دراسة بعض المؤشرات الوراثية لصفة الإنتاجية وبعض صفات جودة الثمار في هجينين من البندورة (*Solanum lycopersicom* L.).

علي عزو*[1] وحسان خوجه [2] وعبدالمحسن مرعي [3] وجلال عبود [1]

(1). مركز بحوث طرطوس ، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.

(2). قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(3). الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(*للمراسلة: م. علي عزو، البريد الإلكتروني: izzo19988@gmail.com هاتف: 963966275436+).

تاريخ الاستلام:2024/01/18 تاريخ القبول: 2024/03/7

الملخّص

نُفِّذ البحث في محطة الجماسة التابعة لمركز بحوث طرطوس في الهيئة العامة للبحوث العلميّة الزراعيّة في سورية خلال خريف موسمي الزراعة 2019 و2020، ضمن تجربة بتصميم القطّاعات الكاملة العشوائيّة بثلاثة مكرّرات، باستخدام طريقة تحليل متوسطات الأجيال لدراسة طبيعة الفعل الوراثي عبر دراسة بعض المؤشرات الوراثية في العشائر الست لهجينين فرديين من البندورة (T2×T8)، (T8×T16)، لصفات (إنتاجية النبات الفردي، سماكة غلاف الثمرة، صلابة الثمار، المواد الصلبة الذائبة الكلية %، المادة الجافة %، الحموضة المعايرة %، والسكريات الكلية %)، أبرزت النتائج قيماً متقاربةً لمعاملي التباين المظهري والوراثي في الهجينين، وقيماً عاليةً لدرجة التوريث بالمعنى الواسع مما يعكس ارتفاع تأثير المكون الوراثي وتدني تأثير البيئة في التعبير المظهري لجميع الصفات المدروسة، بالمقابل أعطت قيماً متوسطة لدرجة التوريث بالمعنى الضيق لصفتي إنتاجية النبات الفردي وسماكة غلاف الثمرة مما يشير إلى مساهمة الفعليين الوراثيين التراكمي واللاتراكمي في وراثة هاتين الصفتين، وقيماً عالية لصفات صلابة الثمار، والمواد الصلبة الذائبة الكلية %، والمادة الجافة %، والسكريات الكلية %، والحموضة المعايرة % مما يدّل على أهمية الفعل الوراثي التراكمي في وراثة هذه الصفات. وأظهر تحليل متوسط الأجيال أن الفعلين الوراثيين التراكمي والسيادي كانا معنويين في أغلب الصفات المدروسة مع تفوّق قيم الفعل الوراثي السيادي، وساهم الفعل الوراثي التفوّقي من النمط تراكمي× تراكمي والنمط سيادي × سيادي في وراثة معظم الصفات، ودلّ التعاكس بين إشارتي الفعل الوراثي السيادي والفعل الوراثي التفوّقي من النوع سيادي × سيادي في جميع الصفات المدروسة من النمط المزدوج Duplicate على إمكانية ممارسة الانتخاب لمثل هذه الصفات في الأجيال الانعزالية المتأخرة.

الكلمات المفتاحيّة: الإنتاجية، البندورة، التقدم الوراثي، الفعل الوراثي، درجة التوريث، درجة السيادة.

المقدّمة

تنتمي البندورة *Solanum lycopersicom* L إلى العائلة الباذنجانية *Solanaceae*؛ وهي من الخضار المستهلكة على نطاق واسع سواء كانت طازجة أو مصنعة (Perez *et al*., 2021). وتدرج البندورة ضمن الأغذية الواقية، نظراً لغناها بالأملاح المعدنية والفيتامينات والأحماض العضوية ومضادات الأكسدة والألياف، والتي تعد أساس النظام الغذائي الصحي المتوازن (Soresa *et al*., 2020). تركزت جهود مربي النبات حتى فترة قريبة على زيادة الإنتاج وتحمل الإجهادات البيئية والإحيائية وغير ذلك، لكن مع تطور الوعي الاستهلاكي أصبح تحسين صفات جودة الثمار من أولويات العمل التربوي الوراثي (Causse *et al*., 2010). يُعدّ تحليل متوسطات الأجيال من الطرق الإحصائيّة الوراثيّة الهامّة لتقدير مكوّنات التباين الوراثي المتنوّعة (الفعل الوراثي التراكمي، السيادي، التفوّقي بأنواعه التراكمي × تراكمي، والسيادي × سيادي، والتراكمي × سيادي) للصفات ذات الوراثة الكمّيّة (Hayman,1958; Dutta and Mehta, 2020)، إذ يسمح هذا الاختبار باختيار طريقة التربية المناسبة لانتخاب سلالات ذات صفات مرغوبة ينتج عن تصالبها هجناً بإنتاجية عالية ونوعية جيدة، وتحديد الأجيال الانعزاليّة المناسبة للانتخاب (Patel *et al*., 2010)، تقدم دراسة معاملي التباين الوراثي GCV والمظهري PCV فكرة حول نسبة كلٍّ من التباين الوراثي والبيئي في وراثة صفةٍ ما، حيث يشير اختلاف قيم هذين المعاملين إلى التأثير البيئي في سلوكيّة هذه الصفات (Hamisu *et al*., 2016)، بيّنت دراسة Basfore وآخرون (2020)، ارتفاع تقدير معاملي التباين المظهري والوراثي لصفات إنتاجية النبات الفردي (58.14، 57.31) % وسماكة غلاف الثمرة (25.51، 25.36) %. وأوضح Reddy وآخرون (2020) في دراستهم لقيم درجة التوريث بالمعنى الواسع أنها وصلت إلى (95.79) % لنسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية و(78.93) % لنسبة الحموضة المعايرة و(93.01) % للإنتاجية، وسجّلت قيم مرتفعة للتقدم الوراثي كنسبة مئوية من المتوسط للمواد الصلبة الذائبة الكلية (26.41) % وللإنتاجية (49.52) %، وبينما كانت معتدلة للحموضة القابلة المعايرة (18.58) %. بالمقابل أشار Rajan وآخرون (2018) في دراستهم للعشائر الستة باستخدام تحليل متوسط الأجيال في هجن من البندورة، غلبة الفعل الوراثي التفوقي من النوع التراكمي× تراكمي، وسيطرة التفاعل الوراثي من النمط المزدوج Duplicate في وراثة سماكة غلاف الثمرة، بمقابل غلبة الفعل الوراثي التراكمي في وراثة المواد الصلبة الذائبة مع نمط تفاعل مزدوج. لذا ونظراً لأهمية صفات الجودة في تحديد القيمة الغذائية والتسويقية لثمار البندورة، فقد هدف البحث إلى تحديد طبيعة الفعل الوراثي المتحكم في وراثة صفة الإنتاج وبعض صفات جودة الثمار في هجينين من البندورة بهدف تحسين البندورة المحمية.

مواد وطرائق البحث

1- **موقع وزمن تنفيذ البحث:** نُفّذَ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس- محطة بحوث الجماسة، في خريف الموسمين الزراعيّين 2019- 2020.

2- **المادّة النباتية:** تمّ العمل على هجينين فرديين من البندورة (T2×T8)، (T8×T16) ناتجين عن برنامج تصالب نصف تبادلي ويتمتعان بمقدرة خاصة على الائتلاف مرغوبة للإنتاجية وبعض مكوناتها فضلاً عن مقدرة عامة مرغوبة على الائتلاف للسلالات الأبوية للهجينين، (الجدول، 1).

الجدول (1): مصدر السلالات المستخدمة في الدراسة وأهم مواصفاتها.

اسم السلالة	مصدر السلالة	طبيعة النمو	صفات الثمار
T2	محلي	غير محدود النمو	كبيرة كروية حمراء
T8	محلي	غير محدود النمو	كبيرة كروية حمراء
T16	محلي	محدود النمو	متوسطة كروية حمراء

طرائق البحث:

الموسم الأوّل: تمّت زراعة الهجينين وآبائهما، وإجراء التهجينات اللازمة للحصول على كمية كافية من بذار الجيل الأوّل (F_1) وبذار كلٍّ من الهجينين الرجعيّين (Bc_1، Bc_2) إضافةً إلى بذار الآباء (P_1، P_2) وبذار الجيل الثاني (F_2) ليتمّ بذلك الحصول على بذار العشائر الست لكلّ هجينٍ فرديٍّ (P_1، P_2، F_1، F_2، Bc_1، BC_2).

الموسم الثاني: تمّت زراعة العشائر الست لكلا الهجينين في بيت بلاستيكي وفق تصميم القطّاعات الكاملة العشوائيّة Randomized Complete Blocks Design، في ثلاثة مكرّرات، زُرع في كل مكرّر العشائر الستة لكلٍ من الهجينين المدروسين، وذلك بواقع عشرة نباتات لكل من عشيرة الأب الأوّل (P_1)، وعشيرة الأب الثاني (P_2)، وعشيرة الجيل الأوّل (F_1)، وأربعين نباتاً لعشيرة الجيل الثاني (F_2)، وثلاثين نباتاً لكل من عشيرتي الهجينين الرجعي الأوّل (BC_1) والرجعي الثاني (BC_2) في كل مكرر. ضمن قطع تجريبية مخططة، بحيث كان التباعد بين الخطوط 85 سم، وبين النباتات على الخط 40 سم. قُدمت جميع عمليات الخدمة الزراعية قبل وبعد الزراعة (تسميد – ري – مكافحة ...)، وفقاً لما هو متبع في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في خدمة محصول البندورة المحمية، مع مراعاة تقليم النباتات على ساق واحدة.

3- الصفات المدروسة:

تمّت دراسة صفات إنتاجية النبات الفردي كغ/ نبات، وسماكة غلاف الثمرة /سم باستخدام جهاز البياكوليس، وصلابة الثمار كغ/سم^2 باستخدام جهاز قياس الصلابة البينيترومتر، ونسبة المواد الصلبة الذائبة باستخدام جهاز الرفراكتوميتر، ونسبة المادة الجافة بطريقة الوزن، ونسبة الحموضة المعايرة، ونسبة السكريات الكلية بالمعايرة الكيميائية.

جُمعت البيانات لكافة الصفات المدروسة وبُوّبت باستخدام برنامج Excel، وأُجري تحليل للتباين باستخدام برنامج Genstat-12 ومن ثمّ حُلّلت هذه البيانات للعشائر الست وفقاً للعالمين (Snedecor and Cochran, 1981)، كما تمّت مقارنة المتوسطات باستخدام طريقة أقل فرق معنوي (L.S.D) على مستوى معنوية 5%. وحُسبت المؤشرات الوراثيّة التالية:

1. درجة السيادة P (Potence ratio): حُسبت درجة السيادة وفقاً Smith (1952):

$$P = \frac{\underline{F_1} - \underline{MP}}{0.5 \times \left(\underline{P_2} - \underline{P_1}\right)}$$

حيث: $\underline{MP}$ متوسط الأبوين، $\underline{P_1}$ و$\underline{P_2}$ و$\underline{F_1}$ متوسط كلاً من الأب الأوّل، الأب الثاني والهجين الأوّل على الترتيب.

2. قوّة الهجين Heterosis: قُدّرت قوة الهجين وفق (Singh and Chaudhary, 1977):

$$HBP = \frac{\underline{F_1} - \underline{BP}}{\underline{BP}} \times 100 \qquad HMP = \frac{\underline{F_1} - \underline{MP}}{\underline{MP}} \times 100$$

حيث: $\underline{BP}$ متوسط الأب الأفضل. كما قُدّرت معنوية قوّة الهجين باختبار T- Test وفق العالم (Wynne *et al*., 1970).

3. التدهور الوراثي Inbreeding depression: قُدّر وفقاً (Singh and Chaudhary, 1977):

$$ID = \frac{\underline{F_1} - \underline{F_2}}{\underline{F_1}} \times 100$$

وحُسبت معنوية درجة التدهور مقارنة القيمة $(\underline{F_1} - \underline{F_2})$ مع ناتج المعادلة: $T = T_{(TABLET)} * \sqrt{(VF_2 + VF_1)/2}$

4. اختبار Scaling test 1: وضع Mather (1949)، وHayman and Mather (1955) أربعة مقاييس للتأكّد من وجود أو عدم وجود تفاعل بين المورثات، وهي (A، B، C، D) حيث تشير معنويّة أيٍّ من هذه المقاييس إلى وجود تفاعل بين المورثات على المواقع الوراثيّة المختلفة، وتعطى بالمعادلات التالية:

$A = 2\overline{BC_1} - \overline{P_1} - \overline{F_1}$, Its variance $S_A^2 = 4S_{BC_1}^2 + S_{P_1}^2 + S_{F_1}^2$

$B = 2\overline{BC_2} - \overline{P_2} - \overline{F_1}$, Its variance $S_B^2 = 4S_{BC_2}^2 + S_{P_2}^2 + S_{F_1}^2$

$C = 4\overline{F_2} - 2\overline{F_1} - \overline{P_1} - \overline{P_2}$, Its variance $S_C^2 = 16\, S_{F_2}^2 + 4S_{F_1}^2 + S_{P_1}^2 + S_{P_2}^2$

$D = 2\overline{F_2} - \overline{BC_1} - \overline{BC_2}$, Its variance $S_D^2 = 4S_{F_2}^2 + S_{BC_1}^2 + S_{BC_2}^2$

حيث تشير P_1، P_2، F_1، F_2، BC_1، BC_2 إلى متوسطات الأب الأوّل والثاني والجيل الأوّل والجيل الثاني والتهجين الرجعي الأوّل والثاني على الترتيب. وحُسب الخطأ المعياري لكل مقياس إضافةً لقيمة T المحسوبة.

5. اختبار Scaling test 2: للتأكّد من وجود التفاعل الوراثي البيئي، حيث حُسبت نسبة (F-ratio) لكلٍّ من عشائر الأب الأول P_1 والثاني P_2 والجيل الأوّل F_1.

6. الفعل الوراثي Gene Action: أُستخدمت متوسطات العشائر الست لكلّ هجينٍ وذلك لتقدير المؤشرات الستة Six Parameters للفعل الوراثي باستخدام المعادلات الموضوعة من قبل Hayman (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: متوسّط الجيل الثاني، d: الفعل الوراثي التراكمي، h: الفعل الوراثي السيادي، i: الفعل الوراثي التفوقي من النوع تراكمي × تراكمي، j: الفعل الوراثي التفوقي من النوع تراكمي × سيادي، l : الفعل الوراثي التفوقي من النوع سيادي×سيادي. كما تمّ تقدير التباين العائد لكلّ مؤشّرٍ من المؤشّرات الستّة وحُسب الخطأ المعياري وقيمة T لكل مؤشر.

7. معاملي التباين المظهري PCV والوراثي GCV: تمّ تقديرهما وفق (Singh and Chaudhary, 1977).

$$GCV = \frac{\sqrt{S_{F_2}^2 - S_E^2}}{\underline{X_{F_2}}} \times 100 \qquad PCV = \frac{\sqrt{S_{F_2}^2}}{\underline{X_{F_2}}} \times 100$$

$S_{F_2}^2$: تباين الجيل الثاني. S_E^2: التباين البيئي الذي يحسب بالمعادلة التالية $S_E^2 = \frac{S_{P_1}^2 + S_{P_2}^2 + S_{F_1}^2}{3}$ ، $\underline{X_{F_2}}$: متوسّط الجيل الثاني.

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

8. درجة التوريث بمفهوميها الواسع H_{BS} والضيّق H_{NS}: قُدّرت لجميع الصفات المدروسة وفقاً للعالمين Burton (1951)، وWarner (1952):

$$H_{BS} = \frac{S_g^2}{S_{ph}^2} \times 100 \qquad H_{NS} = \frac{S_a^2}{S_{ph}^2} \times 100$$

حيث أن: S_g^2: التباين الوراثي. S_a^2: التباين الوراثي التراكمي. S_{ph}^2: التباين المظهري.

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

9. التقدّم الوراثي ΔG (Genetic advance): قُدّر على شدّة انتخاب 5%، كما حُسبت النسبة المئويّة للتقدّم الوراثي $(\Delta G\%)$ كنسبة من متوسط الجيل الثاني (F_2) وذلك وفق العالم Allard (1960):

$$\Delta G\% = \frac{\Delta G}{\underline{F_2}} \times 100 \qquad \Delta G = 2.0627 \times H_{NS} \times S_{F_2}$$

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

النتائج والمناقشة

1. تحليل التباين ومقارنة متوسطات العشائر الستة للهجينين:

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي المبينة في (الجدولين 2 و3) وجود فروقات عالية المعنوية بين العشائر الست لكل هجين من الهجينين(T2×T8)، (T8×T16)، ولجميع الصفات المدروسة، مشيراً ذلك إلى التباعد الوراثي بين التراكيب الوراثية الأبويّة للهجينين المدروسين، جاء هذا متوافقاً مع نتائج (Rahaei *et al.*, 2017; Kanneh *et al.*, 2017).

الجدول (2) تحليل التباين للهجين (T2×T8) للصفات المدروسة.

مصدر التباين	إنتاجية النبات الفردي /كغ	سماكة غلاف الثمرة / سم	صلابة الثمار كغ/سم^2	المواد الصلبة الذائبة%	المادة الجافة%	السكريات الكلية%	الحموضة المعايرة%
المكررات	0.003	0.0002	0.0103	0.001	0.002	0.005	0.000006
العشائر	**0.520	**0.009	**0.150	**0.190	**0.394	**0.321	**0.00207
الخطأ التجريبي	0.138	0.004	0.040	0.047	0.078	0.031	0.00015
CV%	9.700	7.00	4.900	4.70	3.800	5.70	4.3
المتوسط العام	3.85	0.87	4.06	4.69	7.45	3.05	0.29

CV: تشير إلى معامل الاختلاف، **تشير إلى المعنوية على مستوى 1% (معنوية عالية).

الجدول (3): تحليل التباين للهجين (T8×T16) للصفات المدروسة.

مصدر التباين	إنتاجية النبات الفردي /كغ	سماكة غلاف الثمرة / سم	صلابة الثمار كغ/سم^2	المواد الصلبة الذائبة%	المادة الجافة%	السكريات الكلية%	الحموضة المعايرة%
المكررات	0.017	0.00007	0.0028	0.005	0.007	0.005	0.00001
العشائر	**1.957	**0.031	**0.982	**0.168	**0.481	**0.110	**0.00097
الخطأ التجريبي	0.089	0.003	0.046	0.076	0.145	0.022	0.00017
CV%	9.300	6.60	6.300	5.80	5.000	4.70	3.9
المتوسط العام	3.21	0.81	3.43	4.78	6.87	3.15	0.33

CV: تشير إلى معامل التباين، **تشير إلى المعنوية على مستوى 1% (معنوية عالية).

تراوحت متوسطات الآباء لصفة إنتاجية النبات الفردي الموضّحة في الجدول 4 من 3.51 كغ/نبات لـ (T8) إلى 1.79 كغ/ نبات لـ (T16) من الهجين (T8×T16)، وظهرت قوّة الهجين واضحةً من خلال تفوّق عشيرة الهجن الفرديّة (F_1) على إنتاجية آبائها فوصلت إلى 4.45 كغ /نبات للهجين (T2×T8)، و4.06 كغ/نبات في الهجين (T8×T16)، وتراوحت متوسطات الإنتاجية في عشيرة (F_2) من 3.73 كغ/نبات في الهجين (T2×T8) إلى 2.96 كغ/نبات في الهجين (T8×T16)، وتراوحت متوسطات عشيرة (BC_1) من 3.96 كغ/نبات للهجين (T2×T8) إلى 3.82 كغ/نبات للهجين (T8×T16)، في حين كانت في عشيرة (BC_2) من 4.12 كغ/نبات للهجين (T2×T8) إلى 3.14 كغ/نبات للهجين (T8×T16)؛ ؛ تناغمت هذه النتائج مع (Usman *et al.*, 2022; Kerketta *et al.*, 2023; Mohit *et al.*, 2023; Sairam *et al.*, 2024).

تعد سماكة غلاف الثمرة من صفات الجودة الهامة لدورها في تحديد صلابة الثمار ومدى تحملها للنقل والتداول (Kumari and Sharma,2011) امتلكت السلالة الأبوية (T8) السماكة الأكبر لثمارها (0.85) سم في حين كانت ثمار الأب (T16) من الهجين

(T8×T16) الأقل سماكةً لغلافها (0.63) سم، وتراوحت متوسطات عشيرة (F_1) لصفة سمكة غلاف الثمرة من (0.92) سم في الهجين (T8×T16) إلى (0.94) سم في الهجين (T2×T8)، وتراوحت متوسطات عشيرة (F_2) من (0.78) سم للهجين (T8×T16) إلى (0.82) سم للهجين (T2×T8)، كما تراوحت من (0.85) سم في الهجين (T2×T8) إلى (0.88) سم في الهجين (T8×T16) في عشيرة (BC_1)، في حين تراوحت من (0.88) سم للهجين (T2×T8) إلى (0.80) سم للهجين (T8×T16) في عشيرة (Bc_2)، توافق ذلك مع ما وجده (Singh *et al.*, 2023).

الجدول (4): قيم المتوسطات والتباين للعشائر الست للهجينين (T2×T8)، (T8×T16) لصفات إنتاجية النبات الفردي، وسماكة غلاف الثمرة، وصلابة الثمار.

الصفة	الهجن		العشائر الست						LSD 5%
			P_1	P_2	F_1	F_2	BC_1	Bc_2	
إنتاجية النبات الفردي/كغ	T2×T8	المتوسط	3.32	3.51	4.45	3.73	3.96	4.12	0.68
		التباين	0.05	0.07	0.04	0.31	0.24	0.22	
	T8×T16	المتوسط	3.51	1.79	4.06	2.96	3.82	3.14	0.54
		التباين	0.07	0.01	0.04	0.46	0.34	0.38	
سماكة غلاف الثمرة /سم	T2×T8	المتوسط	0.78	0.85	0.94	0.82	0.85	0.88	0.10
		التباين	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	
	T8×T16	المتوسط	0.85	0.63	0.92	0.78	0.88	0.80	0.10
		التباين	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	
صلابة الثمار كغ/سم^2	T2×T8	المتوسط	3.75	4.03	4.36	3.88	4.12	4.22	0.37
		التباين	0.03	0.01	0.03	0.19	0.10	0.14	
	T8×T16	المتوسط	4.03	2.54	3.98	3.15	3.66	3.20	0.39
		التباين	0.01	0.02	0.02	0.21	0.13	0.17	

تملك الصلابة دوراً هاماً في تحديد جودة الثمار؛ إذ تحدد نضج الثمار ومدى قابليتها لتحمل الشحن والنقل والتصنيع، وتوضح نتائج الجدول 4 تباين متوسطات الآباء لهذه الصفة من (2.54) كغ/سم^2(T16) من الهجين (T8×T16) إلى (4.03) كغ/سم^2 لـ (T8)، ومن (3.98) كغ/سم^2 في الهجين (T8×T16) إلى (4.36) كغ/سم^2 في الهجين (T2×T8) وذلك في عشيرة (F_1)، أمّا عشيرة (F_2) فقد تراوحت متوسطات صفة صلابة الثمار فيها من (3.15) كغ/سم^2 للهجين (T8×T16) إلى (3.88) كغ/سم^2 للهجين (T2×T8)، وتراوحت من (3.66) كغ/سم^2 في الهجين (T8×T16) إلى (4.12) كغ/سم^2 في الهجين (T2×T8) وذلك في عشيرة (BC_1)، في حين تراوحت هذه القيم في عشيرة (BC_2) من (3.20) كغ/سم^2 للهجين (T8×T16) إلى (4.215) كغ/سم^2 في الهجين (T2×T8)، انسجمت هذه النتائج مع ما ذكره (Sairam *et al.*, 2024).

يهتم الباحثون بزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة في ثمار البندورة، كونها من أهم معايير الجودة والنوعية في البندورة (Kumar *et al.*,2013)؛ فقد تراوحت متوسطات الآباء لصفة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية الموضّحة في الجدول 5 من (4.28) % لـ (T2) في الهجين (T2×T8) إلى (4.71) % لـ (T8)؛ وتراوحت متوسطات عشيرة (F_1) من (4.97) % للهجين (T2×T8) إلى (5.08) % للهجين (T8×T16)، وتراوحت متوسطات صفة نسبة المواد الصلبة الذائبة في عشيرة (F_2) من (4.51) % للهجين (T2×T8) إلى (4.64) % للهجين (T8×T16)، وتراوحت متوسطات عشيرة (BC_1) من (4.77) للهجين (T2×T8) إلى (4.94) % للهجين

(T8×T16)، في حين تراوحت في عشيرة (BC_2) من (4.87) % للهجين (T8×T16) إلى (4.88) % للهجين (T2×T8)، تناغمت هذه النتائج مع ما ذكره (Waiba *et al*., 2021).

الجدول (5): قيم المتوسطات والتباين للعشائر الست للهجينين (T2×T8)، (T8×T16) لصفات المواد الصلبة الذائبة %، والسكريات الكلية %، والحموضة المعايرة %.

الصفة	الهجن		العشائر الست						LSD 5%
			P_1	P_2	F_1	F_2	BC_1	Bc_2	
المواد الصلبة الذائبة %	T2×T8	المتوسط	4.28	4.71	4.97	4.51	4.76	4.88	0.4
		التباين	0.02	0.03	0.04	0.21	0.14	0.14	
	T8×T16	المتوسط	4.71	4.42	5.08	4.64	4.94	4.87	0.5
		التباين	0.03	0.08	0.05	0.27	0.16	0.21	
المادة الجافة %	T2×T8	المتوسط	6.88	7.26	7.90	7.39	7.56	7.73	0.51
		التباين	0.02	0.10	0.11	0.52	0.40	0.30	
	T8×T16	المتوسط	7.26	6.20	7.33	6.45	7.20	6.76	0.68
		التباين	0.10	0.10	0.04	0.46	0.34	0.30	
السكريات الكلية %	T2×T8	المتوسط	2.53	3.23	3.37	2.80	3.08	3.31	0.32
		التباين	0.02	0.02	0.01	0.17	0.13	0.08	
	T8×T16	المتوسط	3.23	2.87	3.37	2.98	3.29	3.18	0.27
		التباين	0.02	0.01	0.02	0.11	0.07	0.06	
الحموضة المعايرة %	T2×T8	المتوسط	0.24	0.31	0.31	0.28	0.29	0.31	0.02
		التباين	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	T8×T16	المتوسط	0.31	0.33	0.35	0.32	0.34	0.35	0.02
		التباين	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

وفي صفة نسبة المادة الجافة فقد تراوحت متوسطات الآباء لهذه الصفة من (6.20) % لـ (T16) إلى (7.26) % لـ (T8)، ومن (7.33) % في الهجين (T8×T16) إلى (7.90) % في الهجين (T2×T8) وذلك في عشيرة (F_1)، أمّا عشيرة (F_2) فقد تراوحت متوسطات صفة نسبة المادة الجافة فيها من (6.45) % للهجين (T8×T16) إلى (7.39) % للهجين (T2×T8)، وتراوحت من (7.20) % في الهجين (T8×T16) إلى (7.56) % في الهجين (T2×T8) وذلك في عشيرة (BC_1)، في حين تراوحت هذه القيم في عشيرة (BC_2) من (6.76) % للهجين الثاني إلى (7.73) % في الهجين (T2×T8).

يلعب الانتخاب لتحسين محتوى الثمار من السكريات والأحماض العضوية دوراً كبيراً في برامج التحسين الوراثي؛ كونها تساهم في تحديد جودة الثمار ومذاقها ونكهتها؛ ففي صفة نسبة السكريات الكلية حقّقت ثمار الأب (T8) أعلى نسبة للسكريات الكلية بين الآباء بقيمة قدرها (3.23) % في حين كانت النسبة الأقل للسكريات الكلية في ثمار الأب (T2) (2.53) %، حيث سجّلت متوسطات عشيرة (F_1) (3.366) % في الهجين (T2×T8) و(3.367) % في الهجين (T8×T16)، وتراوحت متوسطات عشيرة (F_2) من (2.80) % للهجين (T2×T8) إلى (2.98) % للهجين (T8×T16)، وكانت من (3.08) % للهجين (T2×T8) إلى (3.29) % للهجين (T8×T16) في عشيرة (BC_1)، في حين تراوحت من (3.18) % في الهجين (T8×T16) إلى (3.31) % في الهجين (T2×T8) في عشيرة (BC_2)، تقاربت هذه النتائج مع ما جاء به (Kumar and Yadav, 2023).

أمّا صفة نسبة الحموضة المعايرة فقد تراوحت متوسطات الآباء لهذه الصفة من (0.24) % لـ (T2) من الهجين (T2×T8) إلى (0.33) % لثمار (T16) من الهجين (T8×T16) ، وتراوحت من (0.31) % في الهجين (T2×T8) إلى (0.35) % في الهجين

(T8×T16) وذلك في عشيرة (F_1)، أمّا عشيرة (F_2) فقد تراوحت متوسطات هذه الصفة فيها من (0.28) % للهجين (T2×T8) إلى (0.32) % للهجين (T8×T16)، وتراوحت من (0.291) % في الهجين (T2×T8) إلى (0.34)% في الهجين (T8×T16) وذلك في عشيرة (BC_1)، في حين تراوحت هذه القيم في عشيرة (BC_2) من (0.31) % للهجين (T2×T8) إلى (0.35) % في الهجين (T8×T16)، هذا التباين ذكره العديد من الباحثين كان منهم (Kerketta *et al*., 2023).

2. درجة السيادة وقوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل والتدهور الوراثي

أظهرت النتائج الموضّحة في الجدول 6 أنّ قيم درجة السيادة (P) كانت أكبر من الواحد الصحيح لصفات إنتاجية النبات الفردي، وسماكة غلاف الثمرة، والمواد الصلبة الذائبة الكلية %، والمادة الجافة %، والسكريات الكلية %، والحموضة المعايرة % في كلا الهجينين، وصلابة الثمار في الهجين (T2×T8)، مما يشير إلى السيادة الفائقة لمورثات أحد الأبوين على مورثات الأب الآخر في وراثة هذه الصفات، في حين كانت قيمة درجة السيادة (P) أقل من الواحد الصحيح لصفة صلابة الثمار في الهجين (T8×T16)، دالّاً ذلك على سيادة جزئيّة للمورّثات المرغوبة؛ سُجّلت أعلى القيم الموجبة والمرغوبة لقوة الهجين (53.23، 27.06) % لصفة إنتاجية النبات الفردي، وأقلها (9.01، 8.90) % لصفة نسبة المادة الجافة قياساً بمتوسط الأبوين والأب الأفضل على التوالي؛ وهذا يتوافق مع نتائج (Agrawal *et al*., 2014; Reddy *et al*., 2020).

الجدول (6): درجة السيادة (P)، قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين (H_{MP})، والأب الأفضل (H_{BP})، وتدهور التربية الذاتيّة (ID) للصفات المدروسة للهجينين الأول (T2×T8)، (T8×T16).

الصفة	الهجن	درجة السيادة (P)	قوة الهجين		تدهور التربية الذاتية% (ID)
			H_{MP}	H_{BP}	
إنتاجية النبات الفردي	T2×T8	11.1	30.56**	27.06**	16.19
	T8×T16	1.65	53.23**	15.79**	27.04*
سماكة غلاف الثمرة	T2×T8	3.85	15.54**	11.06*	12.83 ns
	T8×T16	1.69	24.70**	8.79 ns	15.74 ns
صلابة الثمار	T2×T8	3.35	11.98**	8.11 ns	11.00 ns
	T8×T16	0.93	21.14**	-1.22 ns	20.93*
المواد الصلبة الذائبة % الكلية	T2×T8	2.21	10.46*	5.47 ns	9.15 ns
	T8×T16	3.55	11.34*	7.89 ns	8.63 ns
المادة الجافة %	T2×T8	4.46	11.78**	8.90*	6.52 ns
	T8×T16	1.15	9.01*	1.08 ns	12.08 ns
السكريات الكلية %	T2×T8	1.38	16.75**	4.12 ns	16.86 ns
	T8×T16	1.73	10.36*	4.13 ns	11.44 ns
الحموضة المعايرة %	T2×T8	1.14	14.03**	1.51 ns	11.51 ns
	T8×T16	2.60	9.65**	5.73 ns	8.65 ns

* تشير إلى المعنوية على مستوى 5%، **تشير إلى المعنوية على مستوى 1% (معنوية عالية)، ns: غير معنوي.

من ناحيةٍ أخرى فقد أكّد كلٌّ من Falconer (1981) و (Mather and Jinks, 1982)أنّ قوّة الهجين والتدهور المصاحب للتربية الذاتيّة تمثّلان ظاهرتين متلازمتين، ويبدو ذلك واضحاً من خلال القيم المعنوية وعالية المعنويّة لقوّة الهجين في الجيل (T2×T8) المترافقة مع تدهورٍ مصاحبٍ للتربية الذاتيّة في الجيل الثاني، إذ اتسمت بالقيم الموجبةً المعنوية لصفات إنتاجية النبات الفردي (27.04) % وصلابة الثمار (20.93) % في الهجين (T8×T16)، جاءت نتائجنا مقاربةً لما توصل إليه (Dar *et al*., 2012; Sherpa *et al*., 2014).

3. معاملي التباين المظهري والوراثي، ودرجة التوريث بمفهوميها الواسع والضيّق، والتقدّم الوراثي.

بيّنت النتائج في الجدول7 أنّ قيم معامل التباين المظهري كانت أعلى من قيم معامل التباين الوراثي في العشائر الست في الهجينين ولجميع الصفات المدروسة، وبدا تقديرهما متقارباً، الأمر الذي يعكس ارتفاع تأثير المكون الوراثي وتدني تأثير العوامل البيئية في التعبير المظهري عن تلك الصفات وبالتالي فإن الانتخاب بناء على القيم المظهرية لتلك الصفات يعد مقبولاً (مرعي، 2011)، وسُجّلت تقديرات مرتفعة لمعامل التباين الوراثي لصفة إنتاجية النبات الفردي (22.02) % في الهجين (T8×T16)، ومتوسطة لصفات إنتاجية النبات الفردي (13.60) % في الهجين (T2×T8)، وسماكة غلاف الثمرة (12.99، 12.65) %، وصلابة الثمار (10.42، 13.91) %، ونسبة السكريات الكلية (14.15، 10.12) % في الهجينين (T2×T8) و(T8×T16) على التوالي، ونسبة المادة الجافة (12.26) % في الهجين (T2×T8)، ومنخفضة لصفة نسبة المواد الصلبة الذائبة (9.27، 9.93) %، ونسبة المادة الجافة (8.97، 9.59) % في الهجينين (T2×T8) و(T8×T16)على التوالي، وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (Kouam *et al.*, 2018; Sushma *et al.*, 2020). كما وجدت قيماً عاليةً لدرجة التوريث بمفهومها الواسع في جميع الصفات المدروسة، بالمقابل كانت قيم درجة التوريث بالمفهوم الضيق متوسطة التقدير لصفة إنتاجية النبات الفردي (51، 44) % وسماكة غلاف الثمرة (57، 60) % في الهجينين (T2×T8) و(T8×T16) على التوالي، مما يشير إلى مساهمة الفعليين الوراثيين التراكمي واللاتراكمي في وراثة هاتين الصفتين، وعالية التقدير لصفات صلابة الثمار (70، 61) %، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (66، 63) %، والمادة الجافة (66، 61) %، والسكريات الكلية (77، 78) %، والحموضة المعايرة (75، 75) % في الهجينين (T2×T8) و(T8×T16) على التوالي ، مما يدّل على أهمية الفعل الوراثي التراكمي في وراثة هذه الصفات في الهجينين المدروسين، تناغمت هذه النتائج مع ما جاء به (Hasan *et al.*, 2016; Rajan *et al.*, 2018).

الجدول (7): معاملي التباين المظهري (PCV)، والوراثي (GCV)، درجة التوريث بمفهوميها الواسع (H_{BS})، والضيق (H_{NS})، والتقدم الوراثي (GΔ)، والنسبة المئوية للتقدم الوراثي (GΔ%).

الصفة	الهجن	PCV	GCV	H_{BS}	H_{NS}	ΔG	ΔG%
إنتاجية النبات الفردي	T2×T8	14.94	13.60	83	51	0.58	15.57
	T8×T16	23.02	22.02	92	44	0.61	20.76
سماكة غلاف الثمرة	T2×T8	13.83	12.99	88	57	0.13	16.15
	T8×T16	13.62	12.65	86	60	0.13	16.87
صلابة الثمار	T2×T8	11.12	10.42	88	70	0.62	16.11
	T8×T16	14.57	13.91	91	61	0.58	18.34
المواد الصلبة الذائبة %	T2×T8	10.06	9.27	85	66	0.62	13.76
	T8×T16	11.10	9.93	80	63	0.67	14.45
المادة الجافة %	T2×T8	9.75	8.97	85	66	0.98	13.23
	T8×T16	10.54	9.59	83	61	0.86	13.30
السكريات الكلية %	T2×T8	14.77	14.15	92	77	0.66	23.51
	T8×T16	10.98	10.12	85	78	0.52	17.58
الحموضة المعايرة %	T2×T8	13.13	12.26	87	75	0.06	20.40
	T8×T16	10.15	9.29	84	75	0.05	15.62

وفي سياق آخر فقد Johnson وآخرون (1955) أنّ فعّاليّة عمليّة الانتخاب تعتمد على تقدير درجة التوريث للصفة المراد الانتخاب من جهة، ومقدار التقدّم الوراثي الذي تحقّقه تلك الصفة عبر الأجيال الانعزاليّة من جهة أخرى، وفي هذا السياق فقد بيّنت النتائج أنّ النسبة المئوية للتقدم الوراثي كانت مرتفعة إلى متوسطة لمختلف صفات الدراسة، وسجلت الصفات إنتاجية النبات الفردي (20.76)

في الهجين (T8×T16)، ونسبة السكريات الكلية (23.51)، ونسبة الحموضة المعايرة (20.40) في الهجين (T2×T8) أعلى التقديرات، مهيئاً بذلك الفرصة لإجراء الانتخاب لتلك الصفات في الأجيال الانعزاليّة المبكرة والمتوسطة نتيجةً لأهميّة الفعلين الوراثيين التراكمي واللاتراكمي في وراثة هذه الصفات، تتفق هذه النتائج بالعموم مع نتائج (Aralikatti *et al.*, 2018; Sushma *et al.*, 2020).

4. مكونات التباين الوراثي:

يشير اختبار Scale test-2 الى عدم معنوية التفاعل البيئي الوراثي في معظم الحالات باستثناء صفتي إنتاجية النبات الفردي في الهجين (T8×T16)، ونسبة المادة الجافة في الهجين (T2×T8)، (الجدول، 8)، وهذا يشير إلى أصالة التراكيب الوراثية المستخدمة واستقرارها، هذه النتيجة تناغمت مع نتائج (Dutta *et al.*, 2013).

الجدول (8): اختبار Scale-2 للصفات المدروسة في الهجينين (T2×T8)، (T8×T16).

الصفة	الهجن	F- test		
		VP1/VP2	VP1/VF1	VP2/VF1
إنتاجية النبات الفردي	T2×T8	1.46 ns	1.23 ns	1.79 ns
	T8×T16	6.80**	3.45**	1.97 ns
سماكة غلاف الثمرة	T2×T8	1.29 ns	1.33 ns	1.72 ns
	T8×T16	1.01 ns	2.55 ns	2.52 ns
صلابة الثمار	T2×T8	1.97 ns	1.10 ns	1.80 ns
	T8×T16	1.23	1.37 ns	1.68 ns
المواد الصلبة الذائبة %	T2×T8	1.66 ns	1.98 ns	1.20 ns
	T8×T16	2.33 ns	1.55 ns	1.51 ns
المادة الجافة %	T2×T8	*4.50	*4.94	1.10 ns
	T8×T16	1.05 ns	2.53 ns	2.67 ns
السكريات الكلية %	T2×T8	1.22 ns	2.52 ns	2.07 ns
	T8×T16	1.21 ns	1.50 ns	1.23 ns
الحموضة المعايرة %	T2×T8	2.43 ns	*3.94	1.62 ns
	T8×T16	1.23 ns	1.26 ns	1.55 ns

* تشير إلى المعنوية على مستوى 5%، **تشير إلى المعنوية على مستوى 1%، ns: غير معنوي، VP1: تباين عشيرة الأب الأول، VP2: تباين عشيرة الأب الثاني، VF1: تباين عشيرة الجيل الأول.

وأظهرت نتائج اختبار Scaling test I الموضّحة في الجدولين (9، 10) أنّ اثنين على الأقل من المؤشرات (A، B، C، D) كانا عاليي المعنوية لكافة الصفات وفي الهجينين، إذ تدّل القيم المعنوية لأحد المؤشرات الأربعة على مساهمة الفعل الوراثي التفوّقي في وراثة جميع الصفات المدروسة، تقربت هذه النتائج مع ما ذكره كل من (Akhtar and Hazra, 2013; Somraj *et al.*, 2017)، كذلك كان تقدير مؤشر تأثير متوسط الجيل الثاني (m) عالي المعنويّة في كلا الهجينين ولجميع الصفات المدروسة، ويظهر هذا المساهمة العائدة للمتوسطات ككل مضافاً لها تأثيرات المواقع الوراثيّة وكذلك التفاعل بين تلك المواقع ومشيراً إلى أنّ معظم هذه الصفات ذات طبيعة توريث كمية.

تظهر نتائج الدراسة أن الفعل الوراثي السيادي(h) كان له الدور الأكبر في التحكم بصفة إنتاجية النبات الفردي تلاه الفعل الوراثي التفوقي (السيادي× السيادي) l، ثم الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي× تراكمي) i، وكان الفعل الوراثي التراكمي(d) أدناه مساهمةً وذلك في الهجينين، ونظراً لتعاكس اشارتي الفعلين الوراثيين السيادي h والتفاعل الوراثي التفوقي (السيادي× السيادي)l كان التفاعل الوراثي من النمط Duplicative، مشيراً ذلك إلى أنّ الانتخاب لمثل هذه الصفات يجب أن يتم بعد عدّة أجيال، حيث يتم الحصول على

مستويات عالية من المورّثات المستقرّة في الأجيال الانعزالية المتأخرة، توافقت هذه النتيجة مع ما جاء به (Kumar and Srivastava, 2017).

الجدول (9): مكوّنات التباين الوراثي لصفات إنتاجية النبات الفردي، وسماكة غلاف الثمرة، وصلابة الثمار للهجينين.

الصفة	الهجن	Scaling test I				المؤشرات الوراثية						نمط التفاعل
		A	B	C	D	m±SE	d±Se	h±SE	i±SE	j±SE	l±SE	
إنتاجية النبات الفردي	T2 ×T16	ns	*	**	**	3.7** ± 0.1	0.2-* ± 0.1	2.3** ± 0.2	1.2** ± 0.3	0.1- ± 0.1	1.6-** ± 0.4	Dupl
	T8×T16	**	ns	**	**	3.0** ± 0.1	0.7-** ± 0.1	3.5**± 0.3	2.1** ± 0.3	0.2 ± 0.1	2.6-**± 0.5	Dupl
سماكة غلاف الثمرة	T2×T8	ns	ns	**	**	0.82 ± 0.01**	0.03- ± 0.01*	0.31 ± 0.05**	0.18 ± 0.05**	0.003 ± 0.02ns	0.13- ± 0.07 ns	Dupl
	T8×T16	*	ns	**	**	0.77 ± 0.01**	0.08- ± 0.01**	0.44 ± 0.04**	0.26 ± 0.05**	0.03 ± 0.01*	0.30- ± 0.07**	Dupl
صلابة الثمار	T2×T8	ns	ns	**	**	3.88 ± 0.04**	0.09- ± 0.05ns	1.64 ± 0.17**	1.17 ± 0.19**	0.05 ± 0.06 ns	1.36- ± 0.27**	Dupl
	T8×T16	ns	**	**	**	3.15 ± 0.04**	0.46- ± 0.06**	1.82 ± 0.19**	1.13 ± 0.20**	0.28 ± 0.06**	0.32- ± 0.29 ns	Dupl

Duplicate (Dupl): فعل وراثي مزدوج * تشير إلى المعنوية على مستوى 5%، **تشير إلى المعنوية على مستوى 1% (معنوية m: متوسّط الجيل الثاني، d: الفعل الوراثي التراكمي،h: الفعل الوراثي السيادي،i: الفعل الوراثي التفوقي من النوع تراكمي × تراكمي،j: الفعل الوراثي التفوقي من النوع تراكمي × سيادي، l: الفعل الوراثي التفوقي من النوع (سيادي×سيادي. عالية)، ns: غير معنوي.

كما امتلك الفعل الوراثي السيادي(h) التأثير الأكبر في صفة سماكة غلاف الثمرة للهجين T2×T8، تلاه الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي× تراكمي) i، أما في الهجين T8×T16 كان التأثير الأكبر للفعل الوراثي السيادي (h) تلاه الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي× تراكمي) i، وأخيراً الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي × سيادي) (j)، وكان نمط التفاعل الوراثي من النوع المزدوج Duplicative الذي يعيق الانتخاب لصفة سماكة غلاف الثمرة ويؤخره إلى الأجيال الانعزاليّة المتأخرة، توافق ذلك مع ما أشار إليه (Rajan *et al.*, 2018).

فيما خضعت صفة صلابة الثمار في الهجين T2×T8 للفعل الوراثي السيادي h تلاه الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي× تراكمي) i، أما في الهجين T8×T16 فكان الأعلى مساهمةً الفعل الوراثي السيادي h تلاه الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي × تراكمي)i، ثم الفعل الوراثي التفوقي (تراكمي× سيادي) j وكان نمط التفاعل Duplicative، وهذا النوع من الفعل الوراثي يتطلب تنفيذ الانتخاب بعد عدة أجيال، تشابهت هذه النتائج مع ما ذكره (Patel *et al.*,2010).

أما في صفة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فكان للفعل الوراثي السيادي التأثير الأعلى في الهجينين المدروسين، تلاه بقيم متقاربة الفعل الوراثي التفوقي التراكمي× تراكمي. وكان التفاعل الوراثي من النمط المزدوج Duplicative، وأن تحسين هذه الصفة يمر عبر الاستفادة من قوة الهجين والانتخاب بالأجيال الانعزالية المتأخرة. تقاربت هذه النتيجة مع نتائج كل من (Dutta *et al.*, 2013; Shalaby, 2013).

الجدول (10): مكوّنات التباين الوراثي لصفات المواد الصلبة الذائبة % والمادة الجافة %، السكريات الكلية %، والحموضة المعايرة % للهجينين.

الصفة	الهجن	Scaling test I				المؤشرات الوراثية						نمط التفاعل
		A	B	C	D	m±SE	d±Se	h±SE	i±SE	j±SE	l±SE	
المواد الصلبة	T2×T8	**	ns	**	**	4.51 ± 0.04**	0.12- ± 0.06*	1.72 ± 0.19**	1.25 ± 0.20**	0.10 ± 0.06 ns	1.61- ± 0.29**	Dupl
	T8×T2	*	Ns	**	**	4.64 ± 0.05**	0.07- ± 0.06ns	1.56 ± 0.22**	1.05 ± 0.23**	0.08 ± 0.07 ns	1.38- ± 0.33**	Dupl
المادة الجافة	T2×T8	*	*	ns	**	7.39 ± 0.07**	0.17- ± 0.09 ns	1.87 ± 0.30**	1.04 ± 0.32**	0.02 ± 0.09ns	1.68- ± 0.46**	Dupl
	T8×T2	ns	ns	**	**	6.45 ± 0.06**	0.44- ± 0.08**	2.75 ± 0.28**	2.14 ± 0.30**	0.09 ± 0.09 ns	1.95- ± 0.43**	Dupl
السكريات الكلية	T2×T8	**	ns	**	**	2.80 ± 0.04**	0.23- ± 0.05**	2.08 ± 0.17**	1.60 ± 0.18**	0.12 ± 0.05*	1.89- ± 0.25**	Dupl
	T8×T2	*	ns	**	**	2.98 ± 0.03**	0.10- ± 0.04**	1.33 ± 0.13**	1.02 ± 0.14**	0.08 ± 0.04 ns	1.12- ± 0.20**	Dupl
الحموضة المعايرة	T2×T8	**	ns	**	**	0.278 ± 0.003**	0.016 ± 0.004**	0.122 ± 0.015**	0.083 ± 0.016**	0.018 ± 0.005**	0.099- ± 0.023**	Dupl
	T8×T	ns	ns	**	**	0.322 ± 0.003**	0.009- ± 0.004*	0.103 ± 0.014**	0.072 ± 0.014**	0.003 ± 0.004 ns	0.085- ± 0.020**	Dupl

Duplicate (Dupl): فعل وراثي مزدوج * تشير إلى المعنوية على مستوى 5%، **تشير إلى المعنوية على مستوى 1% (معنوية m: متوسّط الجيل الثاني، d: الفعل الوراثي التراكمي،h: الفعل الوراثي السيادي،i: الفعل الوراثي التفوقي من النوع تراكمي × تراكمي،j: الفعل الوراثي التفوقي من النوع تراكمي × سيادي،, l: الفعل الوراثي التفوقي من النوع (سيادي×سيادي. عالية)، ns: غير معنوي.

وكذلك الحال كان للفعل الوراثي السيادي التأثير الأكبر في وارثة صفة نسبة المادة الجافة، تلاه الفعل الوراثي التفوقي التراكمي × تراكمي وذلك في الهجينين المدروسين.

أما في صفة نسبة السكريات الكلية ففي الهجين T2×T8 كان التأثير الأكبر للفعل الوراثي السيادي تلاه الفعل الوراثي التفوقي التراكمي× تراكمي ثم الفعل الوراثي التراكمي × سيادي، وفي الهجين T8×T16 كان الفعل السيادي ذو التأثير الأكبر تلاه الفعل الوراثي التفوقي التراكمي× تراكمي، وكان التفاعل الوراثي من النمط Duplicative، وأن تحسينها يتم الانتخاب بالأجيال الانعزالية المتأخرة.

وفي صفة نسبة الحموضة المعايرة كان للفعل الوراثي السيادي التأثير الأهم في وراثتها في الهجين T2×T8 تلاه الفعل الوراثي التفوقي التراكمي× تراكمي ثم الفعل الوراثي التراكمي × سيادي، كذلك الأمر في الهجين T8×T16 فكان الدور الأول للفعل الوراثي السيادي تلاه الفعل الوراثي التفوقي التراكمي× تراكمي، وكان التفاعل الوراثي في هذا الهجين من النمط المزدوج Duplicative، توافقت هذه النتائج عموماً مع ما ذكره (Kumar and Srivastava, 2017).

الاستنتاجات والمقترحات

1. ظهور السيادة الفائقة لمورثات أحد الأبوين على مورثات الأب الآخر في كلا الهجينين ولمعظم الصفات المدروسة، تجلى ذلك بظهور قوة هجين مرتفعة ترافقت مع تدهور واضح للتربية الذاتية في الجيل الثاني.
2. ارتفاع تأثير المكون الوراثي وتدني تأثير البيئة في وراثة كافة الصفات المدروسة لتقارب تقديري معاملي التباين المظهري والوراثي.
3. ترافقت التقديرات المتوسطة لدرجة التوريث الضيقة مع تقدم وراثي نسبي متوسط أو مرتفع لصفات إنتاجية النبات الفردي في الهجينين، ولصفة سماكة غلاف الثمرة في الهجين T2×T8 وبالتالي يمر تحسينها عبر الانتخاب في الأجيال الانعزالية المتوسطة. بالمقابل اقترنت التقديرات المرتفعة لدرجة التوريث بالمعنى الضيق مع النسبة المئوية المتوسطة والمرتفعة للتقدم الوراثي لصفات سماكة غلاف الثمرة في

الهجين الثاني، وصفات صلابة الثمار، المواد الصلبة الذائبة %، والمادة الجافة%، والسكريات الكلية%، والحموضة المعايرة% في الهجينين المدروسين، وعليه فالانتخاب لهذه الصفات يتم في الأجيال المبكرة.

4. تميز الفعل الوراثي اللاتراكمي (السيادي)، بدوره الأكبر في التحكم بوراثة غالبية الصفات المدروسة تلاه بمساهمة متقاربة الفعل الوراثي التفوقي (التراكمي× تراكمي) و(السيادي × تراكمي)، وعليه فأن تحسين تلك الصفات في البندورة يمكن أن يمر عبر التربية لقوة الهجين والتربية بإعادة التكوين والانتخاب في الأجيال المتأخرة (شهاب، وقنبر، 2012).

المراجع

شهاب، سعود؛ قنبر، عدنان (2012). دليل الوراثة الكمية وتقنيات الإحصاء الحيوي في تربية النبات، دمشق. 354 صفحة.

مرعي، عبد المحسن(2011). دراسة السلوكية الوراثية لبعض الصفات الاقتصادية في سلالات مرباة ذاتياً من قرع الكوسا *Cucurbita pepo* L. أطروحة دكتوراه – جامعة تشرين 212 صفحة.

Agrawal, A; D.N. Arya; R. Ranjan and Z. Ahmed (2014). Heterosis, Combining ability and geneaction for yield and quality traits in tomato *(Solanum lycopersicum* L.*)*. Helix. (2): 511-515.

Akhtar, S and P. Hazra (2013). Nature of gene action for fruit quality characters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). African journal of Biotechnology,12(20), 2869-2875.

Allard, R. W (1960). Principles of plant breeding. New York, John Wiley, PP. 485.

Aralikatti, O; H. S. Kanwar; S. Chatterjee; S. Patil and A. Khanna (2018). Genetic variability, heritability and genetic gain for yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). International Journal of Chemical Studies. 6 (5): 3095-3098.

Basfore, S; S. Sikder; B. Das; K. V. Manjunath and R. Chatterjee (2020). Genetic variability, character associations and path coefficient studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under Terai region of West Bengal. International journal of chemical studies. 8 (2), 569- 573.

Burton, G. W (1951). Quantitative inheritance in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). Agro. J. 43: 409-417.

Causse, M; C. Friguet; C. Coiret; M. L´epicier; B. Navez; M. Lee; N. Holthuysen; F. Sinesio; E. Moneta and S. Grandillo (2010). Consumer preferences for fresh tomato at the european scale: A Common segmentationon taste and firmness. S532, Journal of Food Science. 75(9).

Dar, R. A; J. P. Sharma; A. Nabi and S. Chopra (2012). Germplasm evaluation for yield and fruit quality traits in tomato (*Solanum lycopersicon* L.). African Journal of Agricultural Research. 7(46): 6143-6149.

Dutta, A.K; S. Akhtar; C. Karak and P. Hazra (2013). Gene actions for fruit yield and quality characters of tomato through generation mean analysis. Indian J. Hort. 70(2): 230-237.

Dutta, B and D.R. Mehta (2020). Generation mean analysis in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Estimation of gene actions for fruit yield and its component traits. Journal of pharmcognosy and phytochemistry. 9(4): 314- 316.

Falconer, D. S (1981). Introduction to quantitative genetics. Ed. 2. Longman, London/New York.

Hamisu, H.S; Ado, S. G; Yeye, M. Y; Usman, I. S; Afolayan, S. O; Bala .M. G; Usman. A; Yaduma.J. J; Idris B. A; Gwammaja. M. Y; Muhammad, S. M; Hudu, A. H; Idris, A. U; Giginyu. Y. D and J.I. Aliyu (2016).Genetic Studies of Agronomic and Physiological Traits in Tomato

(*Lycopersicon lycopersicum* Mill.) Under Heat Stress Conditions. American Journal of Experimental Agriculture. 13(6): 1-8.

Hasan, M.M; M.D. Abdullah and M.A.H. AL-Bari, (2016). Genetic variability and traits association analysis of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Genotypes for yield and quality attributes. Universal Journal of Plant Science. 4(3): 23-34.

Hayman, B.I (1958). The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. Heredity. 12: 371-390.

Hayman, B.I and K. Mather (1955). The description of genetic interaction in continuous variation. Biometrics. 11: 69-82.

Johnson, H. W; H.F. Robinson. and R.E. Comstock (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soya bean. Agro. J. 47: 318-324.

Kanneh, S.M; D.D. Quee; P.M. Ngegba and P.D. Musa (2017). Evaluation of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Genotypes for horticultural characteristics on the upland in southern sierra leone. Journal of agricultural science. 9(6): 213- 220.

Kerketta, A; V. Bahadur; R. Srivastava; S. Luthra; A.Yadav and L. Lal (2023). Studies on Heterosis for Fruit Yield, Quality and ToLCV Resistant in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). International Journal of Environment and Climate Change.13(10):1667-1676.

Kouam, E.B; J.R. Dongmo and J.F. Djeugap (2018). Exploring morphological variation in tomato (*Solanum lycopersicum* L), A combined study of disease resistance, genetic divergence and association of characters. Agricultura tropica et subtropica. 51(2):71–82.

Kumar, R and K. Srivastava (2017). Gene effects and heritability for yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Agriways.5(2):104-112.

Kumar, V; R. Nandan; S.K. Sharma; K. Srivastava; R. Kumar and M.K. Singh (2013). Heterosis study for quality attributing traits in different Crosses in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Plant Archives. 13(1): 21-26.

Kumar. L and G.C. Yadav (2023). Estimations of Heritability in a Narrow Sense and Genetic Gain for Diverse Typescripts in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Biological Forum – An International Journal 15(2): 481-484.

Kumari, S and M.K. Sharma (2011). Exploitation of heterosis for yield and its contributing traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). International journal of farm sciences. 1(2): 45-55.

Mather, K (1949). Biometrical genetics dover Publication, Inc. New York. Ltd., London.

Mather, K and J.L. Jinks (1982). Biometrical genetics. 3rd edition. Chapman and Hall, London p. 396.

Mohit; S. Bijendra; P. Satya; K. Vipin; R.S. Sengar; L.K. Gangwar; C. Chetan and S. Jagraj (2023). Estimation of genetic divergence in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Genotypes. Prog. Agric. 23(2): 244-248.

Patel, U.J; K.B. Kathiria; J.S. Patel and I.M. Saiyad (2010). Genetic analysis for fruit yield and its component characters in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). International Journal of PlantSciences.5(2):672-675.

Perez. M.J; I.H. Issa; V.J. Clemente; J.M. García; F. Hernández and B.A. Carbonell (2021). Physicochemical, volatile, and sensory characterization of promising cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars: Fresh market aptitudes of pear and round fruits. Agronomy. 11(4): 618.

Rahaei, J; Y. Hamidoghli and B. Rabiei (2017). Evaluation of gene effects and heritability of quantitative traits in tomato through generation mean analysis. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology. 17(4): 423-438.

Rajan, R; B.C. Ebenezer; C. Kumar; S. Praveen and J.L. Joshi (2018). Generation mean analysis for some quality traits in tomato (*Lycopersicun esculentum* Mill.). Plant Archives.18(2): 2083-2086.

Reddy, B. R; A.K. Singh; A.K. Pal; Y.S. Reddy and G.E. Reddy (2020). Combining ability and heterosis studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for quality traits and yield. International Journal of Chemical Studies. 8(2): 2788-2792.

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.

Sairam. V; N. Raut; A.K. Bhavidoddi; R. Chittapur; V.M. Hiremath and R.S. Jawadagi (2024). Genetic variability studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under protected cultivation. International Journal of Advanced Biochemistry Research.8(1): 242-246.

Shalaby, T.A (2013). Mode of gene action, heterosis and inbreeding depression for yield and its components in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Scientia horticulturae 164. 540–543.

Sherpa, P; T. Seth; V.D. Shende; N. Pandiarana; S. Mukherjee and A Chattopadhyay (2014). Heterosis, dominance estimate and genetic control of yield and post-harvest quality traits of tomato. Journal of applied and natural science. 6(2): 625 – 632.

Singh, N; J. Kaur and G. Singh (2023). Studies on genetic variability in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Under protected conditions. International Journal of Novel Research and Development. 8(6): 795- 801.

Singh, R. K and B.D. Chaudhary (1977). Biometrical method in quantitative genetic analysis. Kamla Nagar, Delhi 110007. India.

Sivasubranian, S and M. Menon (1973). Heterosis and inbreeding depression in rice. Madras Agri. J. 60: 1139-1144.

Smith, H. H (1952). Fixing transgressive vigor in nicotiana rustica heterosis, iowa state college press, Ames, Iowa, U.S.A.

Snedecor, G. W and W.G. Cochran (1981). Statistical methods. 6th (Edit), Iowa Stat. Univ. Press. Ames, Iowa, U.S.A.

Somraj, B; R. Reddy; K.R. Reddy; P. Saidaiah and M.T. Reddy (2017). Generation mean analysis for quality and physiological traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under high temperature conditions. Journal of pharmacognosy and phytochemistry. 6(4): 198-200.

Soresa, D. N; G. Nayagam; N. Bacha and Z. Jaleta (2020). Heterosis in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for yield and Yield component traits. Advances in research. 21(9): 141-152.

Sushma, K; K. Saidaiah; R. Reddy; S. Harikishan and A. Geetha (2020). Studies on genetic variability, heritability and genetic advance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. International journal of chemical studies. 8(6): 2672-2675.

Usman, M; S. Ali; M. Ismaeel; M. Shabir; R.Ullah and H. Raza (2022). Heritability and genetic advance in F5 segregating generation of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR). 21(4): 6-17.

Waiba, K.M; P. Sharma; K.I. Kumar and S. Chauhan (2021). Studies of Genetic Variability of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Hybrids under Protected Environment. International Journal of Bio-resource and Stress Management. 12(4):264-270.

Warner, J. N (1952). A method for estimating heritability. Agro. J. 44: 427-430.

Wynne, J.C; D.A. Enevy and P.W. Rice (1970). Combining ability estimation in Arachis hypogea. Field performance of F1 hybrids. Crop Sci. 1: 713-715.

Study of Genetic Parameters for Yield and some fruit quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Ali Izzo*(1), Hassan Khojah(2), Abdel Mouhsen Murie (3) and Jalal Abboud(1)

(1). Scientific Agricultural Research Center of Tartous, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Syria.
(2). Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.
(3). General commission for scientific Agricultural Research (GCSAR), Syria.
(*Corresponding author: Ali Mohammad Izzo; E-Mail: izzo198899@gmail.com.).

Received:18/01/2024 Accepted:7/03/2024

Abstract

The study was conducted in Al-Jamasah station, Tartous agricultural research center, Syria, during 2019 and 2020 seasons. using Randomized Complete Blocks Design (RCBD) with three replications was used. Generation mean analysis method to estimate the type of gene action using some genetic indices of the six population of two individual hybrids of tomato (T2×T8) and (T8×T16). (Single plant yield, pericarp thickness, firmness, total soluble solids, dry matter, total sugars and titratable acidity), were studied. The results revealed similar values for the phenotypic and genetic variation coefficients in the two hybrids; and high values for the degree of heritability in the broad sense, which reflects the high influence of the genetic component and the low influence of the environment on the phenotypic expression of all the studied traits. On the other hand, it gave moderate values for the degree of heritability in the narrow sense for the traits of Single plant yield and pericarp thickness, which indicates that the additive and non-additive gene actions controlled inheritance of these two traits, and high values for the traits of firmness, total soluble solids %, dry matter %, total sugars %, and titratable acidity. which indicates the importance of additive genetic action in the inheritance of these traits. The analysis of the average generations showed that the additive and dominance gene actions were significant for most of the studied traits, with superiority of the dominance gene action values. Epistasis gene action from the additive × additive and dominance × dominance types contributed in the inheritance of most of the studies traits. The contrast between the two signs of the dominance and the epistasis gene actions from the type (dominance × dominance) in most of the traits indicated that it was from the duplicate type in majority of the studied traits and consequently selection could be conducted in later selection.

Key words: Genetic advance, Gene action, Heritability, Tomato, Potence ratio, Yield.