

Determining the Genetic Action of Water and Nitrogen Utilisation Efficiency in Maize (*Zea mays* L.)

Esraa Samir Al-Boush and Ayman Shehada Al-Ouda
Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus, Syria

تحديد الفعل الوراثي لكفاءة استعمال المياه والأزوت في الذرة الصفراء (*Zea mays* L.)

اسراء سمير البوش و أيمن الشحادة العودة
قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، سوريا



LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإعانة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/eng/0058	22/11/2020	29/12/2020	29/12/2020	01/06/2021
NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
8300	8	2021	22	1

ABSTRACT

A study to observe and record the mode of gene action involved in some quantitative and physiological traits of three maize hybrids using generation mean analysis was conducted at Abu Garash Farm, Faculty of Agriculture, Damascus University, during two growing seasons (2018 and 2019). Genotypes were compared using Randomised Complete Block Design (RCBD) with three replicates. Significant differences in all studied traits for six populations within each cross were found. There was significant positive heterosis relative to intermediate and better parents for most studied traits of hybrids, except in nitrogen utilization efficiency. Most of the genetic parameters were significant for the three hybrids, indicating the importance of epistasis in the inheritance of studied traits. The dominance gene effect was more pronounced than the additive gene effect in the inheritance for all traits. The values of the phenotypic coefficient of variance were greater than the values of the genotypic coefficient of variance, indicating the effect of environmental factors on the expression of the studied traits. High narrow-sense heritability values were associated with high genetic advance for nitrogen use efficiency and biological yield per plant. It is recommended that selection in early segregating generations of the studied hybrids is useful.

المخلص

أجريت الدراسة في مزرعة أبي جرش، كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2018 و2019، بهدف دراسة طبيعة الفعل الوراثي لبعض الصفات الكمية والفيزيولوجية في ثلاثة هجن من الذرة الصفراء باستخدام تحليل متوسط الأجيال. وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية (RCBD)، بثلاثة مكررات. بينت النتائج وجود فروق معنوية بين العشائر الستة لجميع الصفات المدروسة في الهجن الثلاث. تفوقت عشائر الجيل الأول F1 على آباءها، مبدئية قوة هجين موجبة وعالية المعنوية قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل لمعظم الصفات المدروسة في الهجن، عدا صفة كفاءة استهلاك الأزوت. كانت معظم المؤشرات الوراثية معنوية للهجن الثلاث واختلفت باختلاف الصفة والهجين، إشارة إلى أهمية الفعل الوراثي التفاعلي في وراثته هذه الصفات. وكان الفعل الوراثي السائد أكثر أهمية من الفعل الوراثي الإضافي في وراثته جميع الصفات المدروسة. كانت قيم معامل التباين المظري (PCV) أكبر من قيم معامل التباين الوراثي (GCV)، ما يدل على تأثير العوامل البيئية في سلوك الصفات المدروسة. وكانت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق (h²) مرتفعة ومتراكفة مع قيم مرتفعة للتقدم الوراثي (%GA) في صفتي كفاءة استعمال الأزوت، والغلة الحيوية عند النضج للنبات دالاً ذلك على فاعلية الانتخاب لهاتين الصفتين في الأجيال الانعزالية المبكرة للهجن المدروسة.

KEYWORDS

الكلمات المفاتيحية

Additive, dominance, epistasis, genetic advance, heritability, heterosis

إضافي، تفوق، تقدم وراثي، درجة التوريث، سيادي، قوة هجين

CITATION

الإحالة

AL-Boush, E. and Al-Ouda, A. (2021). Tahdid alfieel alwirathii likafa'at aistiemal almiah walazuat fi aldhhr alssfra' (*Zea mays* L.) 'Determining the genetic action of water and nitrogen utilisation efficiency in maize (*Zea mays* L.)'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, 22(1), 107–14. DOI: 10.37575/b/eng/0058

البوش، اسراء، والعودة، أيمن. (2021). تحديد الفعل الوراثي لكفاءة استعمال المياه والأزوت في الذرة الصفراء (*Zea mays* L.). *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*, 22(1)، 107–14.

1. مقدمة

تعدّ كلاً من الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) والقمح بنوعيه الطري والقاسي (*Triticum spp.*)، والرز (*Oryza sativa* L.) أهمّ ثلاثة محاصيل حبوب في العالم من حيث الإنتاج العالمي الكلي، حيث يصل إجمالي إنتاج حبوب الذرة الصفراء إلى قرابة المليار ومئتي مليون طنناً بالمقارنة مع نحو سبعمائة مليون طنناً لكلّ من محصولي القمح والرز (FAO، 2018). وتأتي الذرة الصفراء على مستوى القطر العربي السوري في المرتبة الثالثة بعد محصولي القمح (*Hordeum vulgare* L.) والشعير (*Hordeum vulgare* L.)، من حيث المساحة المزروعة والإنتاج وProduction، حيث بلغت المساحة المزروعة عام 2018 نحو 27147 هكتاراً، أنتجت قرابة 101349 طنناً، بمتوسط إنتاجية 3733 كغ. هكتاراً¹ (المجموعة الإحصائية، 2018).

أصبح من الضروري في ظلّ التزايد السكاني المتنامي، وارتفاع أسعار مداخل الإنتاج الزراعي أن تُصبح النظم البيئية الزراعية أكثر كفاءة في استعمال مداخل الإنتاج الزراعي (المياه، والأسمدة المعدنية)، لضمان زيادة الإنتاجية في وحدة المساحة لتأمين الاحتياجات الغذائية السكانية المتزايدة، وتحقيق الأمن الغذائي Food security. ويتوقع أن يزداد الطلب على محاصيل الحبوب عالمياً بنحو 0.9 بليون طنناً مع نهاية عام 2050 (Editorial، 2010)، وهذا يتطلب تحسين كفاءة استعمال مداخل الإنتاج الزراعي

عامّة، والمياه والأسمدة الأزوتية خاصةً. تتسم عموماً محاصيل الحبوب بتدني كفاءة استعمال الأزوت (NUE). وتقدر كفاءة استعمال الأزوت في محاصيل الحبوب عامّة بنحو 42% و29% في كلّي من الدول المتقدمة Developed والدول النامية Developing على التوالي (Hodge *et al.*, 2000)، لذلك توجد حاجة ملحة لزيادة كفاءة استعمال الأسمدة الأزوتية في محاصيل الحبوب من خلال تحسين عوامل إدارة الأسمدة الأزوتية N Management strategies، أو طرق التربية التقليدية، أو باستعمال التقانات الحيوية الحديثة Biotechnology، أو على الأقل من خلال زيادة الإنتاجية من المحصول باستعمال الكمية نفسها من الأسمدة الأزوتية المعدنية (Hirel *et al.*, 2011).

تعدّ كفاءة استعمال الأزوت (NUE) صفة مظهرية معقدة (Complex phenotypic trait) تتأثر بالعديد من الآليات الفيزيولوجية (Moose and Below، 2009). ويُعزى التباين الوراثي في صفة كفاءة استعمال الأزوت في الذرة الصفراء إلى كفاءة الطرز الوراثية في امتصاص NUpE، واستهلاك الأزوت NUE الذي يُعبر عن قابلية النباتات للاستفادة من الأزوت وإنتاج غلة حيوية أعلى تحت مستويات مختلفة من التسميد الأزوتي (Presterl *et al.*, 2002). وقد اقتصر التحسين الوراثي لكفاءة استعمال الأزوت NUE لمحصول الذرة الصفراء حتى الآن بشكل رئيس على الانتخاب غير المباشر لزيادة الغلة الحيوية، ورغم ذلك فقد سجّلت العديد من التباينات

2. المواد وطرق البحث

2.1. تصميم التجربة Experimental Design:

نُفذَ البحث في مزرعة أبي جرش، في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2018 و2019، حيث زُرعت في الموسم الزراعي الأول (2018) خمس سلالات مربية داخلياً على درجة عالية من النقاوة الوراثية (95%) ومتباعدة وراثياً، تم الحصول عليها من البنك الوراثي لقسم بحوث الذرة الصفراء في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، {P₁ (IL-239-14)، P₂ (IL-456-06)، P₃ (IL-90-14)، P₄ (IL-272-06)، P₅ (IL-200-14)} مع هجتها الفردية (P₁×P₂، P₁×P₃، P₁×P₄، P₁×P₅) بثلاثة مواعيد وبفاصل زمني أسبوع واحد بين الموعد والآخر، لضمان اكتمال دائرة التهجينات المطلوبة بهدف تحليل متوسط الأجيال باستخدام نموذج العشائر الستة (P₁، P₂، P₃، P₄، P₅)، إضافة إلى إكثار بذار السلالات الأبوية. وقِيمت العشائر الستة للهجن المدروسة في الموسم الزراعي الثاني (2019)، وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)، وبثلاثة مكررات، حيث تمت زراعة العشائر الستة لكل هجين فردي في كل مكرر بواقع ثلاثة خطوط لكل من عشيرة الأب الأول P₁، وعشيرة الأب الثاني P₂، وعشيرة الجيل الأول F₁، وسبعة خطوط من عشيرة الجيل الثاني F₂، وخمسة خطوط لكل من عشيرتي التهجين الرجعي الأول BC₁ والثاني BC₂. وكانت الخطوط بطول 6 م، والمسافة بين الخط والآخر 70 سم، والمسافة بين النباتات على الخط الواحد 25 سم، وتم تسجيل كافة القراءات المطلوبة على 60 نباتاً محاطاً من كل من عشيرة الأب الأول P₁، وعشيرة الأب الثاني P₂، وعشيرة الجيل الأول F₁، وعلى 180 نباتاً محاطاً من عشيرة الجيل الثاني F₂، أما عشيرتي التهجين الرجعي الأول BC₁ والثاني BC₂ فأخذت القراءات على 120 نباتاً محاطاً منها. ونُفذت كافة العمليات الزراعية من ري وعزيق وتسميد وتفريد بناءً على توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السورية لمحصول الذرة الصفراء. حيث أُضيفت نصف كمية الأسمدة الأزوتية (6 كغ وحدة نقيّة / دونم) تعادل 13 كغ يوريا 46% عند الزراعة تكبشاً على بعد 5 سم إلى جانب وأسفل الجور، في حين أُضيفت الكمية المتبقية من الأسمدة الأزوتية (6 كغ وحدة نقيّة / دونم) في بدء مرحلة تكوين النورة المذكورة بعد العزيق الثاني، وقُدّم للمحصول 12 رتبة بمعدل احتياج مائي (722 م³/دونم)، وتوقفت السقاية بانتهاء الطور العجيني.

2.2. الصفات المدروسة Investigated Traits:

2.2.1. كفاءة استعمال المياه (غ حبوب. نبات⁻¹. مم⁻³ مياه):

وتُمثل نسبة الغلة الحبيّة للنبات إلى كمّيّة المياه المُضافة خلال كامل موسم النمو (مم). ويُعبّر هذا المؤشر عن كفاءة نباتات الطرز الوراثية المدروسة في استعمال المياه المتاحة في التربة (Hatfield et al., 2001).

كفاءة استعمال المياه = الغلة الحبيّة للنبات (غ. نبات⁻¹) / كمية المياه المضافة للتربة (مم³)

2.2.2. كفاءة استعمال الأزوت (غ حبوب. غ أزوت متاح في التربة⁻¹):

وحُسبت وفق العلاقة الرياضية الآتية: الغلة الحبيّة للنبات (غ. نبات⁻¹) / كمية الأزوت في التربة (Moll et al., 1982).

Gw/Ns = Efficiency of use

2.2.3. كفاءة امتصاص الأزوت (غ حبوب. غ أزوت متاح في التربة⁻¹):

وتساوي كمية الأزوت الممتصة / كمية الأزوت المتاحة في التربة.

Nt/Ns = Uptake efficiency

2.2.4. كفاءة استهلاك الأزوت (غ حبوب. غ أزوت في الكتلة الحية⁻¹):

وتساوي الغلة الحبيّة للنبات (غ حبوب. نبات⁻¹) / كمية الأزوت الممتصة.

Gw/Nt = Utilization efficiency

2.2.5. الغلة الحبيّة للنبات (غ. نبات⁻¹):

الوراثية لكفاءة استعمال الأزوت في محصول الذرة الصفراء Maize NUE evaluation لتوصيف وتحديد التراكيب الوراثية ذات الأداء المرغوب لكفاءة استعمال الأزوت (Lafitte and Edmeades, 1995; Haegele et al., 2013). وفي هذا السياق أشار Mastrodomenico et al. (2018) من خلال دراستهم لكفاءة استعمال الأزوت (كفاءة استعمال، كفاءة امتصاص، كفاءة استهلاك، ومعامل حصاد الأزوت)، والتباين الوراثي لتسعة وثمانين طرازاً وراثياً من الذرة الصفراء في الولايات المتحدة الأمريكية بين عامي (2001-2015)، تحت مستويين من التسميد الأزوتي (0، 252 كغ N/هكتار)، إلا أنّ قيم درجة التوريث بالمفهوم الواسع Broad-sense heritability تراوحت بين المنخفضة 0.11 والعالية 0.77، (محتوى الحبوب من البروتين H²=0.77، كفاءة استعمال الأزوت H²=0.60، كفاءة امتصاص الأزوت H²=0.27، كفاءة استهلاك الأزوت H²=0.11، معامل حصاد الأزوت H²=0.73)، ومترافقة بقيم منخفضة للتقدم الوراثي. فيما أظهرت نتائج بندر (2016) قيمة منخفضة لمعامل التباين الوراثي لصفة كفاءة استعمال الأزوت 8.48%، وقيمة متوسطة لمعامل التباين المظهري 11.30%، ودرجة التوريث بالمفهوم الواسع 56.28%.

الذرة الصفراء من النباتات رباعية الكربون (C4) بيدي إنتاجية جيّدة في المناطق التي تتوفر فيها مياه الري بشكل كافٍ، كما أنّه مستخدم كفاء للمياه من حيث إنتاج الكتلة الحيوية Biomass مقارنة بغيره من محاصيل الحبوب (Cakir, 2004). قام العديد من الباحثين بتقييم تأثير المياه على غلة محصول الذرة الصفراء ومكوّناتها من خلال مؤشرات عديدة مثل كفاءة استعمال المياه Water use efficiency (WUE) وكفاءة استعمال الري Irrigation water use efficiency (IWUE) (Farré and Faci, 2009; Mansouri-far et al., 2010; Paredes et al., 2014). وفي هذا السياق أشار فهد وآخرون (2005) من خلال دراستهم للاحتياج المائي لمحصول الذرة الصفراء إلى أنّ كفاءة استعمال المياه تراوحت بين 2.3 إلى 3 كغ م⁻³. فيما بيّن Hao et al. (2019) من خلال تقديرهم للغلة الحبيّة وكفاءة استعمال المياه في هجينين من الذرة الصفراء تحت ثلاثة مستويات من الري (I₅₀، I₇₅، I₁₀₀) إلا أنّ قيمة كفاءة استعمال المياه WUE في المعاملة I₁₀₀ مساوية 1.71 في الهجين N58L، و1.73 في الهجين N59B-DT.

طوّر Mather and Jinks (1982) طريقة تحليل متوسط الأجيال Generation Mean Analysis لتحديد التأثيرات الوراثية للصفات التي تقع تحت تأثير أزواج متعددة من المورثات Poly genes traits، وهي الأكثر مقدرة على تقدير تأثيرات التفوق Epistasis للمورثات، مثل تداخلات الفعل الإضافي × الإضافي، والإضافي × السّيادي، والسّيادي × السّيادي، التي يرمز لها i و j وبالترتيب (Singh and Chaudhary, 1985). ويُمكن من خلالها أيضاً تقدير التقدّم الوراثي Genetic advance، ودرجة التوريث Heritability بالمفهومين الواسع والضيق، وقوة الهجين Heterosis، والتدهور الناتج عن التربية الداخلية Inbreeding (حسن، 2005).

يتطلب استنباط الأصناف والهجن دراسة مكونات الغلة الحبيّة Yield components، العددية والفيزيولوجية، وهندسة المورثات، أما تحسين الأصناف فيتطلب فهم الآلية/الآليات المسؤولة عن تحسين الغلة الحبيّة ومكوّناتها، إذ تُفضل طبيعة الفعل الوراثي السّيادي Dominant عند تربية الهجن، فيما يُفضل الفعل الوراثي الإضافي Additive في اختيار طريقة الانتخاب المثلى (Shahrokhi et al., 2011; Dorri et al., 2014). ويلجأ عادةً مربو النبات في ظل قلة التباينات الوراثية المتاحة إلى البحث ضمن المادة الوراثية المتوافرة لديهم، ولاسيما الانعزالات الناتجة عن التربية الذاتية للهجن الفردية المتميّزة (F₂ و F₃)، التي تُعد مصدراً مهماً للتراكيب الوراثية الجديدة، ولاسيما أنّ الجيل الثاني (F₂) هو الجيل الذي تحدث فيه جميع الانعزالات الوراثية Genetic segregations (Al Hadi et al., 2013).

يهدف البحث إلى دراسة طبيعة الفعل الوراثي لصفة الغلة الحبيّة وبعض الصفات الفيزيولوجية بالاعتماد على عدّة مؤشرات وراثية من بينها معاملي التباين المظهري والوراثي، درجة التوريث، والتقدّم الوراثي المتوقع تحقيقه من خلال الانتخاب في ثلاثة هجن من الذرة الصفراء.

$$D = 2\overline{F_2} - \overline{BC_1} - \overline{BC_2}, \text{ Its variance } V_D = 4V_{F_2} + V_{BC_1} + V_{BC_2}$$

حيث تُشير معنوية المقاييس A، B إلى وجود الأنواع الثلاثة للفعل الوراثي التّفوّقي الإضافي × إضافي، والإضافي × سيادي، والسيادي × سيادي.

تُشير معنوية المقاييس C إلى الجزء من الفعل الوراثي التّفوّقي سيادي × سيادي.

تُشير معنوية المقاييس D إلى الجزء من الفعل الوراثي التّفوّقي إضافي × إضافي. يحسب الخطأ المعياري لكل مقياس إضافةً لقيمة T المحسوبة وفق ما يأتي:

$$S.E.A = \sqrt{V_A} \text{ The t value was } t_A = \frac{A}{S.E.A}$$

$$S.E.B = \sqrt{V_B} \text{ The t value was } t_B = \frac{B}{S.E.B}$$

$$S.E.C = \sqrt{V_C} \text{ The t value was } t_C = \frac{C}{S.E.C}$$

$$S.E.D = \sqrt{V_D} \text{ The t value was } t_D = \frac{D}{S.E.D}$$

حيث تُشير P₁، P₂، F₁، F₂، BC₁، BC₂ إلى متوسطات الأب الأول والأب الثاني والجيل الأول والجيل الثاني والتجهين الرجعي الأول والتجهين الرجعي الثاني على الترتيب.

2.3.4. الفعل الوراثي Gene Action

تمّ استخدام متوسطات العشرات الستّ لكل هجين وذلك لتقدير المؤشرات الستّة Six Parameters للفعل الوراثي باستخدام المعادلات الموضوعة من قبل (Gamble (1962)، Jinks and Jones (1958).

$$m = \overline{F_2}$$

$$d = \overline{BC_1} - \overline{BC_2}$$

$$h = \overline{F_1} - 4\overline{F_2} - 0.5\overline{P_1} - 0.5\overline{P_2} + 2\overline{BC_1} + 2\overline{BC_2}$$

$$i = 2\overline{BC_1} + 2\overline{BC_2} - 4\overline{F_2}$$

$$j = \overline{BC_1} - 0.5\overline{P_1} - \overline{BC_2} + 0.5\overline{P_2}$$

$$l = \overline{P_1} + \overline{P_2} + 2\overline{F_1} + 4\overline{F_2} - 4\overline{BC_1} - 4\overline{BC_2}$$

m : متوسط الجيل الثاني.

d : الفعل الوراثي الإضافي.

h : الفعل الوراثي السيادي.

i : الفعل الوراثي التّفوّقي من النوع إضافي × إضافي.

j : الفعل الوراثي التّفوّقي من النوع إضافي × سيادي.

l : الفعل الوراثي التّفوّقي من النوع سيادي × سيادي.

كما تمّ تقدير التباين العائد لكلّ مؤشّر من المؤشرات الستّ وفق ما يأتي:

$$V_m = V_{F_2}$$

$$V_d = V_{BC_1} + V_{BC_2}$$

$$V_h = V_{F_1} + 16V_{F_2} + 0.25V_{P_1} + 0.25V_{P_2} + 4V_{BC_1} + 4V_{BC_2}$$

$$V_i = 4V_{BC_1} + 4V_{BC_2} + 16V_{F_2}$$

$$V_j = V_{BC_1} + 0.25V_{P_1} + V_{BC_2} + 0.25V_{P_2}$$

$$V_l = V_{P_1} + V_{P_2} + 4V_{F_1} + 16V_{F_2} + 16V_{BC_1} + 16V_{BC_2}$$

حُسب الخطأ المعياري لكل مؤشّر إضافةً لقيمة T المحسوبة وفق ما يأتي:

$$S.E.m = \sqrt{V_m} \text{ The t value was } t_m = \frac{m}{S.E.m}$$

$$S.E.d = \sqrt{V_d} \text{ The t value was } t_d = \frac{d}{S.E.d}$$

$$S.E.h = \sqrt{V_h} \text{ The t value was } t_h = \frac{h}{S.E.h}$$

حُسبت الغلّة الحيّية من خلال قياس وزن الحبوب بعد فرط العرائيس عند محتوى رطوبي 15% في الحبوب.

2.2.6. الغلّة الحيّية عند التّضح للنبات Biological yield per plant (غ):

سُجّل وزن كامل النباتات بما فيها الأجزاء الاقتصادية (غ).

2.3. التحليل الإحصائي Statistical Analysis:

بعد جمع البيانات لكافة القراءات المدروسة، أُستخدم برنامج Excel في تبويب النتائج، ومن ثمّ خلّلت هذه البيانات وفقاً للعالمين Snedecor and Cochran (1981)، كما تمّت مقارنة المتوسطات باستخدام مقياس أقلّ فرقي معنويّ Least Significant Difference (L.S.D) على مستوى معنوية 5% باستخدام برنامج ADEL-R. وحُسبت المؤشرات الوراثية الآتية:

2.3.1. قوّة الهجين Heterosis

قُدّرت قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل باستخدام برنامج Excel وفق معادلات العالمين (Singh and Chaudhary (1985):

$$H_{MP} = \frac{\overline{F_1} - \overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100$$

H_{MP}: قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين.

$\overline{F_1}$: متوسط الجيل الأوّل.

\overline{MP} : متوسط الأبوين، والذي يحسب بالمعادلة

$$\frac{\overline{P_1} + \overline{P_2}}{2}$$

$$H_{BP} = \frac{\overline{F_1} - \overline{BP}}{\overline{BP}} \times 100$$

H_{BP}: قوّة الهجين قياساً للأب الأفضل.

$\overline{F_1}$: متوسط الجيل الأوّل.

\overline{BP} : متوسط الأب الأفضل.

تمّ تقدير معنوية قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل باستخدام T-test (Wynne et al, 1970).

2.3.2. التدهور الوراثي Inbreeding Depression: حُسب وفقاً للمعادلة التي وضعها العالمان (Singh and Chaudhary (1985):

$$Inbreedin Depression = \frac{\overline{F_1} - \overline{F_2}}{\overline{F_1}} \times 100$$

حُسبت معنوية درجة التدهور الناتجة عن التربية الداخلية من خلال مقارنة القيمة ($\overline{F_1} - \overline{F_2}$) مع ناتج المعادلة:

$$T = T_{(TABLET)} * \sqrt{\frac{VF_2 + VF_1}{2}}$$

2.3.3. Scaling test

وضع (Hayman and Mather (1955) أربعة مقاييس للتأكد من وجود أو عدم وجود تفاعل بين المورثات وهي (A، B، C وD) حيث تُشير معنوية أيّ من هذه المقاييس إلى وجود تفاعل بين المورثات على المواقع الوراثية المختلفة، وتعطى بالمعادلات الآتية:

$$A = 2\overline{BC_1} - \overline{P_1} - \overline{F_1}, \text{ Its variance } V_A = 4V_{BC_1} + V_{P_1} + V_{F_1}$$

$$B = 2\overline{BC_2} - \overline{P_2} - \overline{F_1}, \text{ Its variance } V_B = 4V_{BC_2} + V_{P_2} + V_{F_1}$$

$$C = 4\overline{F_2} - 2\overline{F_1} - \overline{P_1} - \overline{P_2}, \text{ Its variance } V_C = 16V_{F_2} + 4V_{F_1} + V_{P_1} + V_{P_2}$$

$$\Delta G = 2.0627 \times h^2 \times \sqrt{V_{F2}}$$

$$\Delta G\% = \frac{\Delta G}{F_2} \times 100$$

قُسمت قيم $\Delta G\%$ إلى ثلاثة مستويات وفق Johnson *et al.* (1955)، حيث 0-10% منخفض، 10-20% متوسط، أكبر من 20% عالٍ.

3. النتائج والمناقشة

بيّنت نتائج تحليل التباين (الجدول، 1) وجود تباين مرتفع معنوية بين العشائر الستة لكل هجين وفي جميع الصفات المدروسة، ما يُشير إلى وجود تباين وراثي يمكن الاستفادة منه في تحقيق تحسين وراثي عبر الانتخاب. يتوافق ذلك مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Mastrodomenico *et al.*, 2018; Hao *et al.*, 2019).

أظهرت متوسطات العشائر الستة في كل الهجن فروقاً معنوية لجميع الصفات المدروسة (الجدول، 2)، حقق الجيل الأول F_1 في الهجين الثاني (IL-272-06 × IL-14-90) أعلى القيم لصفات كفاءة استعمال المياه (1.25 غ حبوب. نبات⁻¹، مم³ مياه)، كفاءة استعمال الأزوت (75.47 غ حبوب. غ أزوت متاح في التربة⁻¹)، كفاءة امتصاص الأزوت (2.09 غ حبوب. غ أزوت متاح في التربة⁻¹)، الغلة الحبيبية للنبات (161.80 غ. نبات⁻¹)، والغلة الحيوية عند النضج للنبات (342.89 غ). فيما أبدى الأب الثاني P_2 في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) أعلى قيمة لصفة كفاءة استهلاك الأزوت (43.33 غ حبوب. غ أزوت في الكتلة الحية⁻¹).

الجدول رقم (1) تحليل التباين ومتوسطات المربعات للصفات المدروسة في الهجن الثلاث.

P1 × P2						
الهجين	الصفة	WUE	NUe	NUpe	GYP	
BYP	المكزرات	0.11	415.17	0.01	198.40	
2443.0	العشائر	0.18**	638.48**	0.39**	3418.39**	
9973.5**	الخطا التجريبي	0.01	19.86	0.02	16.60	
549.6	معامل الاختلاف	8.7	8.7	9.5	10.4	
9.0	P3 × P4					
الهجين	الصفة	WUE	NUe	NUpe	GYP	
BYP	المكزرات	0.004	14.45	0.15	62.19	
7143.2	العشائر	0.09**	311.06**	0.34**	1171.22**	
2618.5**	الخطا التجريبي	0.01	30.43	0.02	116.29	
431.2	معامل الاختلاف	8.9	8.9	8.5	3.8	
6.8	P5 × P3					
الهجين	الصفة	WUE	NUe	NUpe	GYP	
BYP	المكزرات	0.001	1.64	0.04	41.47	
3773.0	العشائر	0.07**	260.70**	0.30**	1020.83**	
2717.7**	الخطا التجريبي	0.003	6.35	0.005	2.05	
445.2	معامل الاختلاف	5.8	4.6	4.8	3.8	
7.3	P5 × P4					
الهجين	الصفة	WUE	NUe	NUpe	GYP	
BYP	المكزرات	0.001	1.64	0.04	41.47	
3773.0	العشائر	0.07**	260.70**	0.30**	1020.83**	
2717.7**	الخطا التجريبي	0.003	6.35	0.005	2.05	
445.2	معامل الاختلاف	5.8	4.6	4.8	3.8	
7.3						

IL-272-06) الثاني (IL-239-14 × IL-456-06) الأول (IL-239-14 × IL-456-06) P1×P2. 0.01 و 0.05 مستوى معنوي على مستوى 0.05 و 0.01. (IL-239-14 × IL-456-06) الثاني (IL-239-14 × IL-456-06) P3×P4، (IL-239-14 × IL-456-06) الأول (IL-239-14 × IL-456-06) P5×P3، (IL-90-14 × IL-200-14) الثالث (IL-200-14 × IL-90-14)، WUE كفاءة استعمال المياه، NUE كفاءة استعمال الأزوت، NUpe كفاءة امتصاص الأزوت، NUTE كفاءة استهلاك الأزوت، GYP الغلة الحبيبية للنبات، BYP الغلة الحيوية عند النضج للنبات.

تفوّقت جميع الهجن الفردية F_1 على آباءها في صفات كفاءة استعمال المياه، كفاءة استعمال الأزوت، الغلة الحبيبية للنبات، والغلة الحيوية عند النضج للنبات، مبدئية قوة هجين موجبة وعالية المعنوية قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل، عدا الهجين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06) وذلك قياساً للأب الأفضل في صفة الغلة الحيوية عند النضج للنبات (الجدول، 2). في حين كانت متوسطات الهجن الفردية F_1 أدنى من متوسط الأبوين أو الأب الأفضل في صفة كفاءة استهلاك الأزوت مما أدى إلى ظهور قيماً سالبة لقوة الهجين. فقد أظهر الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) قوة هجين سالبة وغير معنوية (-2.15%، -14.70%) وذلك قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل، فيما أبدى الهجين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06) قيمة موجبة وعالية المعنوية لقوة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين (17.81%)، وقيمة موجبة وغير معنوية لقوة الهجين قياساً بالأب الأفضل (5.59%)، بينما سجّل الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) قيماً سالبة وعالية المعنوية لقوة الهجين (-12.92%، -16.35%) وذلك قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل.

الجدول رقم (2) متوسطات الصفات للعشائر الستة (P1، P2، F1، F2، BC1، BC2) للهجن المدروسة، وقوة الهجين والتدهور الوراثي.

WUE			NUe		
الصفة	P1×P2	P3×P4	العشيرة	P5×P3	P3×P4
P1	0.56	0.80	P1	0.69	0.80
P2	0.57	0.95	P2	0.78	0.95
F1	1.15	1.25	F1	1.10	1.25
F2	0.86	1.01	F2	0.93	1.01
BC1	0.97	0.96	BC1	1.00	0.96
BC2	1.02	1.19	BC2	1.01	1.19

$$S.E._i = \sqrt{V_i} \text{ The t value was } t_i = \frac{i}{S.E._i}$$

$$S.E._j = \sqrt{V_j} \text{ The t value was } t_j = \frac{j}{S.E._j}$$

$$S.E._l = \sqrt{V_l} \text{ The t value was } t_l = \frac{l}{S.E._l}$$

2.3.5. معاملَي التباين المظهري (PCV) Phenotypic Coefficients of Variability والوراثي (GCV) Genotypic Coefficients of Variability

تم تقديرهما وفق Singh and Chaudhary (1985) باستخدام برنامج Excel.

$$PCV = \frac{S_p}{\bar{X}} \times 100 \text{ or } PCV = \frac{\sqrt{V_{F2}}}{\bar{X}_{F2}} \times 100$$

$$GCV = \frac{S_g}{\bar{X}} \times 100 \text{ or } GCV = \frac{\sqrt{V_{F2}-V_E}}{\bar{X}_{F2}} \times 100$$

V_{F2} : تباين الجيل الثاني.

V_E : التباين البيئي الذي يحسب بالمعادلة التالية

$$V_E = \frac{V_{P1} + V_{P2} + V_{F1}}{3}$$

S_p و S_g : الانحراف المعياري المظهري والوراثي على الترتيب.

\bar{X}_{F2} : متوسط الجيل الثاني.

\bar{X} : المتوسط العام.

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

2.3.6. درجة التوريث بمفهومها الواسع (H^2) Broad Sense Heritability والضيّق (h^2) Narrow Sense Heritability:

تم تقديرها لجميع الصفات المدروسة وفقاً للعالم (Burton 1951).

$$H^2 = \frac{V_G}{V_P}$$

V_P : يمثّل التباين المظهري الذي يحسب بالمعادلة

$$V_P = V_{F2}$$

V_G : يمثّل التباين الوراثي الذي يحسب بالمعادلة

$$V_G = V_{F2} - V_E$$

V_E : التباين البيئي الذي يحسب بالمعادلة الآتية

$$V_E = \frac{V_{P1} + V_{P2} + V_{F1}}{3}$$

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

V_A : التباين الوراثي الإضافي الذي يحسب بالمعادلة

$$V_A = 2V_{F2} - (V_{BC1} + V_{BC2})$$

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

2.3.7. التقدّم الوراثي (ΔG) Genetic Advance

قُدّر على شدّة انتخاب 5% وكذلك تمّ حساب النسبة المئوية للتقدّم الوراثي ($\Delta G\%$) كنسبة من متوسط الجيل الثاني F_2 وذلك وفق المعادلات الموضّحة من قبل (Allard, 1960):

مضافاً إليها تأثيرات المواقع الوراثية وكذلك التفاعل ما بين هذه المواقع، ويؤكد على أنّ الصفات المدروسة من الصفات ذات الوراثة الكمية المعقدة. يتوافق ذلك مع نتائج (Haeghele *et al.*, 2013; Al Hadi *et al.*, 2013; Paredes *et al.*, 2014).

من ناحية أخرى فقد بينت النتائج أنّ معظم قيم الفعل الوراثي الإضافي [d] سالبة، حيث تشير القيم السالبة للفعل الوراثي [d] إلى أنّ الأليلات (Alleles) المسؤولة عن تخفيض قيمة الصفة سائدة على الأليلات التي تزيد من قيمة الصفة. سُجّلت قيمةً معنويةً للمؤشر [d] في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-200-14) ثلاث صفات (كفاءة استعمال الأزوت، الغلة الحبيّة للنبات، والغلة اللثائية عند النضج للنبات)، وجميع الصفات المدروسة. بينما كانت قيم المؤشر [d] معنويةً فقط في صفة كفاءة استهلاك الأزوت في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14). يتشابه ذلك مع نتائج (Haeghele *et al.*, 2013; Al Hadi *et al.*, 2013; Paredes *et al.*, 2014; Mastrodomenico *et al.*, 2018).

الجدول رقم (3) نتائج Scaling test للصفات المدروسة في الهجين الثالث

NUE			WUE			الصفة Scaling test
P5×P3	P3×P4	P1×P2	P5×P3	P3×P4	P1×P2	
12.38** ± 1.80	-8.13** ± 2.31	14.77** ± 1.72	0.20** ± 0.04	-0.14** ± 0.04	0.25** ± 0.04	A
9.53** ± 1.50	11.23** ± 2.03	18.99** ± 1.67	0.14** ± 0.04	0.19** ± 0.04	0.32** ± 0.04	B
3.25 ± 3.32	-13.65** ± 4.58	1.03 ± 3.29	0.04 ± 0.06	-0.23** ± 0.07	0.02 ± 0.07	C
-9.33** ± 1.92	-8.37** ± 2.67	-16.37** ± 1.87	-0.15** ± 0.03	-0.14** ± 0.04	-0.27** ± 0.04	D
NUpE			GYP			الصفة Scaling test
P5×P3	P3×P4	P1×P2	P5×P3	P3×P4	P1×P2	
9.70** ± 0.54	10.46** ± 0.99	14.05** ± 1.11	-0.08 ± 0.06	-0.66** ± 0.07	-0.11 ± 0.06	A
14.86** ± 0.52	4.10** ± 0.98	4.94** ± 1.07	-0.45** ± 0.05	0.10 ± 0.09	0.29** ± 0.05	B
3.75** ± 0.97	6.73** ± 1.85	7.10** ± 2.02	-0.19 ± 0.11	-0.72** ± 0.14	-0.41** ± 0.10	C
-10.40** ± 0.56	-3.92** ± 1.05	-5.94** ± 1.16	0.17** ± 0.06	-0.08 ± 0.08	-0.29** ± 0.06	D
BYP			GYP			الصفة Scaling test
P5×P3	P3×P4	P1×P2	P5×P3	P3×P4	P1×P2	
0.003 ± 13.08	-23.67 ± 15.01	64.01** ± 11.17	24.61** ± 3.02	-24.90** ± 3.55	29.02** ± 3.95	A
-25.34 ± 13.90	-4.80 ± 12.47	71.29** ± 11.94	7.84 ± 3.08	20.26** ± 4.27	37.87** ± 3.36	B
95.09** ± 25.18	-95.18** ± 27.26	11.07 ± 22.87	-1.24 ± 5.57	-35.81** ± 7.20	-1.84 ± 6.60	C
60.21** ± 14.35	-33.46** ± 15.75	-62.11** ± 13.52	-16.85** ± 3.31	-15.58** ± 4.37	-34.37** ± 4.05	D

كما بينت النتائج أنّ قيم الفعل الوراثي السّيادي [h] كانت موجبةً وعاليةً المعنويةً في جميع الهجن المدروسة ولجميع الصفات، عدا صفة الغلة الحيوية عند النضج للنبات في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14)، حيث كانت قيم [h] سالبةً وغير معنويةً (الجدول، 4). وأظهرت النتائج أنّ قيم الفعل الوراثي السّيادي [h] كانت أكبر من قيم الفعل الوراثي الإضافي [d] في الهجن الثالث ولجميع الصفات المدروسة، ما يشير إلى سيطرة الفعل الوراثي السّيادي على وراثه هذه الصفات، ودلالةً على إمكانية تطوير هذه الصفات بعد عدة أجيالٍ من التربية الذاتية وذلك للتخلص عبر الانتخاب من كافة التأثيرات غير المرغوبة للمورثات المتنحية. يتوافق ذلك مع (Al Hadi *et al.*, 2013; Mastrodomenico *et al.*, 2018).

يُعدّ تقدير المكونات الوراثية الإضافية والسّيادية غير كافٍ لفهم آلية تورث الصفات الكمية، وذلك بسبب التداخل الوراثي بين المورثات على المواقع الوراثية المختلفة والذي يعبر عنه بالفعل الوراثي التّفوّقي. وإنّ كميةً ونوع الفعل الوراثي التّفوّقي المساهم في وراثه الصفات الكمية يملك الأهمية الرئيسية في تحديد دقة عملية التنبؤ بوراثه صفةً ما، إضافةً إلى أنّه يحدّد مدى دقة تصميم برامج التربية (Al Hadi *et al.*, 2013). تبين من خلال النتائج (الجدول، 4) أنّ قيم الفعل الوراثي [i] الإضافي × الإضافي كانت موجبةً وعاليةً المعنويةً لمعظم الصفات المدروسة في جميع الهجن، عدا صفة كفاءة امتصاص الأزوت في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14)، الأمر الذي يشير إلى مساهمته في رفع قدرة الهجن على زيادة غلّتها. يوافق ذلك نتائج (Al Hadi *et al.*, 2013; Mastrodomenico *et al.*, 2018).

كانت تأثيرات الفعل الوراثي [i] الإضافي × السّيادي سالبةً وغير معنويةً في معظم الصفات المدروسة في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، عدا صفة كفاءة استهلاك الأزوت حيث كانت موجبةً وعاليةً المعنويةً، فيما كانت قيم المؤشر [j] سالبةً وعاليةً المعنويةً لمعظم الصفات المدروسة في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) عدا صفة كفاءة استهلاك الأزوت حيث كانت موجبةً وعاليةً المعنويةً. كما لوحظت قيم عاليةً المعنويةً للمؤشر [i] في صفات كفاءة امتصاص الأزوت، كفاءة استهلاك الأزوت، والغلة الحبيّة

4.58	10.04	8.11	LSD 5%	0.10	0.17	0.13	LSD 5%
49.52**	43.70**	102.72**	HMP %	50.63**	43.70**	102.72**	HMP %
41.29**	32.41**	99.85**	HBP %	42.58**	32.41**	99.85**	HBP %
15.33	19.73	24.96	I.D %	15.80	19.73	24.96	I.D %
NUE			NUpE			الصفة	
P5×P3	P3×P4	P1×P2	المشيرة	P5×P3	P3×P4	P1×P2	المشيرة
38.89	35.58	32.22	P1	1.08	1.35	1.11	P1
35.83	28.42	43.33	P2	1.38	1.98	0.81	P2
32.53	37.69	36.96	F1	2.05	2.09	1.87	F1
35.88	36.53	39.15	F2	1.59	1.70	1.31	F2
40.56	41.87	41.62	BC1	1.53	1.39	1.44	BC1
41.61	35.11	42.62	BC2	1.49	2.08	1.48	BC2
2.61	2.48	7.41	LSD 5%	0.13	0.27	0.23	LSD 5%
-12.92**	17.81**	-2.15	HMP %	66.69**	25.32	95.68**	HMP %
-16.35**	5.95	-14.70	HBP %	48.83**	5.47	68.85**	HBP %
-10.30	3.10	-5.90	I.D %	22.35	18.68	29.94*	I.D %
BYP			GYP			الصفة	
P5×P3	P3×P4	P1×P2	المشيرة	P5×P3	P3×P4	P1×P2	المشيرة
255.68	260.34	218.89	P1	87.50	105.39	70.49	P1
260.34	313.71	170.44	P2	107.60	119.69	72.54	P2
330.94	342.89	326.04	F1	140.31	161.80	146.98	F1
318.25	291.16	263.12	F2	118.62	128.22	108.79	F2
293.31	289.78	304.47	BC1	126.21	121.14	123.25	BC1
282.97	326.00	283.89	BC2	127.88	150.87	128.69	BC2
38.39	37.78	42.65	LSD 5%	8.57	19.62	19.20	LSD 5%
28.27**	19.46**	67.49**	HMP %	43.83**	43.77**	105.52**	HMP %
27.12**	9.30	48.95**	HBP %	30.40**	35.18**	102.67**	HBP %
3.84	15.09	19.30	I.D %	15.46	20.76	25.98**	I.D %

** معنوي على مستوى 0.05 و 0.01 P1×P2. الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، P3×P4. الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) × IL-272-06. كفاءة استعمال الأزوت، NUpE. كفاءة امتصاص الأزوت، NUE. كفاءة استعمال المياه، WUE. (IL-200-14 × IL-90-14) × IL-272-06. كفاءة استعمال النضج للنبات، HMP. قوة الهجين قياساً لمتوسط الأيون، HBP. قوة الهجين قياساً للأفضل، I.D. التدمور الوراثي.

أما بالنسبة لصفة كفاءة امتصاص الأزوت (الجدول، 2) فقد حققت معظم الهجن، عدا الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14)، قيمةً موجبةً وعاليةً المعنويةً لقوة الهجين وذلك قياساً لمتوسط الأيون والأب. يتوافق ذلك مع نتائج (بندر، 2016) (Mastrodomenico *et al.*, 2018; Hao *et al.*, 2019). حيث ترتبط كفاءة امتصاص الأزوت NUpE بالعديد من العوامل الفيزيولوجية (زيادة الكتلة الحية للنبات، بنية الجذر Root architecture، ومعدل التمثيل الضوئي Photosynthetic rate، ودليل المساحة الورقية Leaf area index، ومحتوى التربة من النترات Nitrate content، وأنزيم الجلوتامين Glutamine synthetase، ونشاط الأنزيمات Rubisco و PEP-carboxylase) (Uribelarrea *et al.*, 2009; Hammer *et al.*, 2009). فيما ترتبط كفاءة استهلاك الأزوت NUE بزيادة التمثيل الضوئي، والنقل Transport، والتوازن بين تمثيل الكربون والأزوت Carbon and Nitrogen assimilates، ومعدّل عقد الحبوب Kernel set (Weiland and Ta, 1992; Leach *et al.*, 2017).

أظهر الهجين (IL-239-14 × IL-456-06) قيمةً موجبةً ومعنويةً للتدهور الوراثي في صفتي كفاءة امتصاص الأزوت (29.94*)، والغلة الحبيّة للنبات (25.98*)، ما يشير إلى دور الفعل الوراثي السّيادي في وراثه هاتين الصفتين (الجدول، 2). توافقت هذه النتائج مع نتائج كلٍّ من (فهد وآخرون، 2005; بندر، 2016) (Mastrodomenico *et al.*, 2018; Hao *et al.*, 2019).

أشارت نتائج Scaling test الموضحة في الجدول (3)، أنّ الفعل الوراثي التّفوّقي Epistasis ساهم إلى جانب الفعلين الوراثيين الإضافي والسّيادي في وراثه الصفات المدروسة. حيث كانت المؤشرات الأربع A، B، C، D في صفتي كفاءة استعمال المياه وكفاءة استعمال الأزوت عاليةً المعنويةً في معظم الهجن المدروسة، عدا المؤشر C في الهجينين (IL-239-14 × IL-456-06) و (IL-200-14 × IL-90-14). أما بالنسبة لصفة كفاءة امتصاص الأزوت فقد كانت المؤشرات A، B، C، D معنويةً في الهجين (IL-239-14 × IL-456-06)، فيما كان المؤشران A، B و C معنويين في الهجين (IL-200-14 × IL-90-14)، وكل من المؤشرين B و D معنويين في الهجين (IL-200-14 × IL-90-14). وفي صفة كفاءة استهلاك الأزوت كانت المؤشرات الأربع A، B، C، D عاليةً المعنويةً في جميع الهجن المدروسة. أيضاً في صفة الغلة الحبيّة للنبات كانت معظم مؤشرات Scaling test عاليةً المعنويةً في جميع الهجن، عدا المؤشر C في الهجينين (IL-239-14 × IL-456-06) و (IL-200-14 × IL-90-14). بينما في صفة الغلة الحبيّة عند النضج للنبات كانت المؤشرات A، B، D عاليةً المعنويةً في الهجين (IL-239-14 × IL-456-06)، فيما كان المؤشران C، D عاليي المعنويةً في الهجينين (IL-200-14 × IL-90-14) و (IL-239-14 × IL-456-06). يتوافق ذلك مع نتائج (Haeghele *et al.*, 2013; Al Hadi *et al.*, 2013; Paredes *et al.*, 2014; Mastrodomenico *et al.*, 2018; Hao *et al.*, 2019).

أظهرت نتائج تحليل مكونات الفعل الوراثي في الجدول (4)، أنّ تقديرات المؤشر [m] كانت عاليةً المعنويةً في جميع الهجن ولجميع الصفات المدروسة، حيث يدلّ هذا المؤشر على المساهمة العائدة للمتوسطات ككل.

الأزوت، لوحظت قيماً عالية لمعامل التباين المظهري PCV (22.12%)، في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثاني (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، ومتوسطة 19.43% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14)، فيما كانت قيم معامل التباين الوراثي GCV متوسطة (18.16%)، و (16.94%) في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14)، وعالية 24.62% في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14). كما أظهرت النتائج قيماً متوسطة لمعامل التباين المظهري والوراثي لصفة كفاءة استهلاك الأزوت ولجميع الهجن المدروسة عدا الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) الذي أظهر قيماً منخفضة، حيث تراوحت قيم معامل التباين المظهري من 8.38% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 15.98% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، بينما تراوحت قيم معامل التباين الوراثي من 7.45% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 14.37% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06). وفي صفة الغلة الحبيبية للنبات، أشارت النتائج إلى أن قيم معاملي التباين المظهري PCV والوراثي GCV كانت متوسطة، وقد تراوحت قيم PCV من 14.87% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 19.72% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، فيما تراوحت قيم GCV من 13.82% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 18.82% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06). فيما سُجّلت قيماً عالية لمعامل التباين المظهري PCV والوراثي GCV لجميع الهجن المدروسة في صفة الغلة الحيوية عند التنضج للنبات، حيث تراوحت قيم معامل التباين المظهري من 24.14% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 29.62% في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14)، فيما تراوحت قيم معامل التباين الوراثي من 22.32% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 28.25% في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14). يتوافق ذلك مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019).

فُدرت درجة التوريث بمفهومها الواسع والضيق إلى جانب التقدم الوراثي المتوقع تحقيقه عبر الانتخاب بهدف تحديد الطريقة الملائمة للانتخاب والجيل الانعزالي المناسب للبدء بهذه العملية. وفي هذا السياق أشارت النتائج (الجدول 5) إلى أن قيم درجة التوريث بالمفهوم الواسع H^2 لصفة كفاءة استعمال المياه كانت عالية في جميع الهجن المدروسة. حيث تراوحت من 0.65 في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 0.77 في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06). فيما كانت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق h^2 متوسطة (0.39، 0.34) في الهجينين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، ومنخفضة (0.11) في الهجين الأول (IL-200-14 × IL-90-14)، حيث ترافقت هذه القيم مع قيمة منخفضة 5.29% للتقدم الوراثي GA% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) وقيم متوسطة (16.59%، 13.41%) في الهجينين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، مُشيراً ذلك إلى أن الانتخاب لصفة كفاءة استعمال المياه في الأجيال الانعزالية المبكرة غير مجدي، ولتحسين هذه الصفة في الهجن المدروسة يجب استخدام طريقة الانتخاب المتكرر Recurrent selection في الأجيال الانعزالية المتأخرة. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ Hao et al., 2019). فيما سُجّلت قيم عالية لدرجة التوريث بالمفهومين الواسع H^2 والضيق h^2 لصفة كفاءة استعمال الأزوت في جميع الهجن المدروسة، حيث تراوحت من $H^2=0.87$ ، $H^2=0.63$ في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، إلى $H^2=0.93$ ، $H^2=0.85$ في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14)، وترافقت هذه القيم مع قيم عالية للتقدم الوراثي GA% في معظم الهجن المدروسة، حيث تراوحت من 25.52% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) إلى 43.38% في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14). وهذه إشارة إلى أن معظم معامل التوريث ناتج عن التأثير الإضافي للمورثات المتحكمة في صفة كفاءة استعمال الأزوت وأن الانتخاب فعال لهذه الصفة في جميع الهجن المدروسة. اتفق ذلك مع نتائج (بندر، 2016؛ Mastrodomenico et al., 2018).

أما بالنسبة لصفة كفاءة امتصاص الأزوت، أبدت الهجن قيماً عالية لدرجة التوريث بالمفهوم الواسع مترافقة مع قيم متوسطة لها بالمفهوم الضيق، فقد تراوحت هذه القيم من ($H^2=0.30$ ، $H^2=0.67$) في الهجين الأول (IL-456-06 × IL-200-14) إلى ($H^2=0.55$ ، $H^2=0.85$) في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14).

للنبات في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14). يعد هذا النوع من الفعل الوراثي التوقفي غير مرغوب كونه يساهم في تشتت القيم المتوقعة للانعزالات الوراثية. اتفق ذلك مع نتائج (بندر، 2016) (Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019).

أما الفعل الوراثي السيادي × السيادي [I] فقد كانت تأثيراته سالبة وعالية المعنوية في وراثية جميع الصفات المدروسة، عدا صفة كفاءة امتصاص الأزوت في الهجينين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14)، حيث كانت موجبة وغير معنوية في الهجين الثاني وموجبة وعالية المعنوية في الهجين الثالث، وصفة الغلة الحيوية عند التنضج للنبات في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) حيث كانت قيماً [I] موجبة وعالية المعنوية. وكان اتجاه تأثيرها معاكساً لاتجاه تأثير الفعل الوراثي السيادي، عدا صفة كفاءة امتصاص الأزوت في الهجينين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14)، حيث يشير ذلك إلى النوع المزدوج Duplicate لنسب التداخل الوراثي، وهذا النوع من الفعل الوراثي يعيق تطوير الصفات من خلال عملية الانتخاب حيث لا يمكن التنبؤ بكمية كلا الفعلين الوراثيين السيادي والسيادي × السيادي مشيراً ذلك إلى أن الانتخاب لمثل هذه الصفات يجب أن يتم بعد عدة أجيال حيث يتم الحصول على مستويات عالية من المورثات المستقرة. توافقت ذلك مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Al Hadi et al., 2013; Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019).

الجدول رقم (4) مكونات الفعل الوراثي الإضافي، السيادي، التوقفي، والخطة المعباري لكل مؤشر في الهجن الثلاث ولجميع الصفات المدروسة.

نوع التداخل الوراثي	مكونات الفعل الوراثي					الصفة
	l	j	i	h	D	
P1 × P2						
Cross						
Dup.	-1.10**±0.12	-0.03±0.03	0.54**±0.08	1.12**±0.08	-0.04±0.03	0.86**±0.02
NUE	-66.49**±5.47	-2.11±1.14	32.73**±3.75	67.71**±3.51	-2.60**±1.09	51.80**±0.76
NUPe	-0.77**±0.17	-0.20**±0.04	0.59**±0.11	1.51**±0.10	-0.05±0.03	1.31**±0.02
NUEi	-30.88**±3.43	4.55**±0.74	11.89**±2.32	11.07**±2.14	-1.00±0.69	39.15**±0.47
GYP	135.64**±11.92	-4.42±2.57	68.74**±8.09	144.20**±7.53	-5.45**±2.48	108.79**±1.60
BYP	259.53**±38.70	-3.64±7.98	124.23**±27.03	255.61**±25.02	20.58**±7.81	263.12**±5.52
P3 × P4						
Cross						
Dup.	-0.33**±0.12	-0.16**±0.03	0.28**±0.08	0.66**±0.07	-0.24**±0.02	1.01**±0.02
NUE	-19.84**±7.43	-9.68**±1.52	16.74**±5.33	39.69**±4.99	14.16**±1.46	60.58**±1.11
NUPe	0.40±0.25	-0.38**±0.05	0.16 ±0.17	0.58**±0.15	-0.69**±0.05	1.70**±0.03
NUEi	-22.39**±3.12	3.18**±0.66	7.83**±2.10	15.53**±1.94	6.76**±0.63	36.53**±0.42
GYP	-26.52*±12.82	22.58**±2.73	31.16**±8.74	80.43**±7.77	29.73**±2.65	128.22**±1.74
BYP	-38.64±45.47	-9.54±9.34	66.91*±31.50	122.78**±29.62	36.22**±9.10	291.16**±6.43
P5 × P3						
Cross						
Dup.	-0.64**±0.10	0.03±0.02	0.30**±0.07	0.67**±0.06	-0.01±0.02	0.93**±0.01
NUE	-40.58**±5.47	1.42±1.15	18.67**±3.85	40.58**±3.63	-1.15±1.09	56.01**±0.79
NUPe	0.87**±0.17	0.19**±0.04	-0.34**±0.11	0.48**±0.11	0.40±0.03	1.59**±0.02
NUEi	-45.37**±1.67	-2.58**±0.37	20.81**±1.12	15.98**±1.04	-1.05**±0.34	35.88**±0.22
GYP	-66.15**±9.77	8.38**±2.11	33.70**±6.62	76.46**±6.02	-1.67±2.01	118.62**±1.31
BYP	145.76**±42.79	12.67±8.95	120.43**±28.70	-47.49±26.34	10.34±8.65	318.25**±5.73

*** معنوي على مستوى 0.05 و 0.01 P1×P2، P3×P4، P5×P3 في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، ومنخفضة (0.11) في الهجين الأول (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، ومتوسطة (0.39، 0.34) في الهجينين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، مُشيراً ذلك إلى أن الانتخاب لصفة كفاءة استعمال المياه في الأجيال الانعزالية المبكرة غير مجدي، ولتحسين هذه الصفة في الهجن المدروسة يجب استخدام طريقة الانتخاب المتكرر Recurrent selection في الأجيال الانعزالية المتأخرة. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019).

بيّنت النتائج (الجدول 5) أن قيم معامل التباين المظهري PCV كانت أعلى من قيم معامل التباين الوراثي GCV في جميع الهجن ولمعظم الصفات المدروسة، مشيراً ذلك إلى تأثير البيئة في مظهر الصفات. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019).

أظهرت نتائج صفة كفاءة استعمال المياه (الجدول 5) قيماً متوسطة لمعامل التباين المظهري والوراثي (PCV%=20.82، GCV%=16.73)، و (PCV%=18.99، GCV%=16.33) في الهجينين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب، وقيماً عالية لمعامل التباين المظهري والوراثي (PCV%=23.90، GCV%=21.00) في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06). أما بالنسبة لصفة كفاءة استعمال الأزوت، فقد سُجّلت قيماً عالية لمعامل التباين المظهري والوراثي (PCV%=24.69، GCV%=23.79) في الهجين الثاني (IL-200-14 × IL-90-14) و (PCV%=19.72، GCV%=18.34) في الهجين الثالث (IL-239-14 × IL-456-06) و (PCV%=18.99، GCV%=17.85) في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثالث (IL-200-14 × IL-90-14) على الترتيب. وفي صفة كفاءة امتصاص

24.14	29.62	28.13	14.87	18.16	19.72	PCV
22.32	28.25	27.23	13.82	17.39	18.82	GCV
0.85	0.91	0.94	0.86	0.92	0.91	H2
0.48	0.66	0.67	0.45	0.44	0.40	h2
23.84	40.56	38.61	13.68	16.60	16.11	GA%

P1×P2 الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، P3×P4 الهجين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06)، P5×P3 الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-272-06)، WUE كفاءة استعمال المياه، NUE كفاءة استعمال الأوت، NUpE كفاءة امتصاص الأوت، NUE كفاءة استهلاك الأوت، GYP الغلة الحيوية للنبات، BYP الغلة الحيوية عند التضيق للنبات، PCV، معامل التباين المطهر، GCV، معامل التباين الوراثي، H2، درجة التوريث بالمفهوم الواسع، h2، درجة التوريث بالمفهوم الضيق، GA%: التقدم الوراثي.

4. الاستنتاجات

يؤدي التباين الوراثي دوراً مهماً في التعبير عن الصفات المدروسة، حيث بينت النتائج وجود فروق معنوية بين العشائر الستة لكل الصفات المدروسة في الهجن الثلاث. فقد تفوقت عشائر الجيل الأول F_1 على العشائر الأبوية في جميع الصفات المدروسة للهجن الثلاث، عدا صفة كفاءة استهلاك الأوت. وكانت قيم درجة التوريث بمفهومها الواسع عالية في جميع الصفات المدروسة، فيما كانت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق عالية في صفة كفاءة استعمال الأوت ومترافقة بقيم عالية للتقدم الوراثي في جميع الهجن، ما يشير إلى فعالية الانتخاب لهذه الصفة. فيما أظهر الهجين الأول والثاني قيماً عالية لكل من درجة التوريث بمفهومها الضيق والتقدم الوراثي في صفة الغلة الحيوية عند التضيق للنبات. كما اتضح من خلال تحليل متوسط الأجيال مساهمة الفعل الوراثي التتويقي إلى جانب الفعلين الوراثيين الإضافي والسيادي في وراثة الصفات المدروسة، وأن الفعل الوراثي السيادي كان أكثر أهمية من الفعل الوراثي الإضافي في جميع الصفات المدروسة للهجن الثلاث. وكان اتجاه تأثير الفعل الوراثي السيادي × المدروسة معاكس لاتجاه تأثير الفعل الوراثي السيادي في جميع الصفات المدروسة، عدا صفة كفاءة امتصاص الأوت في الهجينين الثاني (-IL-272-06 × IL-90-14) والثالث (IL-239-14 × IL-90-14)، ما يشير إلى النوع المزدوج Duplicate لنمط التداخل الوراثي.

5. التوصيات

متابعة العمل على عشيرة F_2 للهجين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06) للوصول إلى سلالاتٍ مرّاتٍ داخلياً تستخدم في برامج التربية الهادفة لإنتاج هجن عالية الإنتاجية في وحدة المساحة، حيث أعطت كل من عشائر الجيل الأول F_1 والثاني F_2 لهذا الهجين أعلى المتوسطات لصفة الغلة الحبيبة للنبات. إجراء توصيف جزئي للعشائر الستة للهجن الثلاث بهدف تحديد مواقع المورثات المسؤولة عن صفتي كفاءة استعمال المياه والأزوت.

نبذة عن المؤلفين

اسراء سمير البوش

قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، سوريا،
esraabosh@gmail.com ، 00963930134887

م. البوش طالبة دكتوراه، الجنسية العربية السورية، حاصلة على ماجستير في علوم المحاصيل الحقلية من جامعة دمشق، حائزة على شهادة الخريج المتفوق للعام الدراسي 2014، وقد تمّ تقديم هذا البحث بالاشتراك مع الدكتور المشرف عليها كمتطلب لاستكمال درجة الدكتوراه. البوش معيدة في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، نشرت أربع ورقات بحثية في مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. تتقن إجراء التحليل الإحصائي باستخدام عدة برامج. اتبعت دورات في اللغة الإنكليزية في المعهد العالي للغات-جامعة دمشق وصولاً للمستوى المتقدم.

أيمن الشحادة العودة

قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، سوريا،
aymanalouda@gmail.com ، 00963944360917

د. العودة، الجنسية العربية السورية، حاصل على درجة الدكتوراه من جامعة بنغالور بالهند، وبشغل مرتبة أستاذ ورئيس قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، بجامعة دمشق (2016-2020)، زميل

(IL-90-14) و ($h^2=0.57$, $H^2=0.76$) في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14). فيما أظهرت الهجن قيماً متباينة للتقدم الوراثي GA% من المتوسطة 13.52% في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) إلى العالية (30.52)%. 22.67% في الهجينين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06) والثالث (IL-90-14 × IL-200-14) على التوالي. ما يشير إلى أن الانتخاب لصفة كفاءة امتصاص الأوت في الأجيال الانعزالية المبكرة غير مجدٍ، ولتحسين هذه الصفة في الهجن المدروسة يجب استخدام طريقة الانتخاب المتكرر في الأجيال الانعزالية المتأخرة. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (بندر، 2016؛ Mastrodomenico et al., 2018). وفي صفة كفاءة استهلاك الأوت فقد سُجّلت قيم عالية لدرجة التوريث بالمفهوم الواسع في جميع الهجن المدروسة (0.81، 0.83، 0.79) للهجن الثلاث على الترتيب، فيما كانت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق متوسطة، حيث تراوحت من 0.47 في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14)، إلى 0.52 في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثاني (IL-90-14 × IL-272-06). وقد ترافقت هذه القيم مع قيم متباينة للتقدم الوراثي بين المنخفضة 8.19% في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14) إلى (17.27%، 16.62%) في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثاني (IL-90-14 × IL-272-06). دالاً ذلك على تأثر الصفة الشديدة بالبيئة، ويكون الانتخاب في هذه الحالة عديم الفائدة، ولتحسين هذه الصفة في الهجن المدروسة يجب استخدام طريقة الانتخاب المتكرر في الأجيال الانعزالية المتأخرة. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (بندر، 2016؛ Mastrodomenico et al., 2018).

أظهرت النتائج (الجدول 5) قيماً عالية لدرجة التوريث بالمفهوم الواسع في صفة الغلة الحبيبة للنبات، حيث تراوحت هذه القيم من 0.86 في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14) إلى 0.92 في الهجين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06)، فيما كانت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق متوسطة وقد تراوحت من 0.40 في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) إلى 0.45 في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14). وترافقت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق بقيم متوسطة للتقدم الوراثي GA% في جميع الهجن المدروسة (16.11%، 16.60%، 13.68%) على الترتيب. ما يشير إلى إمكانية تحسين الصفة بطريقة الانتخاب المتكرر بدءاً من الأجيال الانعزالية المتوسطة. توافقت هذه النتيجة مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019). فيما أشارت نتائج صفة الغلة الحيوية عند التضيق للنبات إلى أن قيم درجة التوريث بالمفهوم الواسع كانت عالية في جميع الهجن المدروسة، وقد تراوحت من 0.85 في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14) إلى 0.94 في الهجين الأول (IL-239-14 × IL-456-06)، فيما تباينت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق بين العالية (0.67، 0.66) في الهجينين الأول (IL-239-14 × IL-456-06) والثاني (IL-90-14 × IL-272-06) على الترتيب، والمتوسطة 0.48 في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14). كما بينت النتائج أن قيم التقدم الوراثي GA% كانت عالية في جميع الهجن المدروسة، حيث تراوحت من 23.84% في الهجين الثالث (IL-200-14 × IL-90-14) إلى 40.56% في الهجين الثاني (IL-90-14 × IL-272-06)، دالاً ذلك على أن الانتخاب لصفة الغلة الحيوية عند التضيق للنبات فعال، وإمكانية الانتخاب لهذه الصفة في الأجيال الانعزالية المبكرة في الهجينين الأول (-IL-272-06 × IL-90-14) والثاني (IL-239-14 × IL-272-06) والمتوسطة في الهجين الثالث (IL-90-14 × IL-200-14)، توافقت هذه النتيجة مع نتائج (فهد وآخرون، 2005؛ بندر، 2016) (Mastrodomenico et al., 2018; Hao et al., 2019).

الجدول رقم (5) معامل التباين المطهر، الوراثي، درجة التوريث، التقدم الوراثي في الهجن الثلاث لجميع الصفات المدروسة.

الصفة	WUE			NUE		
المؤشرات الوراثية	P5×P3	P3×P4	P1×P2	P5×P3	P3×P4	P1×P2
PCV	18.99	20.82	23.90	18.99	20.82	23.90
GCV	17.85	16.73	21.00	17.85	16.73	21.00
H2	0.88	0.85	0.77	0.88	0.85	0.77
h2	0.74	0.39	0.11	0.74	0.39	0.11
GA%	29.17	16.59	5.29	43.38	16.59	5.29
الصفة	NUpE			BYP		
المؤشرات الوراثية	P5×P3	P3×P4	P1×P2	P5×P3	P3×P4	P1×P2
PCV	8.38	26.70	22.12	8.38	26.70	22.12
GCV	7.45	24.62	18.16	7.45	24.62	18.16
H2	0.79	0.85	0.67	0.79	0.85	0.67
h2	0.47	0.55	0.30	0.47	0.55	0.30
GA%	8.19	30.52	13.52	16.62	30.52	13.52
الصفة	GYP			BYP		
المؤشرات الوراثية	P5×P3	P3×P4	P1×P2	P5×P3	P3×P4	P1×P2
PCV	18.99	20.82	23.90	18.99	20.82	23.90
GCV	17.85	16.73	21.00	17.85	16.73	21.00
H2	0.88	0.85	0.77	0.88	0.85	0.77
h2	0.74	0.39	0.11	0.74	0.39	0.11
GA%	29.17	16.59	5.29	43.38	16.59	5.29

- continuous variation. *Biometrics*, 11(1), 69–82.
- Hirel, B., Tétu, T., Lea, P.J. and Dubois, F. (2011). Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability*, 3(9), 1452–85.
- Hodge, A., Robinson, D. and Fitter, A. (2000). Are microorganisms more effective than plants at competing for nitrogen? *Trends in Plant Science*, 5(7), 304–8.
- Jinks, J.L. and Jones, R.M. (1958). Estimation of the components of heterosis. *Genetics*, 43(2), 223.
- Johnson, H.W., Robinson, H.F. and Comstock, R.E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy journal*, 47(7), 314–8.
- Lafitte, H.R. and Edmeades, G.O. (1995). Stress tolerance in tropical maize is linked to constitutive changes in ear growth characteristics. *Crop Science*, 35(3), 820–6.
- Leach, K.A., Tran, T.M., Slewinski, T.L., Meeley, R.B. and Braun, D.M. (2017). Sucrose transporter 2 contributes to maize growth, development, and crop yield. *Journal of Integrative Plant Biology*, 59(6), 390–408.
- Mansouri-Far, C., Sanavy, S.A.M.M. and Saberali, S.F. (2010). Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 97(1), 12–22.
- Mastrodomenico, A.T., Hendrix, C.C. and Below, F.E. (2018). Nitrogen use efficiency and the genetic variation of maize expired plant variety protection germplasm. *Agriculture*, 8(1), 3. DOI: 10.3390/agriculture8010003.
- Mather, K. and Jinks, J.L. (1982). *Biometrical Genetic*. 3rd edition. London, UK: Chapman and Hall.
- Moll, R.H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74(3), 562–4.
- Moose, S. and Below, F.E. (2009). Biotechnology approaches to improving maize nitrogen use efficiency. In: A.L. Kriz and B.A. Larkins (eds.) *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Berlin: Springer.
- Paredes, P., de Melo-Abreu, J.P., Alves, I. and Pereira, L.S. (2014). Assessing the performance of the FAO AquaCrop model to estimate maize yields and water use under full and deficit irrigation with focus on model parameterization. *Agricultural Water Management*, 144(n/a), 81–97.
- 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*, 121(6), 480–6.
- Robinson, H.F., Comstock, R.E. and Harvey, P.H. (1949). Estimates of Heritability and the Degree of Dominance in Corn. *Agronomy journal*, 41(8), 353–9.
- Shahrokhi, M., Khorasani, S.K. and Ebrahimi, A. (2011). Generation mean analysis for yield and yield component in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 1(2), 59–72.
- Singh, R.K., and Chaudhary, B.D. (1985). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. New Delhi, India: Kalyani publishers.
- Sivasubramanian, S., and Menon, M. (1973). Heterosis and inbreeding depression in rice. *Madras Agronomy Journal*, 60(7), 1139–40.
- Smith, H.H. (1952). *Fixing Transgressive Vigor in Nicotiana Rustica* Heterosis. Ames, Iowa, U.S.A: Iowa State College Press.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1981). *Statistical Methods*. 6th edition. Iowa, U.S.A: Iowa State University Press.
- Uribelarrea, M., Crafts-Brandner, S.J. and Below, F.E. (2009). Physiological N response of field-grown maize hybrids (*Zea mays* L.) with divergent yield potential and grain protein concentration. *Plant and Soil*, 316(1–2), 151. DOI: 10.1007/s11104-008-9767-1
- Warner, J.N. (1952). A method for estimating heritability. *Agronomy Journal*, 44(8), 427–430.
- Weiland, R.T. and Ta, T.C. (1992). Allocation and retranslocation of 15N by maize (*Zea mays* L.) hybrids under field conditions of low and high N fertility. *Functional Plant Biology*, 19(1), 77–88.
- Wynne, J.C., Emery, D.A. and Rice, P.W. (1970). Combining ability estimates in *Arachis hypogaea* L. II. field performance of F1 Hybrids. *Crop Science*, 10(6), 713–5.
- باحث في الجامعة الأمريكية في بيروت، خبير نمو الحبوب وفيزيولوجيا الإجهادات اللاحيوية في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD من 2008 إلى 2012. مؤلف لأربعة كتب جامعية، نشر أربعاً وأربعين ورقة بحثية، متخصص في بيئة وفيزيولوجيا المحاصيل الحقلية. شارك في ندوات وورشات عمل في عدة بلدان (مصر، ألمانيا، لبنان، الكويت).
- ## المراجع
- بندر، سري جاسم. (2016). تقدير التباينات والارتباطات الوراثية والمظهرية لعدد من صفات الذرة الصفراء تحت وفرة النتروجين. *مجلة العلوم الزراعية العراقية*, 47(4), 938–933.
- حسن، أحمد عبد المنعم. (2005). تحسين الصفات الكمية والإحصاء البيولوجي وتطبيقاته في برامج تربية النباتات. القاهرة، مصر: الدار العربية للنشر والتوزيع.
- فهد، علي عبد، الحديثي، سيف الدين عبد الرزاق ومالح، كامل مطر. (2005). الاحتياج المائي لمحصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) في زراعة العروة الخريفية لوسط العراق تحت الري الكامل والنقص. *مجلة العلوم الزراعية*, 32(3), 315–323.
- المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية. (2018). *منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي*. متوفر بموقع: 21619/archives/21619 http://moaar.gov.sy/main/ (الاسترجاع: 2020/12/01)
- Al Hadi, R.A., Sabbouh, M. and Al-Ahmad, S. (2013). Genetic analysis of some traits in segregation generation of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Damascus Journal of Agriculture Sciences*, 29(2), 117–35.
- Allard, R.W. (1960). *Principles of Plant Breeding*. Davis, California, U.S.A: University of California.
- Bunder, S.J. (2016). Taqdir alttbaynat walairtibatat alwrathyt walmazhariat liedad min sifat aldhdhrt alssfra' taht wafrat alntrujin 'Estimation of variances, genotypic and phenotypic correlations for some traits of maize under nitrogen abundance'. *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 74(4), 933–8. [in Arabic].
- Burton, G.W. (1951). Quantitative Inheritance in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *Agronomy Journal*, 43(9), 409–17.
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89(1), 1–16.
- Dorri, P., Khorasani, S.K. and Shahrokhi, M. (2014). Generation means analysis. A case study of variance components in KSC 500 generations of maize (*Zea mays* L.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 8(2), 194–200.
- Editorial, No authors listed. (2010). How to feed a hungry world. *Nature*, 466(7306), 531–2. DOI: 10.1038/466531a.
- Fahad, A.A., Al-Hadeethi, S.A. and Malih, K.M. (2005). Alaihtiaj almayiyu limahsul aldhdhrt alssfra' (*Zea mays* L.) fi ziraeat aleurwat alkhariyat liwast aleiraq taht alri alkamil walnaaqis 'Water requirement of corn (*zea mays* L.) for fall season of central Iraq under full and deficit irrigation'. *Journal of Agricultural Science*, 32(3), 315–23. [in Arabic].
- FAO. (2018). *Statistical Databases*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farré, I. and Faci, J.M. (2009). Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural water management*, 96(3), 383–94.
- Gamble, E.E. (1962). Gene effects in corn (*Zea mays* L.): I. Separation and relative importance of gene effects for yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 42(2), 339–48.
- Haegle, 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 Science*, 53(4), 1256–68.
- Hammer, G.L., Dong, Z., McLean, G., Doherty, A., Messina, C., Schussler, J. and Cooper, M. (2009). Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the US corn belt? *Crop Science*, 49(1), 299–312.
- Hao, B., Xue, Q., Marek, T.H., Jessup, K.E., Becker, J.D., Hou, X. and Howell, T.A. (2019). Grain yield, evapotranspiration, and water-use efficiency of maize hybrids differing in drought tolerance. *Irrigation Science*, 37(1), 25–34.
- Hassan, A.A. (2005). *Tahsin Alssfat Alkamyat Walihsa' Wlbyulwji Watatbiqatih Fi Baramij Tarbiat Alnabat* 'Improving Quantitative Characteristics and Biological Statistics and Their Applications in Plant Breeding Programs'. Egypt: Al Dar Al Arabia for Publishing and Distribution. [in Arabic].
- Hatfield, J.L., Sauer, T.J. and Prueger, J.H. (2001). Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agronomy journal*, 93(2), 271–280.
- Hayman, B.I. and Mather, K. (1955). The description of genic interactions in