الانتخاب غير المباشر باستخدام تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP) في سلالات من الذّرة الصفراء (*Zea mays* L.)

اسراء سمير البوش* **د. أيمن الشحاذة العودة****

الملخص

أجريت الدّراسة في مزرعة أبي جرش، في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2018 و2019، بهدف تقييّم وانتخاب أفضل السلالات من الذّرة الصفراء باستخدام تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP)، بالإضافة إلى حساب معاملي التباين الوراثي والمظهري، ودرجة التوريث بالمعنى الواسع، والتقدّم الوراثي. نفذّت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية (RCBD)، بثلاثة مكررات. بيّنت النتائج وجود تباين مرتفع المعنوية بين السلالات لجميع الصفات المدروسة، عدا صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة، ما يُشير إلى أهمية التباين الوراثي في التعبير عن معظم الصفات المدروسة. وكانت قيم معامل التباين المظهري (PCV) أكبر من قيم معامل التباين الوراثي (GCV)، ما يَدلُّ على تأثير العوامل البيئية في سلوك الصفات المدروسة. وكانت قيم درجة التوريث بالمعنى الواسع (H_{BS}) مرتفعة في جميع الصفات المدروسة، باستثناء صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة، وترافقت مع قيمٍ مرتفعة للتقدّم الوراثي (GA%) في صفات ارتفاع النبات، وارتفاع العرنوس، وحجم

* طالبة دكتوراه، معيدة موفدة داخلياً في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.
** أستاذ دكتور، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

النورة المذكرة، والمساحة الورقية للنبات، ودليل المساحة الورقية، وشيخوخة الأوراق، وكفاءة استعمال المياه، وكفاءة استعمال الآزوت، وكفاءة امتصاص الآزوت، وكفاءة استهلاك الآزوت، وعدد الحبوب في العرنوس، ووزن المائة حبة، والغلّة الحيوية عند النضج للنبات، والغلّة الحبية للنبات، ودليل الحصاد للنبات. وأشارت نتائج تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز إلى أنّ أعلى قيم تربية لصفات الغلّة الحبّيّة للنبات، الغلّة الحيويّة للنبات، ومعامل الحصاد، كانت لدى السلالتين IL-272-06، وIL-90-14، لذلك تمّ التنبؤ لهاتين السلالتين بإعطاء هجن تتميز بغلّتين حبّيّة وحيويّة مرتفعتين.

الكلمات المفتاحية: أفضل تنبؤ خطي غير منحاز، التباين المظهري، التباين الوراثي، التقدّم الوراثي، درجة التوريث، الذرة الصفراء.

Indirect Selection Using Best Linear Unbiased Prediction Analysis (BLUP) in Maize inbred lines (*Zea mays* L.)

Esraa AL-Boush[*] **Dr. Ayman AL-Ouda**[**]

Abstract

In order to evaluate and select best inbred lines of maize using Best Linear Unbiased Prediction analysis (BLUP), in addition to estimating the coefficients of genotypic and phenotypic variation, heritability, and genetic advance. The study was conducted at Abu Garash Farm, Faculty of Agriculture, Damascus University, during two successive growing seasons (2018 and 2019). The experiment was laid according to the randomized complete block design (RCBD) with three replications. There were significant differences among the investigated genotypes (inbreds) for all the studied traits, except for the anthesis-silking interval, indicating the importance of genetic variation in the expression of most traits. The values of the phenotypic coefficient of variance (PCV) were greater than the values of the genotypic coefficient of variance (GCV), indicating the effect of the environmental factors on the expression of the studied traits. Results also showed that the values of heritability in the broad sense ($H_{BS)}$ were high in all traits except for the anthesis-silking interval, and were accompanied with high values of the genetic advance (GA%) in plant height, ear height, tassel size, plant leaf area, leaf area index, leaf senescence, water use efficiency, nitrogen use efficiency, nitrogen uptake efficiency, nitrogen utilization efficiency, grain per ear, 100– kernel weight, biological yield per plant, grain

[*] PhD. Student, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

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

yield per plant and harvest index. The highest breeding values for the grain and biological yield per plant, and harvest index were recorded by the two inbred lines IL-272-06 and IL-90-14, therefore these two inbred lines were predicted to give hybrids with high grain and biological yields.

Key words: Best Linear Unbiased Prediction, Genetic Advance, Genotypic variation, Heritability, Maize, Phenotypic variation.

المقدمة:

تُعد كلاً من الذرة الصفراء Maize (*Zea mays* L.) والقمح بنوعيه الطري والقاسي Wheat (*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). وتأتي الذرة الصفراء على مستوى القطر العربي السوري في المرتبة الثالثة بعد محصولي القمح Wheat 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، 2018).

يُعد الحصول على سلالات مرباة داخلياً Inbred lines، وهجن جديدة Hybrids متفوقة على الهجن الموجودة، الهدف الرئيس لجميع برامج تربية الذّرة الصفراء، وذلك لكون محصول الذّرة الصفراء متعدد الاستعمالات، مع إيلاء صفة الغلّة الحبّيّة Grain yield اهتماماً خاصاً باعتبارها الصفة الأهم (Mohammadi وزملاؤه، 2003). وتُعد المتوسطات والتباينات الوراثية والمظهرية، ودرجة التوريث، ومعاملي الارتباط المظهري والوراثي من المعايير المهمة التي تحدد كفاءة برنامج التربية والتحسين الوراثي (Maruthi و Jhansi Rani، 2015). حيث يوضّح التباين المظهري التباين الكلي بين الأنماط المظهرية التي يتم اختبارها في بيئاتٍ مختلفة وفقاً للصفات التي تهم مربي النبات، فيما يوضّح التباين الوراثي الجزء من التباين الكلي العائد للاختلافات الوراثية بين الأفراد في بيئاتٍ مختلفة (Sujiprihati وزملاؤه، 2003). تقيس درجة التوريث كفاءة الانتخاب Selection efficiency لصفةٍ معينة في طرزٍ وتراكيب وراثية مختلفة (Lule وزملاؤه، 2012). وهي تعبر عن التباينات المظهرية العائدة للفعل الوراثي، ويمكن من خلال تقديرها التنبؤ بالتقدّم

الوراثي Genetic advance (GA%) المتوقع في برامج التربية، لأنّ النباتات المنتخبة ربما لا تعكس حقيقة التراكيب الوراثية المرغوب فيها (Bello وزملاؤه، 2012). إلّا أنّ قيمة درجة التوريث وحدها غير كافية إذا لم تكن مترافقة مع تقدّم وراثي حقيقي ملحوظ (Li وYang، 1985). وفي هذا السّياق أشار Belay (2018) من خلال دراسته للتباين وعلاقات الارتباط في محصول الذّرة الصفراء بأنّ قيم معامل التباين الوراثي قد تراوحت من 2.51% في صفة موعد النضج الفيزيولوجي إلى 17.20% في صفة الغلّة الحبّيّة، فيما تراوحت قيم معامل التباين المظهري بين 2.94% في صفة موعد النضج الفيزيولوجي إلى 19.70% في صفة الغلّة الحبّيّة. وجد Ferdoush وزملاؤه (2017) من خلال تقييمهم لنحو عشرين طرازاً وراثياً من الذّرة الصفراء أنّ أعلى قيمة لدرجة التوريث في صفة وزن الألف حبة قرابة 99%. وترافقت قيم التوريث المرتفعة مع تقدّم وراثي عالٍ لصفات وزن الألف حبة (99% =H_{BS}، 45.37 =GA%)، والغلّة الحبّيّة (78%=H_{BS}، 31.55=GA%). وأوضّح Pandey وزملاؤه (2017) من خلال دراستهم للعلاقة بين صفة الغلّة الحبّيّة وبعض مكوناتها في خمسةٍ وأربعين هجيناً عن طريق تقديرهم بعض المؤشرات الوراثية (المتوسطات، التباين الوراثي والمظهري، درجة التوريث بالمعنى الواسع، الارتباط الوراثي والمظهري)، أنّ كلاً من صفتي الغلّة الحبّيّة للنبات ووزن المائة حبة قد أظهرت قيماً مرتفعة لدرجة التوريث مترافقة مع قيم مرتفعة للتقدّم الوراثي (GA%) (98%=H_{BS}، 46.05=GA%، 90%=H_{BS}، 24.89=GA% على التتالي)، في حين ترافقت درجة التوريث المرتفعة مع قيم متوسطة للتقدّم الوراثي في صفات ارتفاع النبات (89.00%=H_{BS}، 13.99=GA%)، وعدد الحبوب في الصف (77.00%=H_{BS}، 15.54=GA%). وسُجِّلت أعلى قيم للتباين المظهري والوراثي في صفتي وزن المائة حبة (13.40=PCV%، 12.72=GCV%)، والغلّة الحبّيّة للنبات (22.87=PCV%، 22.61=GCV%). أظهر Matin وزملاؤه (2017) من خلال دراستهم للتباين الوراثي في واحد وعشرين هجين من الذّرة الصفراء أعلى قيم لمعاملي التباين

الوراثي (GCV) والمظهري (PCV) لصفات وزن الألف حبة (GCV=%103.75، PCV=%107.16)، وموعد الإزهار المؤنث (GCV=%97.66، PCV=%100.65)، والفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والنورات المؤنثة (GCV=%87.99، PCV=%91.42). وكانت أعلى قيم لدرجة التوريث بالمعنى الواسع في صفات (موعد الإزهار المؤنث 94.15%، وموعد النضج الفيزيولوجي 93.85%، ووزن الألف حبة 93.74%، وارتفاع العرنوس 93.00%)، مترافقة بقيمٍ مرتفعة للتقدّم الوراثي المتوقع تحقيقه بالانتخاب (93.05، 118.90، 379.41، 58.72 على التوالي) ذاته.

كانت طريقة أفضل تنبؤ خطي غير منحاز Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) طريقة الانتخاب النموذجية في تربية الحيوانات على مدى عقود (Henderson، 1950)، حيث يتم تقدير قيم التربية للآباء Breeding values of sires بناءً على أداء النسل لاختيار الطرز الوراثية المتفوقة وتربية العائلات المتفوقة (Robinson،1991). تمّ استخدام هذه الطريقة في تربية المحاصيل في الآونة الأخيرة (Piepho وزملاؤه، 2008). حيث يَعتبِر نموذج أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP) الطرز الوراثية متغيرات عشوائية. تُشير كلمة تنبؤ Prediction إلى التأثيرات العشوائية، فيما تُشير كلمة أفضل Best إلى احتوائها على أقل اختلاف، وخطي Linear تحليل خطي للبيانات، وكلمة غير منحاز Unbiased أنّ النسبة المتوقعة لجميع الأفراد تساوي القيمة المتوقعة لكل التأثيرات الحقيقية. يتم في أفضل تنبؤ خطي غير منحاز تقليص متوسطات الأفراد الواقعة فوق المتوسط العام نزولاً إلى المتوسط العام، ويتم تقليص متوسطات الأفراد أسفل المتوسط العام صعوداً نحو المتوسط العام، حيث يعتمد ذلك التقلص Shrunken على مقدار التباين البيئي (Hill و Rosenberger، 1985). أظهرت العديد من الدراسات فعّالية BLUP في التنبؤ بأداء الهجن الفردية في محصول الذّرة الصفراء وقيمة التربية في الانتخاب المتكرر وتطوير السلالات النقية والمرباه داخلياً Pure and inbred lines (Bauer وزملاؤه، 2006؛ Oakey

وزملاؤه، 2007؛ Viana وزملاؤه، 2011). كان Bernardo (1996) أوّل من وضّح تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز BLUP كأدلة مفيدة في تربية الذّرة الصفراء. وأشار Oliveira وزملاؤه (2016)، من خلال تقصيهم كفاءة التنبؤ بأداء هجن من الذّرة الصفراء باستخدام تحليل diallel و BLUP إلى وجود فروق بين الطريقتين في كفاءة التنبؤ، فالحالة المثلى هي الجمع بين إجراء تحليل القدرة على التوافق Combining ability analysis وتقدير قيمة التربية Breeding value estimates (BLUP) لتحديد الطرز الوراثية المبشرة بفعالية أكثر، وإذا اختار المربون استخدام طريقة واحدة فقط، فإنّ تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP) أكثر كفاءة في تحديد الآباء المناسبة التي تُحقق عند تهجينها زيادة الإنتاجية لعدة صفات، وبخاصةٍ صفتي ارتفاع العرنوس وموقع العرنوس، حيث تراوحت قيم الآباء من – 76.29 إلى 866.05 في صفة الغلّة الحبّيّة، ومن – 5.73 إلى 7.26 في صفة ارتفاع النبات، ومن – 8.42 إلى 4.14 في صفة ارتفاع العرنوس. وبيّن Crevelari وزملاؤه (2019) من خلال تقييمهم أربعة مؤشرات انتخابية وطريقة أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP)، للتنبؤ بالربح الوراثي Genetic gain المتوقع تحقيقه في تسعة عشر هجيناً قمياً، وخمسة هجن مقارنة مستخدمةً في صناعة السيلاج، في ثلاثة مناطق في البرازيل، إلى فعّالية وكفاءة BLUP، حيث كانت قيم BLUP (18.08 لصفة ارتفاع النبات، 30.93 لصفة ارتفاع العرنوس، 10.95 لصفة قطر الساق، 12.53 لصفة الغلّة الحبّيّة في مرحلة السيلاج، 16.16 لصفة الغلّة الحيوية).

يهدف البحث إلى انتخاب سلالات متميزة من الذرة الصفراء بالاعتماد على عدّة مؤشرات وراثية (معاملي التباين المظهري والوراثي، درجة التوريث، والتقدم الوراثي)، والتنبؤ بأداء هجنها الفردية، وذلك من خلال بعض الصفات الشكلية، والكمية، والفيزيولوجية.

مواد البحث وطرائقه:

نفذّ البحث في مزرعة أبي جرش، في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2018 و2019، حيث زُرعت في الموسم الزراعي الأوّل (2018) خمس سلالات مربّاة داخلياً 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 (الجدول، 1)، مع هجنها الفردية (الجدول، 2)، بثلاثة مواعيد 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 العشائر الستة للهجن المدروسة في الموسم الزراعي الثاني (2019)، ومن بينها السلالات الأبوية، وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)، وبثلاثة 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 6 م، والمسافة بين الخط والآخر 70 سم، والمسافة بين النباتات على الخط الواحد 25 سم، وتمّ تسجيل 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 رقم (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 رقم (2) الهجن الفردية وغلّتها الحبّيّة.

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

$$ASI = SD - AD$$

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)، لتقليل كمية المادة الجافة المستهلكة وتوفير كمية أكبر من نواتج عملية التمثيل الضوئي لتشكيل الحبوب وامتلائها، وإنّ تقليل حجم النورة المذكّرة لا يؤثر إطلاقاً في نسبة الإخصاب والعقد، لأنّ عدد حبوب اللقاح في الذّرة الصّفراء عادةً ما يكون كبير جداً وأكبر بكثير من عدد حبوب اللقاح اللازمة لإخصاب جميع الحرائر المتشكلة. 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 ستُحسب 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: بعد جمع البيانات لكافة القراءات المدروسة، استخدم برنامج Excel في تبويب النتائج، ومن ثمّ حُللت هذه البيانات حسب Snedecor و Cochran (1981)، كما تمّت مقارنة المتوسطات باستخدام مقياس أقلّ فرقٍ معنويٍّ Least Significant Difference (L.S.D) على مستوى معنويّة 5% باستخدام برنامج ADEL-R. وحُسبت المؤشرات الوراثيّة الآتية:

1- **معاملي التباين المظهري (PCV) والوراثي (GCV):** تمّ تقديرهما وفق Singh و Chaudhary (1977) باستخدام برنامج Excel.

(GCV) % = (□g / general mean) x 100.
(PCV) % = (□p / general mean) x 100.

□g و□p الانحراف المعياري المظهري والوراثي على التوالي.

قسّمت قيم PCV، GCV إلى ثلاثة مستويات وفقاً للعالمين Sivasubranian و Menon (1973)، حيث 0-10% منخفض، 10-20% متوسط، أكبر من 20% عالٍ.

2- **درجة التوريث بمفهومها الواسع Broad Sense Heritability (H_{BS}):** قُدّرت لجميع الصفات المدروسة حسب Burton (1951)؛ و Warner (1952).

$$H_{BS} = (\sigma_g^2 / \sigma_p^2) \times 100.$$

قسّمت قيم درجة التوريث وفق Robinson وزملاؤه (1949) إلى ثلاثة مستويات هي 0-30% منخفض، 30-60% متوسط، أكبر من 60% عالٍ.

3- **التقدّم الوراثي Genetic Advance (GA):** قُدّر على شدّة انتخاب 5%، وكذلك تمّ حساب النسبة المئويّة للتقدّم الوراثي (GA%) كنسبة من المتوسط العام وذلك وفق المعادلات الموضّحة من قبل (Falconer، 1981):

$$GA = K \times H \times \sigma_p$$
$$(GA \text{ as } \% \text{ of mean}) = (GA/\text{general mean}) \times 100$$
$$K=2.0627$$

قسّمت قيم GA% إلى ثلاثة مستويات وفق Johnson وزملاؤه (1955)، حيث 0-10% منخفض، 10-20% متوسط، أكبر من 20% عالٍ.

4- **أفضل تنبؤ خطي غير منحاز Best linear unbiased predictor (BLUP):**

يتطلب تطوير أصناف جديدة والتوصية بأصناف استنبطت حديثًا عملية انتخاب يتم إجراؤها بين مجموعة من الطرز الوراثية المرشحة Candidate genotypes، لذا فإنّ تقدير القيم الوراثية Genotypic values هو في صميم أي برنامج تربية. حيث يمكن أن يستند تحليل البيانات المقاسة في تجارب التربية إلى نموذج خطي مختلط بالشكل الآتي (Piepho وزملاؤه، 2008):

$$Y=X\beta+Zu+e$$

حيث: Y يمثل موجّه المشاهدات (أي البيانات المظهرية المقاسة Phenotypic data).

β و u يمثلان عاملا التأثيرات الثابتة والعشوائية على التتالي.

Z و X يمثلان مصفوفة التصميم المرافقة.

e الخطأ المتبقي العشوائي.

حيث أجري تحليل (BLUP) باستخدام برنامج META-R.

النتائج والمناقشة:

تحليل التباين: بيّنت نتائج تحليل التباين (الجدول، 3) وجود تباين مرتفع المعنوية بين السلالات لجميع الصفات المدروسة، عدا صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة، ما يُشير إلى وجود تباين وراثي بين السلالات يمكن الاستفادة منه في تحقيق تحسين وراثي عبر الانتخاب. يتوافق ذلك مع نتائج (Belay ،2018؛ Ferdoush وزملاؤه ،2017؛ Pandey وزملاؤه ،2017؛ Matin وزملاؤه ،2017).

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

مصادر التباين	الإزهار المذكر (يوم)	الإزهار المؤنث (يوم)	الفاصل الزمني (يوم)	النضج الفيزيولوجي (يوم)	ارتفاع النبات (سم)
المكررات	10.6	10.3	0.02	0.37	211.9
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
مصادر التباين	ارتفاع العرنوس (سم)	حجم النورة المذكرة (فرع)	المساحة الورقية (سم^2. نبات$^{-1}$)	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	22.1
CV%	3.5	4.6	4.4	4.4	9.1
مصادر التباين	كفاءة استعمال المياه (غ حبوب. نبات$^{-1}$. مم$^{-3}$ مياه)	كفاءة استعمال الآزوت (غ حبوب. غ آزوت متاح في التربة$^{-1}$)	كفاءة امتصاص الآزوت (غ آزوت في الكتلة الحية. غ آزوت متاح في التربة$^{-1}$)	كفاءة استهلاك الآزوت (غ حبوب. غ آزوت في الكتلة الحية$^{-1}$)	عدد الحبوب بالعرنوس (حبة. عرنوس$^{-1}$)
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 المئة حبة (غ)	الغلّة الحيوية للنبات (غ)	الغلّة الحبّيّة للنبات (غ. نبات$^{-1}$)	دليل الحصاد %	
المكررات	1.17	34	791.28	59.65	
السلالات	26.45^{**}	8477.5^{**}	1352.66^{**}	52.20^{**}	
الخطأ التجريبي	0.78	248.2	41.94	6.93	
CV%	3.6	6.5	7.1	7.0	

المؤشرات الوراثية: أشارت النتائج (الجدول، 4) إلى أنّ قيم معاملي التباين المظهري PCV والوراثي GCV كانت منخفضة في صفات موعد الإزهار المذكّر (%GCV=2.65; %PCV=3.19)، وموعد الإزهار المؤنث (%GCV=2.71; %PCV=3.13)، وموعد النضج الفيزيولوجي (%GCV=4.57; %PCV=4.89)، والمساحة الورقية للنبات (%GCV=8.22; %PCV=9.33)، ودليل المساحة الورقية (%GCV=8.22; %PCV=9.33)، فيما كانت متوسطة في صفات ارتفاع النبات (%GCV=13.46; %PCV=14.37)، وارتفاع العرنوس (%GCV=9.90; %PCV=10.51)، وحجم النورة المذكّرة (%GCV=13.44;%PCV=14.21)، وشيخوخة الأوراق (%GCV=15.23; %PCV=17.74)، وكفاءة استهلاك الآزوت (%GCV=15.22; %PCV=17.98)، ووزن المائة حبة (%GCV=11.88; %PCV=12.41)، ومعامل الحصاد (%GCV=10.28; %PCV=12.42)، بينما سُجّلت قيماً مرتفعة لمعاملي التباين المظهري والوراثي في صفات كفاءة استعمال المياه (%GCV=22.49; PCV=23.38%)، وكفاءة استعمال الآزوت (%GCV=22.49; %PCV=23.38)، وكفاءة امتصاص الآزوت (%GCV=34.97; %PCV=35.15)، وعدد الحبوب في العرنوس (%GCV=21.57; %PCV=23.92)، والغلّة الحيويّة للنبات (%GCV=21.48; PCV=22.43%)، والغلّة الحبّيّة للنبات (%GCV=22.94; %PCV=24.01)، ولم تُظهرْ السلالات أي تباين وراثي لصفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة. وبالرّغم من تقارب قيم معاملي التباين المظهري والوراثي إلّا أنّ ذلك لا ينفي أنّ قيم PCV كانت أعلى من قيم GCV، ما يُشير إلى تأثير العوامل البيئية في سلوك الصفات المدروسة. تراوحت قيم معامل التباين المظهري PCV من 3.13% في صفة موعد الإزهار المؤنث، إلى 35.15% في صفة كفاءة امتصاص الآزوت، فيما تراوحت قيم معامل التباين الوراثي من 2.65% في صفة موعد الإزهار المذكّر إلى 34.97% في صفة كفاءة امتصاص الآزوت (الجدول، 4). اتفقت هذه النتائج مع نتائج (Belay، 2018؛ Ferdoush وزملاؤه،2017؛ Pandey

وزملاؤه ،2017؛ Matin وزملاؤه ،2017). وأظهرت النتائج أنّ قيم درجة التوريث بالمعنى الواسع H_{BS} كانت مرتفعة في جميع الصفات المدروسة عدا صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة، حيث تراوحت من 0.87 في كلٍّ من صفتي موعد الإزهار المذكّر ومعامل الحصاد، إلى 0.99 في صفة كفاءة امتصاص الآزوت (الجدول، 4). وتباينت قيم التقدّم الوراثي بين المنخفضة والمرتفعة، فقد أبدت السلالات قيماً منخفضة للتقدّم الوراثي في صفات موعد الإزهار المذكّر، وموعد الإزهار المؤنث، وطول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة، وموعد النضج الفيزيولوجي، وقيماً مرتفعة لصفات ارتفاع النبات، وارتفاع العرنوس، وحجم النورة المذكرة، والمساحة الورقية للنبات، ودليل المساحة الورقية للنبات، وشيخوخة الأوراق، وكفاءة استعمال المياه، وكفاءة استعمال الآزوت، وكفاءة امتصاص الآزوت، وكفاءة استهلاك الآزوت، وعدد الحبوب في العرنوس، ووزن المائة حبة، والغلّة الحيوية عند النضج للنبات، والغلّة الحبية للنبات، ومعامل الحصاد للنبات، ما يدل على أنّ الانتخاب لهذه الصفات فعّال ومجدٍ كون قيمتي كلٍّ من معامل التوريث والتقدّم الوراثي مرتفعة. وقد تراوحت قيم التقدّم الوراثي من 5.73% في صفة موعد الإزهار المذكّر، إلى 72.26% في صفة كفاءة امتصاص الآزوت. تتوافق هذه النتائج مع نتائج (Belay ،2018؛ Ferdoush وزملاؤه ،2017؛ Pandey وزملاؤه ،2017؛ Matin وزملاؤه، 2017).

تقدير قيم التربية عبر تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP): تباينت قيمة التربية للسلالات المدروسة من صفة لأخرى (الجدول، 5)، فقد أبدت السلالتان IL-200-14 وIL-239-14 أعلى القيم في صفتي موعد الإزهار المذكّر وموعد الإزهار المؤنث، ولم تختلف السلالات المدروسة في صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة عن بعضها.

فيما أظهرت السلالتان IL-200-14 وIL-90-14 أعلى القيم لصفة موعد النضج الفيزيولوجي. كما سُجّلت أعلى القيم لصفة ارتفاع النبات في السلالتين IL-272-06 وIL-90-14، ويُعدّ ارتفاع النبات من أهم صفات محصول الذّرة الصفراء التي تميز الصنف وترتبط هذه الصفة ارتباطاً وثيقاً بالغلّة الحبّيّة، والغلّة الحيوية (العلف الأخضر) (Al-Zobae، 2006). ويتحدد ارتفاع النبات في الذّرة الصفراء بعدد العقد على الساق، التي تعني عدد أوراق أكبر أو من خلال طول السلامية، حيث يفضّل إدخال السلالات الأطول نسبياً في برامج الانتخاب وتكوين الهجن، كون الساق في الذرة الصفراء تقوم بتخزين المواد الصلبة الذائبة في مرحلة الإزهار، التي تتكون بصورةٍ رئيسة من السكروز، ما يُسهم في زيادة الغلّة الحبية من خلال زيادة درجة امتلاء الحبوب خلال فترة امتلاء الحبوب (النضج الفيزيولوحي) (Hume وCampbell، 1972).

الجدول رقم (4) التباين الوراثي، التباين المظهري، معامل التباين الوراثي، معامل التباين المظهري، درجة التوريث بالمعنى الواسع، التقدّم الوراثي، المتوسط العام، وأقل فرق معنوي بين السلالات

PH	PHM	ASI	SD	AD	Statistic
352.13	24.76	0.00	4.12	3.65	التباين الوراثي GV
401.34	28.43	0.20	5.51	5.28	التباين المظهري PV
13.46	4.57	0.00	2.71	2.65	معامل التباين الوراثي %GCV
14.37	4.89	14.96	3.13	3.19	معامل التباين المظهري %PCV
0.96	0.95	0.00	0.90	0.87	درجة التوريث H_{BS}
28.32	9.62	0.00	5.80	5.73	التقدّم الوراثي %GA
139.42	108.95	3.01	75.06	72.05	المتوسط العام
9.13	2.49	0.00	1.49	1.59	LSD
LS	LAI	LA	TS	EH	Statistic
61.74	0.03	101095.64	2.02	53.66	التباين الوراثي GV
83.84	0.04	129948.24	2.26	60.52	التباين المظهري PV

15.23	8.22	8.22	13.44	9.90	معامل التباين الوراثي GCV%
17.74	9.33	9.33	14.21	10.51	معامل التباين المظهري PCV%
0.89	0.91	0.91	0.96	0.96	درجة التوريث H_{BS}
32.70	17.56	17.56	28.21	20.80	التقدّم الوراثي GA%
51.61	2.21	3865.72	10.58	73.99	المتوسط العام
5.92	0.12	216.10	0.64	3.42	LSD
GN	NUtE	NUpE	NUE	WUE	Statistic
6149.90	29.52	0.20	93.38	0.03	التباين الوراثي GV
7560.38	41.19	0.20	100.90	0.03	التباين المظهري PV
21.57	15.22	34.97	22.49	22.49	معامل التباين الوراثي GCV%
23.92	17.98	35.15	23.38	23.38	معامل التباين المظهري PCV%
0.93	0.88	0.99	0.97	0.97	درجة التوريث H_{BS}
45.83	32.77	72.26	46.97	46.97	التقدّم الوراثي GA%
363.53	35.69	1.27	42.96	0.71	المتوسط العام
48.19	4.28	0.06	3.60	0.06	LSD
	HI	GYP	BY	100-KW	Statistic
	15.09	436.91	2743.10	8.56	التباين الوراثي GV
	22.02	478.85	2991.32	9.34	التباين المظهري PV
	10.28	22.94	21.48	11.88	معامل التباين الوراثي GCV%
	12.42	24.01	22.43	12.41	معامل التباين المظهري PCV%
	0.87	0.97	0.97	0.97	درجة التوريث H_{BS}
	22.22	48.00	44.92	24.84	التقدّم الوراثي GA%
	37.77	91.12	243.81	24.63	المتوسط العام
	3.26	8.49	20.67	1.16	LSD

AD: الإزهار المذكر؛ SD: الإزهار المؤنث؛ ASI: الفاصل الزمني؛ PHM: النضج الفيزيولوجي؛ PH: ارتفاع النبات؛ EH: ارتفاع العرنوس؛ TS: حجم النورة المذكرة؛ LA: المساحة الورقية؛ LAI: دليل المساحة الورقية؛ LS: شيخوخة الأوراق؛ WUE: كفاءة استعمال المياه؛ NUE: كفاءة استعمال الآزوت؛ NUpE: كفاءة امتصاص الآزوت؛ NUtE: كفاءة استهلاك الآزوت؛ GN: عدد الحبوب بالعرنوس؛ KW-100: وزن المئة حبة؛ BYP: الغلة الحيوية للنبات؛ GYP: الغلة الحبية للنبات؛ HI: دليل الحصاد.

حقّقت السلالتان IL-90-14 وIL-200-14 أعلى القيم لصفة ارتفاع العرنوس، وتجدر الإشارة إلى أنّ ارتفاع العرنوس على النبات إلى أعلى من منتصف النبات يؤدي إلى أضرار جانبية منها الضجعان Lodging في حالة كون ساق النبات غير سميك، أما في حالة تواجده في أسفل النبات يؤدي إلى زيادة التظليل على العرنوس وبالتالي زيادة الرطوبة وانتشار الأمراض الفطرية من جهة، وزيادة الأضرار الناتجة عن الحيوانات القارضة كفأر الحقل من جهةٍ أخرى، لذلك يسعى مربو النبات إلى انتخاب الأصناف التي يكون فيها العرنوس في منتصف الساق. وأبدت السلالتان IL-200-14 وIL-239-14 أعلى القيم لصفة حجم النورة المذكّرة، حيث يتم الانتخاب لحجم نورة مذكّرة أصغر شريطة توافر عدد كاف من حبوب اللقاح.

سُجّلت أعلى قيم التربية لصفتي المساحة الورقية للنبات ودليل المساحة الورقية في السلالتين IL-200-14 وIL-90-14، حيث يسعى مربو محصول الذرة الصفراء إلى الوصول إلى زيادة في معدّل عدد الأوراق والمساحة الورقية كونها من أهم الصفات الحقلية المرتبطة بالغلّة الحبّيّة وذلك لزيادة مقدرة المصدر على تجهيز المادة الجافة إلى المصب (الغلّة ومكوناتها)، فيما يختبر مقياس دليل المساحة الورقية في الذرة الصفراء كفاءة اعتراض الأشعة الشمسية ويحدد الحد الأمثل من مساحة الأوراق التي يتم عندها إنتاج أعلى كمية من المادة الجافة، بفضل عملية التمثيل الضوئي، ما يؤدي على زيادة عدد الحبوب في

العرنوس، ومتوسط وزن المائة حبة، ومن ثمّ زيادة الغلّة الحبية. أما بالنسبة لصفة شيخوخة الأوراق، فقد لوحظت أعلى القيم في السلالتين IL-239-14 وIL-456-06، ويتم الانتخاب لتأخير شيخوخة الأوراق، والمحافظة على استدامة اخضرار الأوراق Stay green، لضمان المحافظة على حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ما يؤدي إلى تصنيع كميةٍ أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، ومدّ الحبوب بها خلال الفترة المتأخرة من مرحلة امتلاء الحبوب (Coque وGallais، 2007). كما أكد Hamdalla (2006) على ضرورة الانتخاب لنباتات ذات مساحة ورقية مرتفعة مع التركيز على طول مدة بقائها خضراء (تأخر شيخوختها)، حيث يرتبط ذلك مع زيادة معدّل النمو في النباتات وتطورها وإنتاجيتها.

أظهرت السلالتان IL-272-06 وIL-90-14 أعلى قيم التربية لصفات كفاءة استعمال المياه WUE، وكفاءة استعمال الآزوت NUE، وكفاءة امتصاص الآزوت NUpE. فيما حُقّقت أعلى القيم لصفة كفاءة استهلاك الآزوت WUtE في السلالتين IL-456-06 وIL-200-14. تُعد كفاءة استعمال الآزوت (NUE) صفة مظهرية معقدة (Complex phenotypic trait) تتأثر بالعديد من الآليات الفيزيولوجية (Moose وBelow، 2009). ويُعزى التباين الوراثي في صفة كفاءة استعمال الآزوت في الذّرة الصفراء إلى كفاءة الطرز الوراثية في امتصاص NUpE، واستهلاك الآزوت NUtE الذي يُعبّر عن قابلية النباتات للاستفادة من الآزوت وإنتاج غلّة حبّيّة أعلى تحت مستوياتٍ مختلفة من التسميد الآزوتي (Presterl وزملاؤه، 2002؛ Haegele وزملاؤه، 2013). وترتبط كفاءة امتصاص الآزوت NUpE بالعديد من العوامل الفيزيولوجية (زيادة الكتلة الحية للنبات، بنية الجذر Root architecture، ومعدّل التمثيل الضوئي Photosynthetic rate، ودليل المساحة الورقية Leaf area index، ومحتوى التربة من النترات Nitrate content، وأنزيم الجلوتامين Glutamine synthetase، ونشاط الأنزيمات روبيسكو Rubisco، PEP-carboxylase) (Uribelarrea وزملاؤه، 2009؛ Hammer وزملاؤه، 2009). فيما ترتبط كفاءة استهلاك الآزوت NUtE بزيادة التمثيل

الضوئي، والنقل Transport، والتوازن بين تمثيل الكربون والآزوت Carbon and Nitrogen assimilates، ومعدّل عقد الحبوب Kernel set (Leach وزملاؤه، 2017؛ Weiland وTa، 1992).

أبدت السلالة IL-272-06 أعلى القيم لصفتي عدد الحبوب في العرنوس، ووزن المائة حبة. إنّ فهم استجابة وزن الحبوب وعلاقة المصدر بالمصب مهمة في برامج التربية، إذْ يعتمد معدّل امتلاء الحبوب على كفاءة المصدر وقوة المصب والعلاقة بينهما، وتعتمد الأولى على مساحة الأوراق ومدّة بقائها خضراء، ومعدّل تمثيل الكربون في وحدة المساحة الورقية، أما قوة المصب فتتمثل بمقدرته على استجرار أكبر كمية ممكن من نواتج التمثيل الضوئي من المصدر، وإعطاء أكبر عدد من العرانيس الكبيرة الحجم، وعدد أكبر من الحبوب الكبيرة أيضاً (Capristo وزملاؤه، 2007). يُلاحظ من الجدول (5) أنّ السلالة IL-272-06 اتسمت بقيم تربية جيدة للمساحة الورقية (3931.017) ودليل المساحة الورقية (2.246) وأقل قيمة لشيخوخة الأوراق (41.237).

تميّزت السلالتان IL-272-06 وIL-90-14 بأعلى قيم التربية لصفتي الغلّة الحيويّة والغلّة الحبّيّة للنبات، فيما أبدت السلالة IL-456-06 قيمة مرتفعة لصفة معامل الحصاد إلى جانب السلالتين IL-90-14 وIL-272-06 . تمثل الغلّة الحبّيّة للنّبات ومعامل الحصاد هدف أساسي لمربي النبات، وتعتمد الغلّة الحبّيّة بشكلٍ رئيس على كمية المياه والآزوت المتاح للنباتات خلال محتلف المراحل التطورية (Tambussi وزملاؤه، 2007؛ Blum، 2011). يُلاحظ من البيانات أنّ السلالتين IL-90-14 وIL-272-06 تُصنفان كطرزٍ كفوءة في استعمال المياه والآزوت. توافقت النتائج السابقة مع نتائج كل من (Crevelari وزملاؤه، 2019؛ Oliveira وزملاؤه ،2016؛ Piepho وزملاؤه، 2008؛ Bernardo ،1996).

الاستنتاجات Conclusions

بيّنت نتائج معاملي التباين المظهري والوراثي أنّ للبيئة تأثيراً محدوداً في توريث معظم الصفات المدروسة، بسبب تقارب قيم معاملي التباين المظهري والوراثي، ويؤدي التباين الوراثي دوراً مهماً في التعبير عن معظم الصفات المدروسة، عدا صفة طول الفاصل الزمني بين ظهور النورات المذكّرة والمؤنثة. وكانت قيم درجة التوريث بمفهومها الواسع مرتفعة في معظم الصفات المدروسة، مع الإشارة إلى فعّالية الانتخاب لصفات ارتفاع النبات، ارتفاع العرنوس، حجم النورة المذكرة، المساحة الورقية للنبات، دليل المساحة الورقية للنبات، شيخوخة الأوراق، كفاءة استعمال المياه، كفاءة استعمال الآزوت، كفاءة امتصاص الآزوت، كفاءة استهلاك الآزوت، عدد الحبوب بالعرنوس، وزن المائة حبة، الغلّة الحيوية عند النضج للنبات، الغلّة الحبية للنبات، ومعامل الحصاد للنبات، كونها تميزت بقيمٍ مرتفعة للتقدّم الوراثي المتوقع إحرازه عبر الانتخاب. ويمكن التنبؤ للسلالتين IL-272-06 وIL-90-14 بإعطاء هجن تتميز بغلّة حبّيّة وحيويّة مرتفعة.

التوصيات:

متابعة العمل على السّلالتين (IL-272-06؛ IL-90-14) وإجراء تحليل الثباتية في أكثر من موقع بيئي، وإجراء تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP) تجميعي عبر المواقع البيئية بالإضافة إلى تحليل أفضل تقدير خطي غير منحاز Best Linear Unbiased Estimate (BLUE) لتقدير التأثيرات الثابتة.

الجدول رقم (5) نتائج تحليل أفضل تنبؤ خطي غير منحاز (BLUP) للسلالات المدروسة

Genotype	BLUP_AD	BLUP_SD	BLUP_ASI	BLUP_PHM	BLUP_TS	BLUP_PH	BLUP_EH
IL-200-14	73.892	77.208	3.005	112.762	12.171	146.734	79.011
IL-239-14	73.703	76.691	3.005	104.447	11.513	115.991	68.269
IL-272-06	69.592	72.444	3.005	111.976	9.974	155.788	73.328

IL-456-06	71.528	74.466	3.005	102.898	10.647	123.874	66.111
IL-90-14	71.535	74.466	3.005	112.667	8.579	154.713	83.231
Genotype	BLUP_LA	BLUP_LAI	BLUP_LS	BLUP_WUE	BLUP_NUE	BLUP_NUpE	BLUP_NUtE
IL-200-14	4293.222	2.453	49.501	0.692	41.700	1.082	38.519
IL-239-14	3529.550	2.017	60.959	0.561	33.812	1.110	32.626
IL-272-06	3931.017	2.246	41.237	0.940	56.628	1.976	29.263
IL-456-06	3618.654	2.068	56.023	0.577	34.763	0.807	42.443
IL-90-14	3956.168	2.261	50.305	0.795	47.908	1.351	35.590

Genotype	BLUP_GN	BLUP_100-KW	BLUP_BYP	BLUP_GYP	BLUP_HI
IL-200-14	392.091	25.596	255.334	87.611	35.366
IL-239-14	236.278	23.237	219.619	71.130	34.641
IL-272-06	419.241	29.179	311.661	118.802	36.726
IL-456-06	354.862	21.811	172.593	73.117	43.709
IL-90-14	415.153	23.322	259.853	104.943	38.417

AD: الإزهار المذكر؛ SD: الإزهار المؤنث؛ ASI: الفاصل الزمني؛ PHM: النضج الفيزيولوجي؛ PH: ارتفاع النبات؛ EH: ارتفاع العرنوس؛ TS: حجم النورة المذكرة؛ LA: المساحة الورقية؛ LAI: دليل المساحة الورقية؛ LS: شيخوخة الأوراق؛ WUE: كفاءة استعمال المياه؛ NUE: كفاءة استعمال الآزوت؛ NUpE: كفاءة امتصاص الآزوت؛ NUtE: كفاءة استهلاك الآزوت؛ GN: عدد الحبوب بالعرنوس؛ KW-100: وزن المئة حبة؛ BYP: الغلة الحيوية للنبات؛ GYP: الغلة الحبية للنبات؛ HI: دليل الحصاد.

المراجع:

1. المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية.2018. منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.
2. Al-Zobae, N.Y.A. 2006. Evaluation of maize inbreds by Top and Diallel Crossing. Ph.D. Dissertation, Dept. of Field Crop, Coll. of Agric., Univ. of Baghdad. pp. 200
3. Bauer, A. M., Reetz, T. C., & Léon, J. 2006. Estimation of breeding values of inbred lines using best linear unbiased prediction (BLUP) and genetic similarities. Crop science, 46(6), 2685-2691.
4. Belay, N. 2018. Genetic variability, heritability, correlation and path coefficient analysis for grain yield and yield component in maize (*Zea mays* L.) Hybrids. Advances in Crop Science and Technology, 6, 399.
5. Bello, O.B., Ige, S.A., Azeez, M.A., Afolabi, M.S., Abdulmaliq, S.Y. and Mohamood, J. 2012. Heritability and genetic advance for grain yield and its component characters in maize (*Zea mays* L.). International Journal of Plant Research, 2(5):138-145.
6. Bernardo, R. 1996. Best linear unbiased prediction of maize single-cross performance. Crop Science, 36(1), 50-56.
7. Blum, A. 2011. Plant breeding for water limited environment. Berlin: Springer.
8. Burton, G. W. 1951. Quantitative inheritance in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). Agro. J., 43: 409-417.
9. Coque, M. and A. Gallais. 2007. Genetic variation for nitrogen remobilization and post silking nitrogen uptake in maize recombinant inbred lines: Heritabilities and correlation among traits. Crop Sci. 47: 1787-1796.
10. Crevelari, J. A., Pereira, M. G., Azevedo, F. H. V., and Vieira, R. A. M. 2019. Genetic improvement of silage maize: predicting genetic gain using selection indexes and best linear unbiased prediction. Revista Ciência Agronômica, 50 (2), 197-204.
11. 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.

12. Elsahookie, M. M. 1985. A shortcut method for estimating plant leaf area in maize. J. Agronomy and Crop Sci. 154: 157-160.
13. Falconer, D. S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. 2nd ed. The Longman. Press, London.
14. FAO (Statistical Databases). 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, available online at: http://faostat3.fao.org.
15. Ferdoush, A., Haque, M. A., Rashid, M. M., and Bari, M. A. A. 2017. Variability and traits association in maize (*Zea mays* L.) for yield and yield associated characters. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 15 (2), 193-198.
16. 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.
17. Haegele, J.W.; Cook, K.A.; Nichols, D.M. and Below, F.E. 2013. Changes in nitrogen use traits associated with genetic improvement for grain yield of maize hybrids released in different decades. Crop Sci., 53, 1256–1268.
18. Hamdalla, M. S. 2006. The Relative Number of Favorable Genes and Some Criteria of Hybrid Vigor in in Maize. Ph.D. Dissertation. Dept of Field Crop Sci. Coll. of Agric. Baghdad University. pp. 115.
19. Hammer, G.L.; Dong, Z.; McLean, G.; Doherty, A.; Messina, C.; Schussler, J.; Zinselmeier, C.; Paskiewicz, S and Cooper, M. 2009. Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn Belt? Crop Sci. 49, 299–312.
20. 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.
21. Henderson, C. R. 1950. Estimation of genetic parameters. Ann. Math. Statist. 21، 309–310.
22. Hill, R., and Rosenberger, J. 1985. Methods for combining data from germplasm evaluation trials. Crop Sci. 25, 467–470.
23. Hume, D. J. and D. K. Campbell .1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can. J. Plant Sci. 52: 363 – 368.

24. Johnson, H. W., H. F. Robinson and R. E. Comstok. 1955. Genotypic and phenotypic correlations in corn. Agron. J. 47: 477-483.
25. Leach K.A.; Tran, T.M.; Slewinski, T.L.; Meeley, R.B. and Braun, D.M. 2017. Sucrose transporter2 contributes to maize growth, development, and crop yield. J. Integr. Plant Biol. 59, 390–408.
26. Li, C. M. and Yang, K.C. 1985. Studies on inheritance of quantitative characters for plant type in some inbred lines of maize. Scientia Agriculture Sinica, 19: 28-36.
27. Lule, D., Tesfaye, K., Fetene, M. and De Villiers, S. 2012. Inheritance and association of quantitative traits in finger millet (*Eleusine coracana* Subsp. Coracana) landraces collected from eastern and southeastern Africa. International journal of genetics, 2(2):12-21.
28. 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.
29. Matin, M. Q. I., Uddin, M. S., Rohman, M. M., Amiruzzaman, M., Azad, A. K., & Banik, B. R. 2017. Genetic variability and path analysis studies in hybrid maize (*Zea mays* L.). American Journal of Plant Sciences, 8(12), 3101-3109.
30. Mohammadi, S.A., Prasanna, B.M. and Singh, N.N. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in Maize. Crop Sci. 43:1690-1697.
31. 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.
32. Moose, S.P.; Below, F.E. 2009. Biotechnology approaches to improving maize nitrogen use efficiency. In Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement. Biotechnology in Agriculture and Forestry Series؛ Kriz, A.L., Larkins, B.A., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, Volume 63, pp. 65–77، ISBN 978-3-540-68919-5.
33. Oakey, H., Verbyla, A. P., Cullis, B. R., Wei, X., & Pitchford, W. S. 2007. Joint modeling of additive and non-additive (genetic line) effects

in multi-environment trials. Theoretical and Applied Genetics, 114(8), 1319-1332.

34. Oliveira, G. H., Buzinaro, R., Revolti, L., Giorgenon, C. H., Charnai, K., Resende, D., and Moro, G. V. 2016. An accurate prediction of maize crosses using diallel analysis and best linear unbiased predictor (BLUP). Chilean journal of agricultural research, 76(3), 294-299.
35. Pandey, Y., Vyas, R.P., Kumar, J., Singh, L., Singh, H.C., Yadav, P.C. and Vishwanath. 2017. Heritability, Correlation and Path Coefficient Analysis for Determining Interrelationships among Grain Yield and Related Characters in Maize (*Zea mays* L.), International Journal OF Pure Applid Bioscience. 5(2): 595-603
36. Capristo, P. R., Rizzalli, R. H., & Andrade, F. H. 2007. Ecophysiological yield components of maize hybrids with contrasting maturity. Agronomy Journal, 99(4), 1111-1118.
37. Piepho, H. P., Möhring, J., Melchinger, A. E., and Büchse, A. 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. Euphytica 161، 209–228.
38. Presterl, T.; Groh, S.; Landbeck, M.; Seitz, G.; Schmidt, W. and Geiger, H.H. 2002. Nitrogen uptake and utilization efficiency of European maize hybrids developed under conditions of low and high nitrogen input. Plant Breeding, 480- 486.
39. Robinson, G. K. 1991. That BLUP is a good thing: the estimation of random effects. Statistical science, 6(1), 15-32.
40. Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Harvey. 1949. Estimates of heritability and degree of dominance in corn. Agron. J., 41: 353-359.
41. Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. 1977. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Biometrical methods in quantitative genetic analysis.
42. Sivasubranian, S. and M. Menon. 1973. Heterosis and inbreeding depression in rice. Madras Agri. J., 60: 1139-1144.
43. Snedecor, G. W. and W. G. Cochran .1981. Statistical methods. 6th (Edit), Iowa Stat. Univ., Press. Ames, Iowa, U. S. A.

44. Sujiprihati, S., Saleh, G.B. and Ali, E.S. 2003. Heritability, performance and correlation studies on single cross hybrids of tropical maize. Asian Journal of Plant Science, 2(1):51-57.
45. Tambussi, E. A., J. Bort and J. L Araus .2007. Water use efficiency in C3 cereals under Mediterranean conditions: a review of physiology aspects. Ann. Appl. Biol., 150, 307-321.
46. Uribelarrea, M.; Crafts-Brandner and S.J.; Below, F.E. 2009. Physiological N response of field-grown maize hybrids (Zea mays L.) with divergent yield potential and grain protein concentration. Plant Soil, 316, 151–160 .
47. Viana, J.M. S., Faria, V. R., Silva, F.F. and Resende, M.D.V. 2011. Best linear unbiased prediction and family selection in crop species. Crop Science 51, 2371–2381.
48. Warner, J. N. 1952. A method for estimating heritability. Agro. J., 44: 427-430.
49. Weiland, R.T.and Ta, T.C. 1992. Allocation and retranslocation of N-15 by maize (Zea mays L.) hybrids under field conditions of low and high-N fertility. Aust. J. Plant Physiol. 19, 77–88.
50. 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.