تقدير التباعد الوراثي باستخدام قيمة D^2 الإحصائية لسلالات من الذّرة الصفراء (*Zea mays* L.)

اسراء سمير البوش* **أيمن الشحاذة العودة****

الملخص

أُجريت الدّراسة في مزرعة أبي جرش، في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2018 و2019، بهدف تقدير التباعد الوراثي بين خمس سلالات من الذّرة الصفراء باستخدام قيمة D^2 (Mahalanobis distance) اعتماداً على تسع عشرة صفة شكلية، وفيزيولوجية، وكمية. نفذّت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بثلاثة مكررات. بيّنت النتائج وجود تباين معنوي بين السلالات لجميع الصفات المدروسة، عدا صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة. توزّعت السلالات المدروسة في ثلاثة عناقيد، حيث ضَمَّ العنقود الأوّل ثلاث سلالات (IL-456-06، IL-90-14، IL-200-14)، فيما ضمَّ كلٌّ من العنقودين الثاني والثالث سلالة واحدة (IL-272-06)، (IL-239-14) على التوالي. لوحظت أقصى مسافة D^2 (205113376623004) بين العنقودين الثالث والأوّل. كما سُجّلت أقصى مسافة D^2 (89397527464328) بين السلالة IL-272-06 وكلٌّ من السلالتين IL-456-06 و-IL-90 14، ما يُشير ذلك إلى التباين الوراثي بين هذه السلالات وإمكانية الاستفادة منها في إنتاج هجن تتميز بقوة الهجين بالنسبة للصفات المرغوبة المدروسة.

الكلمات المفتاحية: التباعد الوراثي، التباين الوراثي، الذرة الصفراء، قيمة D^2 الإحصائية.

* طالبة دكتوراه، معيدة في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

** أستاذ دكتور، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

Estimation Genetic Diversity by Using D^2-Statistic in Maize Inbred lines (*Zea mays* L.)

Esraa AL-Boush* **Ayman AL-Ouda****

Abstract

A field experiment carried out at Abu Garash Farm, Faculty of Agriculture, Damascus University, during two consecutive growing seasons (2018 - 2019), in order to estimate the genetic diversity among five inbred lines of maize using D2 statistic based on some morphological, physiological and quantitative traits. The experiment was carried out according to the randomized complete block design (RCBD) with three replications. Analysis of variance revealed highly significant differences among the evaluated inbred lines for all studied traits except for the anthesis-silking interval. The inbred lines were grouped into three different clusters. Cluster I contained three lines (IL-456-06, IL-90-14, IL-200-14), whereas each of cluster II and cluster III contained one line only (IL-272-06), (IL-239-14) consecutively. The D2 analysis revealed that the maximum distance (205113376623004) was between the third and the first clusters. The maximum distance (89397527464328) was observed between the inbred lines IL-272-06 and IL-456-06, IL-90-14, indicating the existence of genetic variation between these lines and the possibility of using them to produce hybrids with high heterosis taking into account the investigated desirable traits.

Key words: D2-Statistic, Genetic diversity, Genotypic variation, Maize.

* PhD. Student, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus Univ., Syria

** Professor, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria

المقدمة:

تُعد كلاً من الذرة الصفراء Maize (*Zea mays* L.) والقمح Wheat بنوعيه الطري والقاسي (*Triticum spp*.)، والرز Rice (*Oryza sativa* L.) أهم ثلاثة محاصيل حبوب في العالم من حيث الإنتاج العالمي الكلي، حيث يصل إجمالي إنتاج حبوب الذرة الصفراء إلى قرابة المليار ومئتي مليون طناً بالمقارنة مع نحو سبعمائة مليون طناً لكلٍ من محصولي القمح والرز (FAO، 2018). ويمكن أن يُزرع محصول الذرة الصفراء ضمن نطاقٍ بيئي واسع، بسبب مقدرته الكبيرة على التأقلم Wide adaptability، حيث يُزرع من أقصى الشمال في كندا إلى أقصى الجنوب في استراليا، في المناطق الدافئة والاستوائية، والمناطق المرتفعة والمنخفضة (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2006). وتأتي الذرة الصفراء على مستوى القطر العربي السوري في المرتبة الثالثة بعد محصولي القمح والشعير Barley (*Hordeum vulgare* L.)، من حيث المساحة المزروعة والإنتاج Production، حيث بلغت المساحة المزروعة عام 2018 نحو27147 هكتاراً، أنتجت قرابة 101349 طناً، بمتوسط إنتاجية 3733 كغ. هكتار$^{-1}$ (المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية، 2018).

أظهرت العديد من الدّراسات على محصول الذّرة الصفراء أنّ السلالات المرباه داخلياً Inbred lines والعائدة إلى مصادر متنوعة تُعطي هجناً ذات إنتاجية أعلى من تلك الناتجة عن تهجين السلالات العائدة لصنف واحد (Vasal، 1998). كما أفاد Saxena وزملاؤه (1998) أنّ قوة الهجين تعتمد على التباين الوراثي للسلالتين الأبويتين، حيث يمكن تحديد التباعد الوراثي من خلال تطبيق معادلات في الإحصاء الحيوي الوراثي Biometrical genetics واختيار الآباء المناسبة للتهجين. كما أنّ التباعد الوراثي بين السلالات الأبوية قادر على إنتاج قوة هجين مرتفعة (Falconer، 1960). ويؤكّد مربو الذّرة الصفراء باستمرار على أهمية التنوع بين الطرز الوراثية الأبوية كعامل مهم يُسهم في زيادة قوة الهجين

(Ahloowalia و Dhawan، 1963). وفي هذا السّياق أشار Jumaa و Madab (2019) من خلال تقديرهما للتباعد الوراثي باستخدام D^2 لأربعة عشرة سلالة من الذرة الصفراء أنّ التحليل قسّم السلالات في ثلاث مجموعات، ضمّت المجوعة الأولى 7 سلالات، وضمّت المجوعة الثانية 5 سلالات، وضمّت المجوعة الثالثة سلالتين، حيث كان أدنى بعد وراثي بين سلالتين (28.77)، وأقصى بعد (42649.61). ودرس Hassan وزملاؤه (2018) التباين والبعد الوراثي من خلال تقييم ثلاثين سلالة من الذّرة الصفراء، حيث سُجّلت قيم المتوسطات والبعد الوراثي لصفة الغلّة الحبّيّة للنبات وبعض الصفات المرتبطة بها (ارتفاع النبات، ارتفاع العرنوس، طول العرنوس، قطر العرنوس، عدد الصفوف بالعرنوس، عدد الحبوب بالصف، عدد الحبوب بالعرنوس، ووزن الألف حبة). أظهرت النتائج تجمّع الطرز الوراثية المدروسة في أربعة عناقيد، وكان العنقود الثاني أكبرها مؤلفاً من ستة عشر سلالة، متبوعاً بالعنقود الأوّل (تسع سلالات)، ثمّ العنقود الثالث (أربع سلالات). كما سُجِّل أقصى بُعد (8.34) بين العنقودين الثاني والرابع، في حين كان أدنى بُعد (3.94) بين العنقودين الأوّل والثالث. وتُشير القيمة المرتفعة للمسافات بين العناقيد إلى أنّ الطرز الوراثية للعنقود الثاني تختلف كثيراً عن تلك التي في العنقود الرابع، في حين تُشير المسافة الكبيرة للطرز الوراثية داخل العنقود الثاني إلى درجة مرتفعة من التباينات الوراثية بين طرز هذا العنقود، وظهر ذلك في صفتي ارتفاع النبات (GCV%=25.18، PCV%=140.30)؛ والغلّة الحبّيّة للنبات (GCV%=9.60، PCV%=31.81)، ما يدل ذلك على إمكانية استخدام سلالات العنقود الثاني كآباء في برامج تهجين مستقبلية. وبيّن الداودي وزملاؤه (2017) من خلال دراستهم لقوة الهجين وتقدير البعد الوراثي بين مجموعة من الهجن الفردية لصفات (موعد الإزهار المذكر والمؤنث، عدد العرانيس بالنبات، عدد الحبوب بالعرنوس، وزن 300 حبة، والغلّة الحبّيّة للنبات) إلى وقوع الهجن نصف التبادلية تبعاً لدرجة القرابة الوراثية في مجموعتين رئيسيتين، وبلغت أقل قيمة للبعد الوراثي بين هجينين نحو (31053.542).

وأشار الجميلي وسويد (2017) من خلال تقديرهم التباعد الوراثي بين ست سلالات وبين خمسة عشر هجيناً فردي باستخدام Mahalanobis D^2، لعشر صفات مظهرية (موعد الإزهار المؤنث، ارتفاع النبات، ارتفاع العرنوس، عدد أوراق النبات، المساحة الورقية، عدد العرانيس للنبات، طول العرنوس، عدد الصفوف بالعرنوس، وزن 250 حبة، والغلّة الحبّيّة للنبات)، توّزع السلالات الستة المدروسة في ثلاثة عناقيد مختلفة، حيث تضمّن العنقود الأوّل ثلاث سلالات، وتضمن الثاني سلالتين، وتضمّن العنقود الثالث سلالة واحدة فقط. ولوحظت أقصى مسافة بين العنقودين الأوّل والثالث (Inter-clusters) (6.49)، وأدنى مسافة كانت بين العنقودين الثاني والثالث (3.85). كما لوحظت أكبر مسافة للعنقود عند العنقود الأوّل (3.03)، وكانت أقل مسافة عند العنقود الثالث. أمّا الهجن الفردية، فقد توزعت على ستة عناقيد، ولوحظت أقصى مسافة 7.03 بين العنقود الرابع والسادس (Inter-clusters)، وأنّ أدنى مسافة 3.54 كانت بين العنقود الأول والثاني، فيما كانت أكبر مسافة بينية 3.76 (Intra-clusers) للعنقود الأول. وأظهر Bhusal وزملاؤه (2016) من خلال تقييمهم لخمس وخمسون سلالة من الذّرة الصفراء استناداً إلى عدد من الصفات الفيزيولوجية والشكلية (موعد الإزهار المذكر، موعد الإزهار المؤنث، طول الفاصل الزمني، موعد النضج الفيزيولوجي، مدة امتلاء الحبوب، ارتفاع النبات، ارتفاع العرنوس، دليل المساحة الورقية، عدد العرانيس للنبات، طول العرنوس، قطر العرنوس، وزن العرنوس، عدد الصفوف، عدد الحبوب بالصف، وزن المئة حبة، الغلّة الحبّيّة للنبات، الغلّة الحيوية للنبات، ودليل الحصاد)، وجود اختلافات وراثية معنوية بين السلالات ولجميع الصفات المدروسة. وأظهرت نتائج قيمة D^2 الإحصائية إلى وقوع السلالات في خمسة عناقيد رئيسة، أكبرها العنقود الأول (37 سلالة)، تلاه العنقود الثاني (13 سلالة)، ثمّ الثالث (3 سلالات)، وتضمّن كل من العنقودين الرابع والخامس سلالة واحدة فقط. وسُجّلت أقصى مسافة بين العنقودين الرابع والخامس (22331.82)، تلاهما العنقودين الثالث والخامس (15174.83)، ثمّ العنقودين

الثاني والرابع (14480.99). أوضح الباحثان Maruthi وRani (2015) عند دراستهم التباين الوراثي لثلاثة وأربعين طراز وراثي من الذّرة الصفراء، أنها انقسمت إلى ستة عناقيد وكان أقصى بعد الوراثي بين العنقودين الأول والخامس حيث بلغ (39.38) وأدنى بعد وراثي (17.17) بين العنقودين الأول والثاني، وساهم ذلك إلى حد كبير في التباين الوراثي إذ كان (38.43%) لصفة الغلّة الحبّيّة، صفة ارتفاع النبات (14.29%)، (12.85%) لصفة وزن المئة حبة، و(12.07%) لصفة عدد الحبوب في الصف. وحصل Zaman وAlam (2013) عند دراستهما لتسعة وثلاثين هجيناً من الذّرة الصفراء على سبع عناقيد، إذْ تضمّن العنقود السادس ثلاثة عشرة هجيناً، مشيراً إلى التشابه الوراثي فيما بينها، واحتوى كلاً من العنقودين الثالث والرابع على هجينٍ واحد فقط، وكانت أقصى مسافة بين العنقودين الثالث والخامس، تلاهما العنقودين الثالث والسابع، ما يُشير إلى وجود تنوع واسع بينها وإمكانية استخدامها في برامج التهجين للحصول على مجموعة واسعة من الاختلافات الوراثية، إذْ سجّلت هجن العنقود الرابع أعلى غلّة حبّيّة (11.60 طن.هكتار$^{-1}$).

لا بُدَّ من الإشارة إلى أنّ التهجين بين أبوين مختلفين Diverse parents ينتج عنه قوة هجين معنوية (Duvick، 1999)، إلّا أنّ ذلك ليس صحيحاً دائماً (Moll وزملاؤه، 1965) نظراً لوجود الارتباط والتفوق Linkage and epistasis، فقد تنتج هجن منخفضة الأداء على الرغم من تباعد آباءها وراثياً، حيث أنّ بعض السلالات تنتج هجناً مرتفعة الغلّة الحبية، في حين يُنتج البعض الآخر هجناً منخفضة الغلّة الحبية، لذلك فإنّ المعلومات المتعلقة بالتنوع الوراثي وقوة الهجين والقدرة على التوافق Combining ability جوهرية في برامج التربية الناجحة من وجهة نظر التحسين الوراثي، من خلال اختيار أفضل الآباء (Beck وزملاؤه، 1990).

يهدف البحث إلى تقدير التباعد الوراثي بين السلالات الأبوية (IL-200-14، IL-239-14، IL-456-06، IL-90-14، IL-272-06) الداخلة في التهجين باستخدام تحليل D^2.

مواد البحث وطرائقه:

نفذّ البحث في مزرعة أبي جرش، في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2018 و2019، زُرعت خلال الموسم الزراعي 2018 خمس سلالات مربّاة داخلياً Inbred lines على درجةٍ عاليةٍ من النقاوة الوراثيّة (95%) ومتباعدة وراثياً، تمّ الحصول عليها من البنك الوراثي لقسم بحوث الذرة الصفراء في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مع هجنها الفردية بثلاثة مواعيد (الجدولين1و2)، وبفاصل زمني أسبوع واحد بين الموعد والآخر، لضمان اكتمال دائرة التهجينات المطلوبة لتحليل متوسط الأجيال بموديل العشائر الستة Six population (P_1، P_2، F_1، F_2، BC_1، BC_2)، إضافةً إلى إكثار بذار السلالات الأبويّة. وقيّمت في الموسم الزراعي الثاني (2019) العشائر الست للهجن المدروسة، ومن بينها السلالات الأبوية. نفذّت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design، بثلاثة مكررات، حيث تمّت زراعة العشائر الست لكلّ هجينٍ فردي في كل مكرر بواقع ثلاثة خطوطٍ لكلٍّ من عشيرة الأب الأوّل P_1، وعشيرة الأب الثاني P_2، وعشيرة الجيل الأوّل F_1، وسبعة خطوط من عشيرة الجيل الثاني F_2، وخمسة خطوط لكلٍّ من عشيرتي التهجين الرجعي الأوّل BC_1 والثاني BC_2. وكانت الخطوط بطول 6م، والمسافة بين الخط والآخر 70 سم، والمسافة بين النباتات على الخط الواحد 25 سم، وتمّ أخذ كافة القراءات المطلوبة على 60 نباتاً محاطاً من كلٍّ من عشيرة الأب الأوّل P_1، وعشيرة الأب الثاني P_2، وعشيرة الجيل الأوّل F_1، وعلى 180 نباتاً محاطاً من عشيرة الجيل الثاني F_2، أمّا عشيرتي التهجين الرجعي الأوّل BC_1 والثاني BC_2 فأُخذت القراءات على 120 نباتاً محاطاً منها. ونُفذت كافّة العمليّات الزراعيّة من ريّ وعزيقٍ وتسميدٍ وتفريدٍ بناءً على توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لمحصول الذرة الصفراء.

الجدول (1): نسب السلالات الأبوية المستخدمة في عملية التهجين.

الرمز	السلالة
P_1	IL-239-14
P_2	IL-456-06
P_3	IL-90-14
P_4	IL-272-06
P_5	IL-200-14

الجدول(2): الهجن الفردية وغلّتها الحبّيّة.

رمز الهجين	الهجين	الغلة الحبية (طن.هكتار$^{-1}$)
H_1	$P_2 \times P_1$	11.580
H_2	$P_4 \times P_3$	10.830
H_3	$P_3 \times P_5$	11.500

الصفات المدروسة Investigated traits

موعد الإزهار المذكر (يوم): وهو عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى ظهور النورات المذكرة للنباتات.

موعد الإزهار المؤنث (يوم): وهو عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى ظهور النورات المؤنثة (العرانيس) للنباتات.

طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة (يوم): تُعد هذه الصفة ذات قابلية توريث متوسطة، يتمّ الانتخاب لطول فاصل زمني أقصر بين ظهور النورات المذكرة والمؤنثة (Edmeades وزملاؤه، 2000). وحُسب طول الفاصل الزمني (ASI) من العلاقة الآتية (Edmeades وزملاؤه، 2000):

$$\mathbf{ASI = SD - AD}$$

حيث: SD موعد الإزهار المؤنث، AD موعد الإزهار المذكر.

موعد النضج الفيزيولوجي (يوم): وهو عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى اكتمال عملية امتلاء الحبوب بنواتج التمثيل الضوئي، حيث تمّ تسجيل هذه القراءة عند تشكل النقرة السوداء على الحبوب للنباتات.

ارتفاع النبات (سم): قيس ارتفاع النبات من سطح التربة حتى العقدة الحاملة للنورة المذكّرة.

ارتفاع العرنوس (سم): قيس ارتفاع العرنوس من سطح التربة وحتى العقدة الحاملة للعرنوس العلوي (الاقتصادي).

حجم النورة المذكرة (فرع): وتُعد هذه الصفة ذات قابلية توريث متوسطة إلى عالية. وترتبط بشكلٍ متوسط مع صفة الغلة الحبية. وقد تمّ الانتخاب لحجم نورة مذكرة أصغر (ذات أفرع أقل). تمّ قياسها وفق مقياس مدّرج من 1 إلى 5 (Grant وزملاؤه، 1989) على النحو الآتي:

1 = أفرع قليلة جداً ونورة صغيرة جداً. 2 = أفرع قليلة ونورة صغيرة الحجم. 3 = أفرع متوسطة العدد ونورة متوسطة الحجم. 4= أفرع كثير نسبياً ونورة كبيرة الحجم. 5 = أفرع كثيرة جداً ونورة كبيرة جداً.

وتمّ تصنيف حجم النورات المذكرة وإعطائها قيماً معينة بالاعتماد على عدد الأفرع الزهرية في كل نورة لكل عشيرة وفي المكررات الثلاثة، وبحسب حجم النماذج الزهرية التي لوحظت للعشائر المدروسة، أُعطيت النورة التي تحمل كحد أعلى خمسة أفرع القيمة (1)، ومن (5–10) أفرع القيمة (2)، ومن (10–15) فرع القيمة (3)، ومن (15–20) فرع القيمة (4)، وأكثر من (20) فرع القيمة (5).

المساحة الورقية للنبات (سم^2. نبات$^{-1}$): حُسبت المساحة الورقية في النبات من خلال المعادلة الرياضة الآتية (Elsahookie، 1985):

المساحة الورقية لنبات الذرة الصفراء= مربع طول الورقة تحت ورقة العرنوس الرئيس×0.65

هذه المعادلة صحيحة للنباتات التي يكون عدد أوراقها الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي قرابة (11±1)، أما النباتات التي يكون عدد أوراقها الفعّالة (14±1) فإنّ المساحة الورقية تُحسب وفق العلاقة الرياضية الآتية (Elsahookie، 1985):

المساحة الورقية لنبات الذرة الصفراء= مربع طول الورقة تحت ورقة العرنوس الرئيس×0.75

دليل المساحة الورقية للنبات: حُسب دليل المساحة الورقية من خلال نسبة المساحة الورقية للنبات إلى مساحة الأرض التي يشغلها النبات (70×25 سم^2).

شيخوخة الأوراق (%): تُعد هذه الصفة ذات قابلية توريث متوسطة وترتبط بشكلٍ متوسط القوة مع صفة الغلة الحبية. وتمّ الانتخاب لتأخير شيخوخة الأوراق (استدامة اخضرار الأوراق Stay green) (Xionshi وزملاؤه، 1998) وفق مقياسٍ مدّرج من 0 إلى 10، وذلك من خلال تقسيم نسبة المساحة الورقية الكلية الميتة المقاسة Estimated dead leaf area على 10.

1 = 10 %من المساحة الورقية ميتة.	6 = 60%من المساحة الورقية ميتة.
2 = 20 %من المساحة الورقية ميتة.	7 = 70 %من المساحة الورقية ميتة.
3 = 30 %من المساحة الورقية ميتة.	8 = 80%من المساحة الورقية ميتة.
4 = 40 %من المساحة الورقية ميتة.	9 = 90%من المساحة الورقية ميتة.
5 = 50%من المساحة الورقية ميتة.	10 = 100%من المساحة الورقية ميتة.

كفاءة استعمال المياه (غ حبوب. نبات$^{-1}$. مم$^{-3}$ مياه): وتمثّل نسبة الغلّة الحبّيّة للنبات إلى كمية المياه المُضافة خلال كامل موسم النمو (مم). قدُّم للمحصول 12 ريّة بمعدل (722 م^3.دونم)، وتوقفت السّقاية بانتهاء الطور العجيني. حُسبت كمية المياه المضافة خلال موسم النمو من خلال المعادلة: معدل الريّة الواحدة= التدفق م^3.ثا× الزمن ثا× كفاءة الري السطحي (0.60). ويُعبّر هذا المؤشر عن كفاءة نباتات الطرز الوراثية المدروسة في استعمال المياه المتاحة في التربة (Hatfield وزملاؤه، 2001).

كفاءة استعمال المياه = الغلّة الحبّيّة للنبات (غ. نبات$^{-1}$) / كمية المياه المضافة للتربة(مم^3)

كفاءة استعمال الآزوت (غ حبوب. غ آزوت متاح في التربة$^{-1}$): وحُسبت وفق العلاقة الرياضية الآتية (Moll وزملاؤه، 1982): الغلّة الحبّيّة (غ. نبات$^{-1}$) / كمية الآزوت في التربة

Gw/Ns = Efficiency of use

كفاءة امتصاص الآزوت (غ آزوت في الكتلة الحية. غ آزوت متاح في التربة$^{-1}$): وتساوي كمية الآزوت الممتصة / كمية الآزوت المتاحة في التربة.

Nt/Ns = Uptake efficiency

كفاءة استهلاك الآزوت (غ حبوب. غ آزوت في الكتلة الحية$^{-1}$): وتساوي الغلة الحبية للنبات (غ حبوب. نبات$^{-1}$) / كمية الآزوت الممتصة.

Gw/Nt = Utilization efficiency

عدد الحبوب بالعرنوس (حبة. عرنوس$^{-1}$): حُسب من حاصل جداء عدد الحبوب بالصف في عدد الصفوف بالعرنوس.

وزن المائة حبة (غ): وزنت مئة حبة من كل عينة.

الغلّة الحيوية عند النضج للنبات (غ): سُجِّل وزن كامل النباتات بما فيها الأجزاء الاقتصادية (غ) لكل سلالة.

الغلّة الحبّيّة للنبات (غ. نبات$^{-1}$): حُسبت الغلة الحبية من خلال قياس وزن الحبوب بعد فرط العرانيس عند محتوى رطوبي15 % في الحبوب ولكل سلالة.

دليل الحصاد للنبات (%): ويمثل نسبة الغلّة الحبّيّة للنبات إلى الغلة البيولوجية للنبات مضروباً بمائة لكل طراز وراثي.

التحليل الإحصائي:

عد جمع البيانات لكافة القراءات المدروسة، أُستخدم برنامج Excel في تبويب النتائج، ومن ثمّ حُللت هذه البيانات وفقاً ل Snedecor وCochran (1981)، كما تمّت مقارنة المتوسطات باستخدام مقياس أقلّ فرقٍ معنويٍّ Least Significant Difference (L.S.D) عند مستوى معنويّة 5% باستخدام برنامج ADEL-R.

قيمة D^2 الإحصائية (Mahalanobis distance): أُجري التحليل العنقودي Cluster analysis باستخدام قيمة D^2 الإحصائية، طُوّرت قيمة D^2 الإحصائية بواسطة P.C.Mahalanobis في عام 1928، ثمّ استعملت في تقييم التباينات الوراثية في دراسات تربية النبات بواسطة RAO (1952). حيث تقسّم الطرز الوراثية بناءً على قاعدة البيانات إلى مجموعات متجانسة. قيمة D^2 هي مجموع مربعات الاختلافات بين عشيرتين للمتغيرات غير المرتبطة (التي تمّ الحصول عليها عن طريق تحويل المتغيرات المرتبطة من خلال طريقة التكثيف المحورية Pivotal condensation method)، وهي أحد طرائق التصنيف غير الهرمي Non-hierarchical classification (Rao، 1952).

$$D_x^2 = \sum_{i}^{p} \quad \sum_{j}^{p} (\lambda^{ij}) di\ dj$$

x: عدد الصفات المقاسة في النقطة.

p: عدد العشائر (الطرز الوراثية).

λ^{ij}: المصفوفة العكسية لمصفوفة التشتت.

di dj: الاختلافات بين متوسطات عشيرتين (طرازين وراثيين) للصفتين i و j .

ويمكن التعبير عن ذلك بصيغة أبسط (Rao، 1952):

$$D_x^2 = \sum_{i}^{x} d_i^2 = \sum_{i}^{x} (y_i^j - y_j^k)$$

Y: عدد الصفات غير المرتبطة التي تتراوح من i=1 إلى x.

X: عدد الصفات المدروسة.

j و k: يعبران عن أي زوج من العشائر (الطرز الوراثية).

وقد أُجري التحليل باستخدام برنامج Microsoft Excel وفق عدّة خطوات، تبدأ بحساب التباين المشترك بين كل صفتين للحصول على مربعات المتوسطات للطرز الوراثية والخطأ التجريبي، وتكوين مصفوفة وإدخالها في حساب مصفوفة التكثيف المحوري Pivotal للتوصل إلى عدد من المعادلات، ومنه إدخال المتوسطات الأصلية للتوصل إلى القيم غير المرتبطة لكل طراز وراثي ضمن كل صفة، عند ذلك يُحسب التباعد الوراثي (D^2) بين الطرز الوراثية من خلال حساب الفرق بين كل متوسطين غير مرتبطين لأي طرازين ضمن الصفة ولجميع الصفات المدروسة، ثمّ تُربّع الفروقات وتجمع للتوصل إلى قيمة التباعد D^2، وأخيراً تُجمع الطرز الوراثية في عناقيد اعتماداً على قيمة D^2 ووفق طريقة Tocher الموصوفة من قبل (Singh و Chaudhary، 1977؛ Sharma، 2006).

النتائج والمناقشة:

بيّنت نتائج تحليل التباين (الجدول3) وجود تباين معنوي بين السلالات لجميع الصفات المدروسة (الجدول4)، عدا صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة، ما يُشير إلى وجود تباين وراثي بين السلالات يمكن الاستفادة منه في إنتاج هجن متميزة. يتوافق ذلك مع نتائج Zaman و Alam (2013)؛ Maruth و Rani (2015)؛ Bhusal وزملاؤه (2016)؛ الجميلي وسويد (2017)؛ الداودي وزملاؤه (2017)؛ Hassan وزملاؤه (2018)؛ Jumaa و Madab (2019).

الجدول (3) تحليل التباين للسلالات ومكونات التباين لكل الصفات المدروسة.

مصادر التباين	الإزهار المذكر	الإزهار المؤنث	الفاصل الزمني	النضج الفيزيولوجي	ارتفاع النبات
المكررات	10.60	10.30	0.02	0.37	211.90
السلالات	12.59**	13.76**	0.07	77.95**	1105.60**
الخطأ التجريبي	1.63	1.39	0.27	3.66	49.21
%CV	1.8	1.6	17.2	1.8	5.0
مصادر التباين	ارتفاع العرنوس	حجم النورة المذكرة	المساحة الورقية	دليل المساحة الورقية	شيخوخة الأوراق
المكررات	96.36	4.55	36045	0.01	103.74
السلالات	167.84**	6.30**	332140**	0.11**	207.31**
الخطأ التجريبي	6.86	0.24	28853	0.01	22.10
%CV	3.5	4.6	4.4	4.4	9.1
مصادر التباين	كفاءة استعمال المياه	كفاءة استعمال الآزوت	كفاءة امتصاص الآزوت	كفاءة استهلاك الآزوت	عدد الحبوب بالعرنوس
المكررات	0.06	206.02	0.001	108.82	12458
السلالات	0.08**	287.65**	0.59**	100.22**	19860**
الخطأ التجريبي	0.002	7.52	0.002	11.67	1410
%CV	6.4	6.4	3.6	9.6	10.3
مصادر التباين	وزن المائة حبة	الغلّة الحيوية للنبات	الغلّة الحبّيّة للنبات	دليل الحصاد	
المكررات	1.17	34.00	791.28	59.65	
السلالات	26.45**	8477.5**	1352.66**	52.20**	
الخطأ التجريبي	0.78	248.20	41.94	6.93	
%CV	3.6	6.5	7.1	7.0	

الجدول (4): قيم متوسطات السلالات المدروسة لتسع عشرة صفة.

الصفة	IL-239-14	IL-456-06	IL-90-14	IL-272-06	IL-200-14	L.S.D (P=0.05)
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	
موعد الإزهار المذكر (يوم)	73.95	71.45	71.46	69.23	74.17	1.59
موعد الإزهار المؤنث (يوم)	76.88	74.40	74.40	72.15	77.45	1.49
طول الفاصل الزمني بين الإزهار المذكر والمؤنث (يوم)	2.92	2.95	2.94	2.93	3.28	0.00
النضج الفيزيولوجي (يوم)	104.22	102.60	112.85	112.13	112.95	2.49
ارتفاع النبات (سم)	114.90	123.15	155.43	156.55	147.08	9.13
ارتفاع العرنوس (سم)	68.03	65.78	83.63	73.30	79.23	3.42
حجم النورة المذكرة (فرع)	11.55	10.65	8.50	9.95	12.23	0.64
المساحة الورقية في النبات ($سم^2$. $نبات^{-1}$)	3497.57	3595.15	3964.77	3937.23	4333.89	216.10
دليل المساحة الورقية	1.99	2.05	2.27	2.25	2.48	0.12
شيخوخة الأوراق%	62.08	56.55	50.15	40.00	49.25	5.92
كفاءة استعمال المياه (غ حبوب. $نبات^{-1}$. $مم^{-3}$ مياه)	0.56	0.57	0.80	0.95	0.69	0.06

كفاءة استعمال الآزوت (غ حبوب. غ آزوت متاح في التربة$^{-1}$)	**33.57**	**34.54**	**48.04**	**56.99**	**41.67**	**3.60**
كفاءة امتصاص الآزوت (غ آزوت في الكتلة الحية. غ آزوت متاح في التربة$^{-1}$)	**1.11**	**0.81**	**1.35**	**1.98**	**1.08**	**0.06**
كفاءة استهلاك الآزوت (غ حبوب. غ آزوت في الكتلة الحية$^{-1}$)	**32.22**	**43.33**	**35.58**	**28.42**	**38.89**	**4.28**
عدد الحبوب في العرنوس (حبة. عرنوس$^{-1}$)	**226.55**	**354.20**	**419.10**	**423.50**	**394.28**	**48.19**
وزن المائة حبة (غ)	**23.20**	**21.73**	**23.28**	**29.32**	**25.63**	**1.16**
الغلة الحيوية للنبات (غ)	**218.89**	**170.44**	**260.34**	**313.71**	**255.68**	**20.67**
الغلة الحبية للنبات (غ. نبات$^{-1}$)	**70.49**	**72.54**	**105.39**	**119.69**	**87.50**	**8.49**
دليل الحصاد%	**34.16**	**44.62**	**38.52**	**36.57**	**35.00**	**3.26**

قيمة D^2 الإحصائية (Mahalanobis distance):

يهدف التّحليل الإحصائي الوراثي D^2 إلى تقسيم الطّرز الوراثيّة المدروسة إلى مجموعات، ومن ثمّ حساب المسافات الوراثيّة بين تلك المجموعات وداخلها، حيث أنّ المسافة العنقودية Cluster distance التي يُشار إليها بمتوسط المسافة بين العناقيد وداخل العنقود الواحد Inter and intra cluster distance هي المقياس التقريبي لبعد العنقود. سُجّلت أدنى مسافة

(11784139686586) بين السّلالتين IL-456-06 وIL-90-14، مشيراً ذلك إلى تشابه هاتين السّلالتين، في حين كانت أقصى مسافة (89397527464328) بين السّلالة IL-272-06 وكلٌّ من السلالتين IL-456-06 وIL-90-14 (الجدول، 5)، ما يُشير إلى الاختلاف بين هذه السّلالات وإمكانية الاستفادة منها في إنتاج هجن تتميز بقوّة الهجين بالنسبة للصّفات المدروسة. اتفقت هذه النتائج مع نتائج (Zaman وAlam، 2013؛ Maruth وRani، 2015؛ Bhusal وزملاؤه، 2016؛ الجميلي وسويد، 2017؛ Hassan وزملاؤه، 2018؛ Jumaa وMadab، 2019).

الجدول (5): قيم D2 للسّلالات المدروسة.

السلالة	IL-239-14	IL-456-06	IL-90-14	IL-272-06	IL-200-14
IL-239-14	**0**	**31202301163294**	**495391768160500**	**659790460909806**	**827115052273115**
IL-456-06		**0**	**117841396865806**	**893975274643228**	**149381268648800**
IL-90-14			**0**	**893975274643228**	**149381268648800**
IL-272-06				**0**	**149381268648800**
IL-200-14					**0**

صُنّفت السّلالات المدروسة وفقاً لطريقة Tocher في ثلاثة عناقيد وبالاعتماد على الصّفات الفيزيولوجية والكمّيّة المقاسة (الجدول، 6). فقد ضَمَّ العنقود الأوّل ثلاث سلالات (IL-456-06، IL-90-14، IL-200-14)، فيما ضمَّ العنقود الثّاني السّلالة (IL-272-06)، بينما ضمَّ العنقود الثّالث السّلالة (IL-239-14). يتوافق ذلك مع نتائج (Zaman وAlam، 2013؛ Maruth وRani، 2015؛ Bhusal وزملاؤه، 2016؛ الجميلي وسويد، 2017؛ Hassan وزملاؤه، 2018؛ Jumaa وMadab، 2019).

الجدول (6): التحليل العنقودي Cluster Analysis.

العناقيد	العشائر
I	(IL-456-06), (IL-90-14), (IL-200-14)
II	(IL-272-06)
III	(IL-239-14)

تمَّ حساب المسافات بين العناقيد وداخلها (الجدول، 7)، حيث يمثل السّطر الأوّل قيم D^2 وهي تساوي المسافات بين العناقيد (Inter)، والسطر الثاني يمثل قيم$\sqrt{D^2}$، وتشكل القيم القطرية المسافات البينية ضمن العنقود الواحد (Intra). سُجّلت أقصى مسافة (205113376623004) بين العنقودين الثّالث والأوّل، موضحاً ذلك أهمية التّنوع الوراثي بين هذين العنقودين وإمكانية استثمار ذلك في إنتاج هجن متميزة، تلاها المسافة (78464525069960) بين العنقودين الثّاني والأوّل. وسُجّلت أدنى مسافة بينية (Intra) في العنقود الأوّل (3726499)، ما يعني أنّ سلالات العنقود الأوّل لا تختلف عن بعضها البعض، أي أنها متقاربة وراثياً. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (الجميلي وسويد، 2017؛ Hassan وزملاؤه، 2018؛ Jumaa و Madab، 2019).

الجدول (7): متوسط قيم D^2 و D، المسافات بين العناقيد وداخلها (Inter and Intra).

العنقود	I	II	III
I	13886797805448	78464525069960	205113376623004
	3726499	8858020	14321780
II		0	65979046090986
			8122749
III			0

الاستنتاجات:

بيّنت نتائج تحليل التباين وجود تباين مرتفع المعنوية بين السلالات لمعظم الصفات المدروسة. صُنّفت السلالات المدروسة في ثلاثة عناقيد، حيث ضَمَّ العنقود الأوّل ثلاثة سلالات، فيما ضمَّ كلاً من العنقودين الثاني والثالث سلالة واحدة، وكانت أكبر مسافة بين العنقودين الثالث والأوّل. شكّلت السلالة (IL-272-06) عنقود مستقل، وأظهرت أكبر قيمة D^2 مع كلٍ من السلالتين (IL-456-06) و(IL-90-14) ما يُشير إلى أهمية التنوع الوراثي بين هذه السلالات وإمكانية استثمار ذلك في إنتاج هجن تتميز بقوة الهجين بالنسبة للصفات المدروسة.

التوصيات: متابعة العمل على السلالات الخمس وإجراء تحليل الثباتية للسلالات في أكثر من موقع بيئي، وحساب المقدرة العامة على التوافق للسلالات والمقدرة الخاصة على التوافق للهجن الفردية الناتجة عنها Combining ability وقيمة التربية Breeding Value بشكلٍ تجميعي عبر المواقع المدروسة، حيث يمكن إجراء ذلك باستخدام تحليل GGE Biplot (Genotype and the Genotype-by-Environment).

المراجع References:

1. الجميلي، عبد مسربت احمد. سويد، علي حميد عواد. 2017. تقدير التباعد الوراثي بين السلالات والهجن الفردية من الذرة الصفراء .(Zea mays L.) مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، مجلد51، عدد5، ص:71-82.
2. الداودي، صباح أحمد محمود؛ أنيس، أحمد هواس عبد الله، وجيه مزعل حسن الراوي. 2017. تقدير قوة الهجين في الهجن الزوجية والتباعد الوراثي باستخدام التحليل العنقودي في الذرة الصفراء (Zea mays L.) مجلة تكريت للعلوم الزراعية17 (وقائع المؤتمر العلمي السادس للعلوم الزراعية)، 718-733.
3. المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية. 2018. منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.
4. المنظمة العربية للتنمية الزراعية . 2016. جامعة الدول العربية – الإحصائيات الزراعية في الوطن العربي – الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية مجلد 35.
5. Ahloowalia, B. S. and Dhawan, N. I. 1963. Effect of genetic diversity in combining ability of inbred lines of maize. Indian Journal of Genetics, 23: 158-162.
6. Beck, D.L., Vasal, S.K. and Crossa, J. 1990.Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (Zea mays L.) germplasm. Maydica, 35: 279-285.
7. Bhusal, T. N., Lal, G. M., Marker, S., and Synrem, G. J. 2016. Discrimination of maize (Zea maysL.) inbreds for morpho-physiological and yield traits by D2 statistics and principal component analysis (PCA). Asian Journal of Bio Science, 11(1), 77-84.
8. Duvick, D. N. 1999. Heterosis: feeding people and protecting natural resources. Genetics and exploitation of heterosis in crops, 19-29.
9. Edmeades, G. O., Bolanos, J., Elings, A., Ribaut, J. M., Baenziger, M. 2000. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize.

In: Westgate, M.E., Boote, K.J. (Eds.). Physiology and modelling kernel set in maize. CSSA. Madison, WI, 43–73.

10. Elsahookie, M. M. 1985. A shortcut method for estimating plant leaf area in maize. J. Agronomy and Crop Sci. 154: 157-160.
11. Falconer, D. S. 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver & Boid, London. 304 p.
12. FAO (Statistical Databases). 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, available online at: http://faostat3.fao.org.
13. Grant, R.F., B.S. Jackson, J.R. Kiniry, and G.F. Arkin 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. Agronomy Journal 81:61-65.
14. Hassan, A. A., Abdikadir, M., Hasan, M., Azad, M. A. K. and Hasanuzzaman, M. 2018. Genetic Variability and Diversity Studies in Maize (Zea Mays L.) Inbred Lines. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 11(11), 69-76.
15. Hatfield, J. L.; Sauer, T. J. and Prueger, J. H. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. Agron. J. 93: 271-280.
16. Jumaa, R. F., and Madab, D. S. 2019. Estimation Genetic Diversity by Using Cluster, D^2 and Principle Component Analysis of Maize Inbred Lines (Zea mays L.). Tikrit Journal for Agricultural Sciences. 18(4), 39-50.
17. Maruthi، R. T. and Jhansi Rani, K. 2015. Genetic variability, heritability and genetic advance estimates in maize (Zea mays L.) inbred lines. Journal of Applied and Natural Science, 7 (1): 149 – 154.
18. Moll, R. H., Lonnquist, J. H., Fortuno, J. V., and Johnson, E. C. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics, 52(1), 139.
19. Moll, R.H., Kamprath E.J. and Jackson W. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562–564.
20. Rao, C. R. 1952. Advanced statistical methods in biometric research.
21. Saxena, V.K., Mathi, N.S., Singh, N.N. and Vasal, S.K. 1998. Heterosis in maize: Grouping and patterns. Proc. of 7th Asian Regional Maize Workshop. Los Banos, Philippines. February 23-27, 124-133.

22. Sharma, J. R. 2006. Statistical and biometrical techniques in plant breeding. New Age International.
23. Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. 1977. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Biometrical methods in quantitative genetic analysis.
24. Snedecor, G. W. and W. G. Cochran .1981. Statistical methods. 6th (Edit), Iowa Stat. Univ., Press. Ames, Iowa, U. S. A.
25. Vasal, S. K. 1998. Hybrid maize technology: Challenges and expanding possibilities for research in the next century. Proc. of 7th Asian Regional Maize Workshop. Los Banos, Philippines. February 23-27, 58-62 pp.
26. Xionshi, G., T.R. Sinclair, and J.D. Ray 1998. Effect of drought history on recovery of transpiration, photosynthesis, and leaf area development in maize. Soil Crop sci. SOC. Fla. Proc. 57:83-87.
27. Zaman, M.A.and M.A.Alam. 2013 Genetic diversity in exotic maize (Zea mays L.) hybrids.Bangladesh. J.Agric. Res. 38(2):335-341.