	11.174	42.288	0.640	1.976	9.689

(1) CA21R و(2) ZM41R و(3) INBRED6 و(4) ZM51 و(5) INBRED12 و(6) IK8 و(7) OH40 و(8) ZM49R و(9)INBRED21

جدول (5): متوسطات الهجن الفردية لحاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء.

الهجن	الصفات					
	عدد الأيام للتزهير الأنثوي	ارتفاع النبات (سم)	المساحة الورقية (سم^2)	عدد الصفوف بالعرنوص	عدد الحبوب بالصف	حاصل الحبوب بالنبات (غم)
2 x 1	75.00ب ج	162.00أب ج	346.00ب ج د	14.67أ-هـ	30.00 أ-د	77.13ج-ي
3 x 1	76.67 ب ج	162.33أب ج	401.33أ-د	15.00أ-هـ	29.67 أ-د	109.33أب ج
4 x 1	77.00ب ج	144.00أب ج	430.33أ-د	15.33أ-هـ	26.33 أ-د	67.67 د-ي
5 x 1	75.67ب ج	175.33 أب	487.00أب ج	15.00أ-هـ	34.00 أ	101.67أ-هـ
6 x 1	74.33ب ج	147.33أب ج	382.33أ-د	15.67أ-د	27.67 أ-د	99.93 أ-و
7 x 1	75.00ب ج	138.67أب ج	422.67أ-د	14.67أ-هـ	27.33 أ-د	90.47 أ-ح
8 x 1	77.67أب ج	159.33أب ج	406.00أ-د	16.67 أب	24.00 ج د	66.27 د-ي
9 x 1	77.00ب ج	119.67 ج	482.00أب ج	14.33ب-هـ	25.33ب ج د	43.40 ي
3 x 2	76.33ب ج	125.33 ج	417.00أ-د	14.67أ-هـ	28.33 أ-د	75.40ج-ي
4 x 2	74.00ب ج	153.33أب ج	495.00أب ج	15.00أ-هـ	30.67 أ-د	94.67 أ-ز
5 x 2	76.67ب ج	137.00 ب ج	356.00ب ج د	14.33ب-هـ	23.67 د	70.80 د-ي
6 x 2	76.33ب ج	156.67أب ج	517.00 أب	15.67أ-د	32.00 أب	116.53 أ
7 x 2	76.33ب ج	155.67أب ج	504.00أب ج	15.00أ-هـ	28.33 أ-د	109.07أب ج
8 x 2	74.67ب ج	182.00 أ	442.67أ-د	16.00أب ج	31.00 أ-د	103.47 أ-د
9 x 2	76.67ب ج	150.00أب ج	394.00 أ-د	14.67أ-هـ	28.67 أ-د	77.67ب-ي
4 x 3	74.00ب ج	149.33أب ج	399.00 أ-د	16.00أب ج	29.00 أ-د	94.87 أ-ز
5 x 3	73.33 ج	157.33أب ج	411.67 أ-د	15.00أ-هـ	27.00 أ-د	81.73 ا-ح
6 x 3	75.33ب ج	150.00أب ج	374.33 أ-د	15.33أ-هـ	31.00 أ-د	92.47 أ-ز
7 x 3	77.67أب ج	144.67أب ج	421.00 أ-د	14.667أ-هـ	31.67أب ج	62.13 ز-ي
8 x 3	76.33ب ج	154.33أب ج	415.33 أ-د	15.00أ-هـ	28.33 أ-د	68.13 د-ي
9 x 3	76.67ب ج	153.67أب ج	538.00 أ	16.00أب ج	29.00 أ-د	93.07 أ-ز
5 x 4	74.67ب ج	155.67أب ج	424.00 أ-د	15.667أ-د	29.00 أ-د	79.40 أ-ي
6 x 4	76.67ب ج	133.67ب ج	406.67 أ-د	13.67ج دهـ	29.00 أ-د	48.33 ط ي
7 x 4	78.67 أب	156.67أب ج	497.33أب ج	15.33أ-هـ	30.67 أ-د	114.80 أب
8 x 4	77.00ب ج	140.00أب ج	393.33 أ-د	17.00 أ	27.67 أ-د	93.67 أ-ز
9 x 4	74.67ب ج	141.00أب ج	432.67 أ-د	15.00أ-هـ	26.00ب ج د	48.40 ط ي
6 x 5	74.00ب ج	158.67أب ج	407.33 أ-د	15.33أ-هـ	30.00 أ-د	98.20 أ-ز
7 x 5	77.67أب ج	151.33أب ج	417.67 أ-د	13.00 هـ	24.00 ج د	54.20ح ط ي
8 x 5	78.00 أب	132.67ب ج	437.33 أ-د	15.00أ-هـ	32.00 أب	54.60ح ط ي
9 x 5	75.33ب ج	137.33ب ج	484.33أب ج	13.00 هـ	24.67ب ج د	44.60 ط ي
7 x 6	75.67ب ج	150.33أب ج	474.67 أ-د	14.33ب-هـ	31.67أب ج	94.13 أ-ز
8 x 6	77.67أب ج	131.67ب ج	472.00 أ-د	14.67أ-هـ	23.33 د	72.40 ج-ي
9 x 6	75.00ب ج	139.33أب ج	436.00 أ-د	13.33 دهـ	26.33أ-د	65.00هـ-ي
8 x 7	81.67 أ	134.67 ب ج	310.00 د	14.00ج دهـ	24.00 ج د	71.93ج-ي
9 x 7	74.00ب ج	128.67 ج	341.67 ج د	14.67أ-هـ	24.00 ج د	63.47 و-ي
9 x 8	73.67 ج	145.67أب ج	409.33 أ-د	15.33أ-هـ	27.67 أ-د	62.47 و-ي
متوسط الهجن	76.028	147.648	427.417	14.944	28.139	79.485

(1) CA21R و(2) ZM41R و(3) INBRED6 و(4) ZM51 و(5) INBRED12 و(6) IK8 و(7) OH40 و(8) ZM49R و(9)INBRED21

- القيم المتبوعة بالحرف نفسه لكل صفة لا تختلف عن بعضها معنوياً.

جدول (6): أفضل عشرة هجن في متوسط أداءها لحاصل الحبوب وتأثيراتها للقدرة الخاصة على الاتحاد.

ت	الهجين الفردي	حاصل الحبوب بالنبات	تأثير القدرة العامة للآباء	تأثير القدرة الخاصة للهجن	صفات أخرى بقدرة خاصة معنوية
1	6 x 2	116,53	عالي x عالي	*20,486	مساحة الورقة
2	7 x 4	114,80	واطئ x عالي	*24,510	مساحة الورقة وعدد حبوب الصف
3	3 x 1	109,33	عالي x عالي	*26,613	لا يوجد
4	7 x 2	109,07	عالي x عالي	1,516	مساحة الورقة
5	8 x 2	103,47	عالي x واطئ	*17,922	التزهير الأنثوي وارتفاع النبات
6	5 x 1	101,67	عالي x واطئ	*26,589	ارتفاع النبات و مساحة الورقة وعدد حبوب الصف
7	6 x 1	99,93	عالي x عالي	*16,632	لا يوجد
8	6 x 5	98,20	واطئ x عالي	*20,777	عدد الصفوف بالعرنوص
9	4 x 3	94,87	عالي x واطئ	*16,662	التزهير الأنثوي وعدد الصفوف بالعرنوص
10	7 x 6	94,13	عالي x عالي	3,017-	عدد الحبوب بالصف

(1) CA21R و(2) ZM41R و(3) INBRED6 و(4) ZM51 و(5) INBRED12 و(6) IK8 و(7) OH40 و(8) ZM49R

جدول (7): مكونات التباين المظهري وبعض المعالم الوراثية لحاصل الحبوب ومكوناته في الذرة الصفراء.

المعالم الوراثية	الصفات					
	عدد الأيام للتزهير الأنثوي	ارتفاع النبات (سم)	المساحة الورقية (سم^2)	عدد الصفوف بالعرنوص	عدد الحبوب بالصف	حاصل الحبوب بالنبات (غم)
التباين الوراثي الإضافي	0,835 ± 0,422	29,173 ± 17,146	124,476 ± 115,249	0,319 ± 0,156	1,255 ± 0,689	187,384 ± 86,847
التباين الوراثي السيادي	1,845 ± 0,567	117,27 ± 39,031	2152,973 ± 665,963	0,469 ± 0,147	5,537 ± 1,644	339,215 ± 86,581
التباين البيئي	1,794 ± 0,267	149,28 ± 22,253	2138,15 ± 318,735	0,49 ± 0,073	4,669 ± 0,696	112,196 ± 16,725
التباين الوراثي الكلي	2,679	146,443	2277,449	0,789	6,792	526,599
التباين المظهري	4,474	295,723	4415,589	1,279	11,461	638,795
معدل درجة السيادة	2,102	2,835	5,882	1,713	2,971	1,903
التوريث الواسع	59,90	49,52	51,578	61,679	59,262	82,436
التوريث الضيق	18,669	9,865	2,819	25,002	10,947	29,334
التحسين الوراثي المتوقع	0,813	3,495	3,859	0,582	0,763	15,273
التحسين كنسبة من المتوسط	1,069	2,352	0,903	3,894	2,701	19,129

المصادر

1-Keskin, B., I. H. Yilmaz and O. Arvas (2005). Determination of some yield characters of grain corn in eastern Anatolia region of Turkey. J. Agron. 4(1):14-17.
2-Xu, J. Y. and H. Crouch (2008). Genomics of tropical maize, a stable food and feed across the world. pp.333-370. In Genomics of Tropical Crop Plants, P. H. Moore and R. Ming (eds.). Springer, London, UK.
3-Vasic, N., M. Ivanovic, L. Peternelli, D. Jockovic, M. Stojakovic and J. Bocanski (2001). Genetic relationships between grain yield and yield components in a synthetic population and their implications in selection. Acta Agronomica Hungarica 49(4):337-342.
4-Zivanovic, T., M. Secanski and M. Filipovic (2007) .Combining abilities for the number of kernel rows per ear in silage maize. Plant breeding and seed production, 13(3-4):13-19.
5-Bovanski, J., Z. Sreckov and A. Nastastic (2009). Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea mays* L.). Genetika 41(2):145-154.
6-Hallauer, A. R. and J. B. Miranda (1988). Quantitative Genetics in Maize Breeding. (2nd ed). Iowa State University Press. Ames, IA.
7-Betran, F. J., J. M. Ribaut, D. Beck and D. Gonzalez deLeon (2003) .Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and non-stress environments. Crop Sci. 43:797-806.
8-Secanski, M., T. Zivanovic and G. Todorovic (2005). Components of genetic variability and heritability of the number of rows per ear in silage maize. Biotechnol. Anim. Husb. 21(1-2): 109-121.
9-Yingzhong, Z. (1999). Combining ability analysis of agronomic characters in sesame. The Institute of Sustainable Agriculture (IAS), CSIC.
10-Fry, J. D. (2004). Estimation of genetic variances and covariances by restricted maximum likelihood using PROC MIXED. pp. 7-39. In A. R. Saxton (ed.). Genetic analysis of complex traits using SAS. Books by Users Press, SAS Inst., Cary, NC.
11-Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Austr. J. Biol. Sci. 9:463-493.
12-Hayman, B. I. (1954). The analysis of variance of diallel tables. Biometrics 10:235-244.
13-Xingming, F., T. Jing, H. Bihua and L. Feng (2001). Analyses of combining ability and heterotic groups of yellow grain quality protein maize inbreds. 7th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conf. 11-15 February, pp. 143-148.
14-Revila, P., R. A. Malvar, M. E. Cartea, P. Songas and A. Ordas (2002). Heterotic relationships among European maize inbreds. Euphytica 126:259-264.
15-Glover, M., D. Willmot, L. Darrah, B. Hibbard and X . Zhu (2005). Diallel analysis of agronomic traits using Chines and U.S. maize germplasm. Crop Sci. 45(3):1096-1102.
16-Fehr, W. R. (1991). Principles of cultivar development. Theory and technique. MacMillan
17-Novoselovic, D., M. Baric, G. Drezner, J. Gunjaca and A. Lalic (2004). Quantitative inheritance of some wheat plant traits. Gen. Mol. Biol. 27(1):92-98.
18-Lamkey, K. R. and M. Lee (1993). Quantitative genetics, molecular markers and plant improvementIn B. C. Imrie and J. B. Hacker (ed.) Focused plant improvement: Towards responsible and sustainable agriculture. Proc 10th Australian Plant Breeding Conf, Gold Coast, Organising committee, Australian Convention and Travel Service: Canberra, pp. 104-115.
19-Cvarkovic, R., G. Brankovic, I. Calic, N. Delic, T. Zivanovic and G. Surlanmomirovic (2009). Stability of yield and yield components in maize hybrids. Genetika 41(2):215-224.
20-Baker, R. J. (1978). Issues in diallel analysis. Crop Sci. 18: 533–536.
21-Kempthorne, O. (1957), An Introduction to Genetic Statistics, John Wiley and Sons, New york.
22-Singh, R. K., and B. D. Chaudary (2007). Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Rev. ed., Kalyani Publishers Ludhiana, India. 318. pp.
23-Fan, X. M., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, Y. D. Zhang, L. M. Luo, Y. X. Huang and M. S.

Kang (2008). Combining abilities for yield and yield components in maize. Maydica, 53: 39-46 Publishing Co. 1:536.

24-Dedhendi, M. Z., R. Choukan, F. Darvish, K. Mostafavi and E. M. Hervan (2011). Determination of combining abilities and heterotic patterns of fourteen medium to late maturing Iranian maize inbred lines using diallel mating design. Afr. J. of Biotechnol., 10(74): 16855-16865.

25-Zare, M., R. Chouckan, M. R. Bihamta and E. Majidi Hervan E (2010). Estamination of genetic parameters and general and specific combining abilities in maize using a diallel design. Iran. J. Crop Sci. 47: 318-332.

26-Choukan, R. and S. A. Mosavat (2006). Mode of gene action of different traits in maize tester lines using diallel crosses. Seed Plant. 4: 547-556.

27-Ojo, G. O. S., D. K. Adedzwa and L. L. Bello (2007). Combining ability estimates and heterosis for grain yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). J. Sustain. Develop. Agric. Environ. 3:49-57.

28-Senthil, K. P. and P. Bharthi (2009). Studies on relationship between gca and sca effects in maize (*Z.mays* L.), Elect.J.Plant Breed., 1:24-27.

29-Abadi, J. M., S. K. Khorasani, B. S. Sar, S. Movafeg and M. Golbashy (2011). Estimation of combining ability and gene effects in forage maize (*Zea mays* L.) using line × tester crosses. J. Pl. Physiol. and Breed., 1(1): 57-67.

30-Petrovic, Z (1998). Combining abilities and mode of inheritance of yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). Novi Sad, Yugoslavia, 85p.

31-Hefny, M. (2010). Genetic control of flowering traits, yield and its components in maize (*Zea mays* L.) at different sowing dates. African Journal of Crop Science 2: 236-249.

32-Konak, C., A. Unay, E. Serter, and H. Basal (1999). Estimation of combining ability effects, heterosis and heterobeltiosis by line × tester method in maize. Turkish Journal of Field Crops 4: 1-9.