

تقييم قوة الهجين لصفة الإنتاجية وبعض الصفات المرتبطة بها في البندورة (*Solanum lycopersicum* L.) المحمية

علي عزو*¹ وعبد المحسن مرعي² وعلي حمدان² وفاء زاهدة¹



¹ مركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس، طرطوس، سورية.

² الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(* للمراسلة: د. علي عزو، البريد الإلكتروني: izzo198899@gmail.com هاتف: 0966275436).

تاريخ القبول: 2025 / 05 / 8

تاريخ الاستلام: 2025 / 02 / 17

الملخص

نُفذ البحث في محطة بحوث الجماسة، التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس - سورية، خلال الموسمين الزراعيين (2021-2022)؛ بهدف تقدير قوة الهجين النسبية والفائقة والقياسية لصفة الإنتاجية وبعض الصفات الأخرى، وذلك في ثماني وعشرين هجيناً فردياً من البندورة، تم الحصول عليها بطريقة التهجين نصف التبادلي لثمانية سلالات من البندورة، وتم تقييم السلالات الأبوية والهجين والهجين الاختباري بتجربة صممت باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات. أظهرت النتائج أن أغلب الهجن قد تميّزت بقوة هجين معنوية مرغوبة قياساً لمتوسط وأفضلهما، وقياساً للهجين القياسي لكافة الصفات المدروسة، إذ وصلت قوة الهجين إلى (39.39، 39.39، 33.33)% لصفة إنتاجية النبات، و(57.15، 39.89، 75.04) % لعدد الأزهار في العنقود، و (88.64، 62.75، 93.02) % لعدد الثمار في العنقود، و(6.62، -، 13.47) % لارتفاع الثمرة، و(28.00، 25.00، 43.33) % لعدد الحجيرات في الثمرة، و(16.13، -، -) % لسماكة غلاف الثمرة، و(27.13، 25.76، 15.70) % لصلابة الثمار قياساً بمتوسط الأبوين وأفضلهما والهجين القياسي على الترتيب. وبناءً على نتائج الدراسة يمكن اعتبار الهجن (Na10×Na25 - Na12×Na24 - Na6×Na25) هجيناً واعدةً لصفات الإنتاجية وجودة الثمار لمتابعة العمل عليها.

الكلمات المفتاحية: البندورة ، قوة الهجين ، الإنتاجية.

المقدمة

تعدّ البندورة (*Solanum lycopersicom* L.) من أهم محاصيل الخضار عالمياً؛ لقدرتها العالية على التأقلم والتكيف مع البيئات المختلفة وإنتاجيتها العالية واستخداماتها المنزلية المتعددة (Shalini et al., 2023)؛ وينصح باستخدامها كأغذية واقية (Protective Food)؛ نظراً لغناها بالأملاح المعدنية والفيتامينات والأحماض العضوية ومضادات الأكسدة، والتي تشكل المكونات الأساسية لاتباع نظام غذائي صحي ومتوازن (Vekariya et al., 2019)؛ وقد تركز الهدف الرئيس لبرامج تربية البندورة - حتى وقت قريب - على تحسين الإنتاجية والتكيف مع الظروف البيئية والتحمل للأمراض وغير ذلك، ونظراً لتطور الوعي الاستهلاكي في الوقت الحاضر فقد أصبحت مقاييس الجودة للثمار تملك أهمية خاصة (Causse et al., 2010). وتعد الاستفادة من قوة الهجين من أهم الطرق المتبعة لتحسين إنتاجية ونوعية البندورة (Mishra et al., 2020)؛ وقد ازداد الاهتمام بإنتاج هجن البندورة كونها

تتفوق على الأصناف بالتبكير والإنتاج وجودة الثمار وغيرها من الصفات (Khalil and Mahmoud, 2019). خاصة وإن البندورة من المحاصيل التي يمكن استغلال ظاهرة قوة الهجين فيها، نظراً لسهولة تهجينها ونموها في ظروف مناخية متعددة واحتواء ثمارها على عدد كبير من البذور (Mishra et al., 2020). سجل Aeer وآخرون (2023) في دراستهم لـ 18 سلالة أبوية وهجنها لـ 56 قوة هجين لصفة وزن الثمرة (111.60، 35.59) %، ولعدد الحبيبات في الثمرة (-39.32، -46.09) %، ولسماكة غلاف الثمرة (47.33، 53.37) %، ولإنتاجية النبات (54.44، 17.76) % قياساً بالأب الأفضل والهجين القياسي على التوالي. كما ذكر Kumar وآخرون (2023) في دراستهم لـ 45 هجين نصف تبادلي نتجت عن تهجين 10 سلالات، وجود قوة هجين لصفة قطر الثمرة (46.07، 41.20، 35.57) %، ولصفة ارتفاع الثمرة (63.23، 49.20، 5.98) %، ولصفة وزن الثمرة (66.89، 59.26، 26.72) %، ولصفة عدد الثمار في العنقود (54.55، 54.55، 80.02) % وإنتاجية النبات (146.41، 123.71، 99.13) % قياساً لمتوسط الأبوين والأب الأفضل والهجين القياسي على الترتيب؛ وأظهرت الهجن التي درسها Shalini وآخرون (2023) الذين شملت دراستهم 54 هجيناً قوة هجين معنوية مرغوبة وصلت إلى (33.50، 30.61) % لصفة عد الأزهار في العنقود، و(71.82، 53.93) % لصفة عدد الثمار في العنقود، و(64.84، 38.44) % لصفة وزن الثمرة، و(104.99، 86.23) لصفة إنتاجية النبات الفردي؛ وأشار Nayana وآخرون (2024) في بحثهم الذي شمل 20 هجيناً تبادلياً لوجود قوة هجين مرغوبة معنوية وصلت إلى (87.41، 58.19) % لصفة إنتاجية النبات الفردي، و(15.59، 10.49) % لصفة ارتفاع الثمرة، و(22.35، 19.38) % لصفة قطر الثمرة، و(55.37، 13.82) % لصفة وزن الثمرة قياساً بمتوسط الأبوين وأفضلهما على الترتيب. مما سبق وانطلاقاً من الأهمية الاقتصادية والغذائية لمحصول البندورة فقد هدف البحث لتقدير قوة الهجين قياساً بمتوسط الأبوين والأب الأفضل والهجين القياسي، لتحديد الهجن المميزة لإدخالها في برامج تحسين البندورة المحمية مستقبلاً واعتماد المتفوق منها.

مواد وطرائق البحث

المادة النباتية: استخدم في الدراسة ثمان سلالات محلية من البندورة متباينة في بعض صفات نموها، وثمارها، وخصائصها النوعية، كما موضح في الجدول (1)، إضافة إلى هجين تجاري (لينا).

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

اسم السلالة	مصدر السلالة	طبيعة النمو	لون الثمرة	شكل الثمرة
Na6	محلي	غير محدود النمو	أحمر غامق	كروي مضغوط
Na8	محلي	غير محدود النمو	أحمر غامق	كروي
Na10	محلي	غير محدود النمو	أحمر غامق	كروي مضغوط
Na11	محلي	غير محدود النمو	أحمر غامق	كروي مع نهاية مدببة قليلاً
Na12	محلي	غير محدود النمو	أحمر غامق	كروي
Na21	محلي	غير محدود النمو	أحمر	كروي مع نهاية مدببة قليلاً
Na24	محلي	غير محدود النمو	أحمر غامق	كروي مع نهاية مدببة
Na25	محلي	غير محدود النمو	أحمر	كروي

مكان تنفيذ البحث: نُفذَ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس - محطة بحوث الجماسة.

طريقة العمل: تم التهجين نصف التبادلي بين السلالات والحصول على ثمانية وعشرين هجيناً خلال الموسم الزراعي 2021، وقد زرعت الهجن وأبائها بالإضافة إلى شاهد هجين تجاري (لينا) في الموسم الزراعي 2022 في بيت بلاستيكي مجهز بكافة الأدوات اللازمة للزراعة، ضمن قطع تجريبية مخططة، بحيث كان التباعد بين الخطوط 90 سم، وبين النباتات على الخط 40 سم. قُدِّمت جميع عمليات الخدمة الزراعية قبل وبعد الزراعة وفقاً لما هو متبع في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في خدمة محصول البندورة المحمية، بحيث تمت تربية النباتات على ساق واحدة.

القراءات والقياسات: سُجّلت القراءات لثمانية نباتات محاطة من كل قطعة تجريبية لصفات:

- إنتاجية النبات كغ/نبات.
- عدد الأزهار في العنقود زهرة/عنقود.
- عدد الثمار في العنقود ثمرة/عنقود.
- وزن الثمرة غ.
- ارتفاع الثمرة سم.
- قطر الثمرة سم.
- عدد الحجيرات في الثمرة حجيرة/ثمرة.
- سماكة غلاف الثمرة باستخدام جهاز البياكوليس سم.
- صلابة الثمار باستخدام جهاز قياس الصلابة البينيتروميتر كغ/سم².

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي: صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) وبثلاثة مكررات. جُمعت البيانات لجميع القراءات المدروسة، وبويت باستخدام برنامج Excel، ثم أُجري التحليل الإحصائي للتباين العام باستخدام برنامج Genstat 12. وقُدّرت قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين وأفضلهما باستخدام برنامج Excel وفق معادلات (Kahana و Singh، 1975):

○ قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين:

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

H_{MP} : قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين

$\overline{F_1}$: متوسط الجيل الأول

\overline{MP} : متوسط الأبوين، والذي يحسب من المعادلة $\frac{P_1+P_2}{2}$

○ قوّة الهجين قياساً للأب الأفضل:

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

H_{BP} : قوّة الهجين قياساً للأب الأفضل.

$\overline{F_1}$: متوسط الجيل الأول.

\overline{BP} : متوسط الأب الأفضل.

وقدّرت معنوية قوّة الهجين قياساً لمتوسط الأبوين وأفضلهما باستخدام اختبار t-test وفق (Wynne وزملاؤه، 1970).

النتائج والمناقشة

متوسطات السلالات الأبوية والهجن الناتجة:

• صفات الإنتاجية، وعدد الأزهار والثمار في العنقود، ووزن الثمرة:

أظهرت النتائج تبايناً عالي المعنوية في السلالات الأبوية؛ مما يدلّ على تباينها الوراثي. توافق ذلك مع ما ذكره (Shalini et al., 2023; Kumar et al., 2023). لقد تراوحت إنتاجية السلالات بين (3.60) كغ/نبات في السلالة Na11 و(2.60) كغ/نبات في السلالة Na24 حيث تفوقت السلالات المدروسة جميعها على السلالة الأخيرة؛ في حين تراوحت إنتاجية الهجن بين (4.60) كغ/نبات في الهجينين (Na6×Na11، Na10×Na25) و(3.20) كغ/نبات في الهجين (Na6×Na24)؛ بالمقابل بلغت إنتاجية

الشاهد التجاري (3.45) كغ/نبات. وتراوح عدد الأزهار في العنقود بين (7.42 و 4.90) زهرة/عنقود كان أعلاها في السلالة Na10؛ ولم يظهر تباين معنوي بين السلالات Na6 و Na8 و Na10 في هذه الصفة التي تفوقت معنوياً على باقي السلالات الأبوية المدروسة. وكان أكثر عدد لأزهار الهجن (10.38) زهرة/عنقود في الهجين (Na10×Na12)، وأقلها في الهجين (Na11×Na21) (5.04) زهرة/عنقود؛ بالمقابل بلغ عدد الأزهار في الشاهد التجاري (5.93) زهرة/عنقود (الجدول، 2).

الجدول (2): متوسطات السلالات الأبوية وهجنها لصفات الإنتاجية، وعدد الأزهار والثمار في العنقود، ووزن الثمرة.

اسم المدخل	الإنتاجية كغ/النبات	عدد الأزهار/العنقود	عدد الثمار/العنقود	وزن الثمرة /غ
Na6	3.30 fg	7.42 fgh	5.1 cde	163.3 abc
Na8	3.40 efg	7.42 fgh	4.8 cde	156.7 abcd
Na10	3.30 fg	7.42 fgh	4.8 cde	163.3 abc
Na11	3.60 defg	5.79 ijkl	3.7 e	170 abc
Na12	3.50 efg	5.79 ijkl	4.3 de	150 bcd
Na21	3.30 fg	4.90 l	3.5 e	160 abcd
Na24	2.60 h	5.34 kl	3.7 e	143.3 cd
Na25	3.30 fg	5.49 jkl	3.5 e	166.7 abc
Na6×Na8	3.50 efg	9.20 abcde	6.7 abc	150 bcd
Na6×Na10	3.80 cdefg	10.09 ab	6.7 abc	190 ab
Na6×Na11	4.60 a	10.09 abc	8.3 a	150 bcd
Na6×Na12	3.80 cdefg	7.42 fgh	5.3 cde	120 d
Na6×Na21	3.90 bcdef	8.01 efg	5.9 bcd	170 abc
Na6×Na24	3.20 g	6.53 hijk	5.1 cde	160 abcd
Na6×Na25	4.50 ab	6.68 hij	5.3 cde	160 abcd
Na8×Na10	3.70 cdefg	8.9 bde	6.1 bcd	143.3 cd
Na8×Na11	3.70 cdefg	9.94 abcd	6.9 abc	130 cd
Na8×Na12	4.00 abcde	8.158 efg	6.7 abc	140 cd
Na8×Na21	3.80 cdefg	7.42 fgh	5.9 bcd	146.7 cd
Na8×Na24	3.90 bcdef	6.97 ghi	6 bcd	160 abcd
Na8×Na25	4.50 ab	7.42 fgh	6 bcd	143.3 cd
Na10×Na11	4.50 ab	10.09 ab	7.7 ab	146.7 cd
Na10×Na12	3.80 cdefg	10.38 a	7.7 ab	160 cd
Na10×Na21	3.80 cdefg	7.43 fgh	5.9 bcd	163.3 abc
Na10×Na24	4.00 abcde	7.43 fgh	6.2 bcd	130 cd
Na10×Na25	4.60 a	7.43 fgh	6.1 bcd	160 abcd
Na11×Na12	4.30 abc	6.53 hijk	5.3 cde	143.3 cd
Na11×Na21	3.90 bcdef	5.04 l	3.5 e	153.3 abcd
Na11×Na24	3.60 defg	6.53 hijk	5 cde	146.7 cd
Na11×Na25	4.20 abcd	5.64 jkl	4.4 de	150 bcd
Na12×Na21	4.20 abcd	5.64 jkl	4.3 de	193.3 a
Na12×Na24	4.20 abcd	8.31 ef	6.4 abcd	146.7 cd
Na12×Na25	4.30 abc	6.53 hijk	5.1 cde	146.7 cd
Na21×Na24	3.90 bcdef	7.42 fgh	5.9 bcd	153 abcd
Na21×Na25	4.00 abcde	6.53 hijk	5.1 cde	166.7 abc
Na24×Na25	3.80 cdefg	6.08 ijkl	4.5 de	130 cd
Check	3.45 efg	5.93 ijkl	4.3 de	170 abc
CV %	8.9	9.1	20.0	13.5

تراوح عدد الثمار في السلالات بين (5.10) ثمرة في السلالة Na6 و(3.50) ثمرة في السلالة Na25؛ ولم تظهر فروق معنوية بين السلالات الأبوية؛ أما في الهجن فكان العدد الأكبر للثمار في عنقود الهجين (Na6×Na11) (8.30) ثمرة، وأقله في الهجين (Na11×Na21) (3.50) ثمرة. وكان العدد في عنقود الشاهد التجاري (4.30) ثمرة؛ توافقت هذه النتائج مع ما جاء به (Damor et al., 2021; Kathimba et al., 2022). كما وتراوح وزن الثمرة في السلالات بين (170.0، 143.3) غ كان أعلاها في السلالة Na11؛ ولم تبدي السلالات المدروسة فرقا معنوياً فيما بينها؛ في حين بلغ أعلى وزن للثمرة للهجن في ثمار الهجين (Na12×Na21) (193.3) غ وأقله في الهجين (Na6×Na12) (120.0) غ؛ ووصل وزن ثمار الشاهد إلى (170.0) غ؛ توافقت هذه النتائج مع معطيات (Sah et al., 2020).

• ارتفاع الثمرة وقطرها، وعدد الحجيرات في الثمرة وسماكة غلافها وصلابتها:

تباينت السلالات في صفة ارتفاع الثمرة فسجلت أعلى قيمة في السلالة Na25 (6.23) سم، وأقلها في السلالة Na8 (4.67) سم؛ وتوقفت السلالة Na25 على جميع السلالات الأبوية؛ ولم يظهر فرق معنوي بين السلالات Na6، Na11، Na12، Na24 فيما بينها؛ وتوقفت على باقي السلالات؛ أما في الهجن المدروسة فكان أعلى ارتفاع للثمرة في الهجين (Na10×Na25) (6.15) سم، وأقلها في الهجين (Na8×Na21) (4.60) سم، بالمقابل سجلت ثمار الشاهد التجاري ارتفاع (5.42) سم، توافقت هذه النتائج مع أعمال (Soresa et al., 2020; Singh et al., 2024)، وفي صفة قطر الثمرة فتراوحت القيمة في السلالات بين (7.40 – 6.57) سم كانت أعلاها في السلالة Na6 متفوقة معنوياً على جميع السلالات؛ في حين لم يظهر فرق معنوي بين باقي السلالات؛ وبين (7.41) سم في الهجين (Na12×Na21) و(6.20) سم في الهجين (Na6×Na12)؛ في حين سجل الشاهد التجاري (7.13) سم؛ وفي صفة عدد الحجيرات في الثمرة سجلت السلالات قيماً بين (4.08 – 2.86) حجيرة أعلاها في السلالة Na10؛ إذ تفوقت السلالتين Na6 و Na10 على باقي الآباء، ولم يظهر فرق معنوي بين السلالات (Na11، Na12، Na21، Na24، Na25)؛ بالمقابل سجلت الهجن قيماً بين (4.30 – 2.27) حجيرة كانت أعلاها في الهجين (Na8×Na10)؛ توافقت هذه النتائج مع أعمال الباحثين (Farzane et al., 2012; Solieman et al., 2013; Damor et al., 2021). كما تباينت السلالات في صفة سماكة غلاف الثمرة فكانت ثمار السلالة Na24 الأعلى سماكة لغلافها (0.85) سم؛ ولم تبد الآباء فرقا معنوياً بينها لهذه الصفة. وقد سجلت ثمار الهجن (Na8×Na21، Na8×Na24، Na11×Na12، Na21×Na25) أعلى قيمة لهذه الصفة (0.90) سم دون أن تتفوق معنوياً على أفضل الآباء؛ في حين سجلت ثمار الهجين Na6×Na12 أقل سماكة (0.65) سم، وبالمقابل بلغت قيمة هذه الصفة في الشاهد التجاري (0.80) سم؛ اتفقت هذه النتائج مع ما جاء به (Sherpa et al., 2014; Kumar et al., 2016). تملك الصلابة دوراً هاماً في تحديد جودة الثمار؛ إذ تحدد نضج الثمار ومدى قابليتها لتحمل الشحن والنقل والتصنيع، تراوحت صلابة ثمار السلالات بين (3.9) كغ/سم² في السلالة Na6 و(3.15) كغ/سم² في السلالة Na24؛ وتوقفت السلالة Na6 معنوياً على جميع السلالات المدروسة باستثناء السلالة Na11؛ ولم تظهر باقي السلالات فرقا معنوياً بينها؛ وتباينت صلابة ثمار الهجن بين (4.2) كغ/سم² في الهجين (Na6×Na11، Na6×Na25)، و(3.20) كغ/سم² في الهجين (Na21×Na25)؛ في حين سجلت صلابة ثمار الشاهد التجاري (3.63) كغ/سم²؛ (الجدول، 3)؛ توافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Patwary et al., 2013; Solieman et al., 2013).

الجدول (3): متوسطات السلالات الأبوية وهجنها لصفات ارتفاع الثمرة وقطرها، وعدد الحجيرات/ حبيرة وسماكة الغلاف سم وصلابة الثمار كغ/سم².

اسم المدخل	ارتفاع الثمرة سم	قطر الثمرة سم	عدد الحجيرات/ حبيرة	سماكة الغلاف سم	صلابة الثمار كغ/سم ²
Na6	4.99 hijk	7.46 a	3.85 bcd	0.80 abc	3.90 abcd
Na8	4.67 jk	6.98 abcd	3.56 def	0.70 cd	3.20 gh
Na10	5.32 fghi	6.97 abcd	4.08 ab	0.80 abc	3.30 fgh
Na11	5.69 cdef	6.80 abcde	3.20 fghij	0.80 abc	3.60 defg
Na12	5.45 defg	7.07 abcd	2.86 ij	0.80 abc	3.40 efgh
Na21	5.43 efgh	7.07 abcd	3.05 ghij	0.85 ab	3.15 h
Na24	5.73 bcdef	6.57 de	2.92 hij	0.85 ab	3.15 h
Na25	6.23 a	7.03 abcd	2.94 hij	0.85 ab	3.30 fgh
Na6×Na8	5.02 ghij	7.23 abcd	4.16 ab	0.85 ab	3.97 abcd
Na6×Na10	5.41 efgh	7.37 abc	4.16 ab	0.75 bcd	4.07 abcd
Na6×Na11	5.67 cdef	7.17 abcd	3.90 abcd	0.80 abc	4.20 a
Na6×Na12	5.21 ghi	6.20 e	3.20 fghij	0.65 d	4.00 abcd
Na6×Na21	4.68 jk	7.20 abcd	4.13 ab	0.70 cd	4.00 abcd
Na6×Na24	5.10 ghi	7.07 abcd	3.66 cde	0.80 abc	4.00 abcd
Na6×Na25	5.71 bcdef	7.22 abcd	3.13 ghij	0.85 ab	4.20 a
Na8×Na10	5.21 ghi	7.07 abcd	4.30 a	0.80 abc	3.90 abcd
Na8×Na11	5.24 ghi	6.67 cde	3.63 cde	0.70 cd	3.75 abcde
Na8×Na12	5.22 ghi	6.67 cde	4.07 ab	0.80 abc	3.85 abcd
Na8×Na21	4.60 k	7.07 abcd	3.89 abcd	0.90 a	3.95 abcd
Na8×Na24	4.90 ijk	6.73 bcde	3.27 efghi	0.90 a	3.85 abcd
Na8×Na25	5.38 efgh	6.83 abcde	3.30 efgh	0.85 ab	3.90 abcd
Na10×Na11	5.20 ghi	6.81 abcde	3.80 bcd	0.80 abc	3.90 abcd
Na10×Na12	5.17 ghi	6.73 bcde	3.98 abc	0.75 bcd	3.80 abcde
Na10×Na21	5.17 ghi	6.80 abcde	3.33 efgh	0.75 bcd	4.00 abcd
Na10×Na24	5.74 bcdef	6.60 de	3.00 ghij	0.80 abc	4.10 abc
Na10×Na25	6.15 ab	7.07 abcd	3.00 ghij	0.80 abc	4.15 ab
Na11×Na12	5.86 abcd	6.82 abcde	3.63 cde	0.90 a	4.00 abcd
Na11×Na21	5.10 ghi	7.34 abc	4.00 abc	0.85 ab	4.00 abcd
Na11×Na24	5.40 efgh	6.83 abcde	3.62 cde	0.85 ab	3.80 abcde
Na11×Na25	5.97 abc	6.68 cde	2.27 k	0.80 abc	4.00 abcd
Na12×Na21	5.80 bcde	7.41 ab	2.79 j	0.90 a	3.90 abcd
Na12×Na24	5.76 bcdef	7.00 abcd	2.93 hij	0.75 bcd	3.70 bcdef
Na12×Na25	5.89 abc	6.83 abcde	3.37 efg	0.75 bcd	3.70 bcdef
Na21×Na24	5.72 bcdef	6.97 abcd	3.01 ghij	0.85 ab	3.40 efgh
Na21×Na25	6.02 abc	7.13 abcd	2.87 ij	0.90 a	3.20 gh
Na24×Na25	6.00 abc	6.67 cde	2.40 k	0.80 abc	3.60 defg
Check	5.42 efgh	7.13 abcd	3.00 ghij	0.80 abc	3.63 cdefg
CV%	4.1	5	6.3	7.8	6.1

مما سبق يمكن ملاحظة تفوق عدد كبير من الهجن المدروسة على الشاهد التجاري في معظم الصفات المدروسة من أبرزها الهجن (Na6×Na11)، و (Na25×Na10)، و (Na25×Na6)، و (Na25×Na8)، و (Na11×Na10) لصفات الإنتاجية ومكوناتها وجودة الثمار؛ والتي يمكن متابعة العمل عليها في المراحل اللاحقة لبرنامج التربية؛ (الجدول، 4).

الجدول (4): مواصفات ثمار الهجن المدروسة.

شكل الثمرة	لون الثمرة	المدخل
كروي مضغوط	أحمر غامق	Na6×Na8
كروي مضغوط قليلاً	أحمر	Na10× Na6
كروي	أحمر غامق	Na6×Na11
كروي	أحمر غامق	Na6×Na12
كروي	أحمر غامق	Na6×Na21
كروي	أحمر غامق جميل	Na6×Na24
كروي	أحمر غامق جميل	Na6×Na25
كروي	أحمر غامق	Na8×Na10
كروي	أحمر غامق	Na8×Na11
كروي	أحمر غامق	Na8×Na12
كروي	أحمر غامق	Na8×Na21
كروي	أحمر غامق	Na8×Na24
كروي	أحمر	Na8×Na25
كروي	أحمر غامق	Na11 Na10×
كروي	أحمر غامق	Na10×Na12
كروي	أحمر غامق جميل	Na10×Na21
كروي	أحمر	Na10×Na24
كروي	أحمر	Na10×Na25
كروي مع نهاية مدببة	أحمر غامق جميل جدا	Na11×Na12
كروي مع نهاية مدببة	أحمر غامق	Na11×Na21
كروي مع نهاية مدببة قليلاً	أحمر غامق	Na11×Na24
كروي	أحمر غامق جميل	Na11×Na25
كروي	أحمر غامق	Na12×Na21
كروي	أحمر غامق جميل	Na12×Na24
كروي	أحمر غامق جميل	Na12×Na25
كروي	أحمر غامق	Na24 Na21×
كروي	أحمر غامق	Na21×Na25
كروي مع نهاية مدببة	أحمر غامق جميل	Na24×Na25
كروي	أحمر	Check

قوة الهجين

- صفات الإنتاجية، وعدد الأزهار والثمار في العنقود:

أظهر العديد من الهجن قوة هجين مرغوبة في مختلف الصفات المدروسة قياساً بمتوسط الأبوين وأفضلهما ومقارنة مع الهجين القياسي؛ ففي صفة إنتاجية النبات أبدى /20/ هجيناً قوة هجين معنوية موجبة مرغوبة أبرزها الهجن - (Na10×Na25) (Na6×Na25) - Na12×Na24 قياساً بمتوسط الأبوين، و/14/ هجين قياساً بالأب الأفضل أبرزها - (Na10×Na25) (Na8×Na25) - Na6×Na25. بالمقابل فقد تفوقت /10/ هجن بمعنوية عالية على الشاهد أبرزها - (Na10×Na25) (Na6×Na11).

الجدول (5): قيم النسبة المئوية لقوة الهجين قياساً بمتوسط الأبوين (H_{MP}) وأفضلهما (H_{BP}) والهجين القياسي (H_{CV}) لكل من صفات إنتاجية النبات، وعدد الأزهار والعنقود.

عدد الثمار في العنقود			عدد الأزهار في العنقود			إنتاجية النبات			الهجين	
$H\% CV$	$H\% BP$	$H\% MP$	$H\% CV$	$H\% BP$	$H\% MP$	$H\% CV$	$H\% BP$	$H\% MP$		
**55.81	31.37	*35.35	**55.14	**23.99	**23.99	1.45	2.94	4.48	Na6×Na8	1
**55.81	31.37	*35.35	**70.15	**35.98	**35.98	10.14	15.15	*15.15	Na6×Na10	2
**93.02	**62.75	**88.64	**70.15	**35.98	**52.76	**33.33	**27.78	**33.33	Na6×Na11	3
23.26	3.92	12.77	**25.13	0.00	12.34	10.14	8.57	11.76	Na6×Na12	4
37.21	15.69	*37.21	**35.08	7.95	**30.03	13.04	*18.18	*18.18	Na6×Na21	5
18.60	0.00	15.91	10.12	-11.99	2.35	-7.25	-3.03	8.47	Na6×Na24	6
23.26	3.92	23.26	12.65	-9.97	3.49	**30.43	**36.36	**36.36	Na6×Na25	7
41.86	27.08	27.08	**50.08	**19.95	**19.95	7.25	8.82	10.45	Na8×Na10	8
**60.47	*43.75	**62.35	**67.62	**33.96	**50.49	7.25	2.78	5.71	Na8×Na11	9
**55.81	*39.58	**47.25	**37.57	9.95	**23.51	15.94	14.29	*15.94	Na8×Na12	10
37.21	22.92	*42.17	**25.13	0.00	**20.45	10.14	11.77	13.43	Na8×Na21	11
39.53	25.00	*41.18	17.54	-6.06	9.25	13.04	14.71	**30.00	Na8×Na24	12
39.53	25.00	*44.58	**25.13	0.00	*14.95	**30.43	**32.35	**34.33	Na8×Na25	13
**79.07	**60.42	**81.18	**70.15	**35.98	**52.76	**30.43	**25.00	**30.43	Na10×Na11	14
**79.07	**60.42	**69.23	**75.04	**39.89	**57.15	10.14	8.57	11.76	Na10×Na12	15
37.28	22.98	*42.24	**25.30	0.13	**20.62	10.14	15.15	*15.15	Na10×Na21	16
*44.19	29.17	*45.88	**25.30	0.13	**16.46	15.94	*21.21	**35.59	Na10×Na24	17
*41.86	27.08	*46.99	**25.30	0.13	*15.10	**33.33	**39.39	**39.39	Na10×Na25	18
23.26	23.26	32.50	10.12	12.78	12.78	**24.64	*19.44	**21.13	Na11×Na12	19
-18.60	-5.41	-2.78	-15.01	-12.95	-5.71	13.04	8.33	13.04	Na11×Na21	20
16.28	35.14	35.14	10.12	12.78	*17.34	4.35	0.00	*16.13	Na11×Na24	21
2.33	18.92	22.22	-4.89	-2.59	0.00	**21.74	*16.67	**21.74	Na11×Na25	22
0.07	0.07	10.33	-4.89	-2.59	5.52	**21.74	*20.00	**23.53	Na12×Na21	23
*48.84	*48.84	**60.00	**40.13	**43.52	**49.33	**21.74	*20.00	**37.70	Na12×Na24	24
18.60	18.60	30.77	10.12	12.78	15.78	**24.64	**22.86	**26.47	Na12×Na25	25
37.21	*59.46	**63.89	**25.13	**38.95	**44.92	13.04	*18.18	**32.20	Na21×Na24	26
18.60	45.71	*45.71	10.12	18.94	**25.70	15.94	*21.21	**21.21	Na21×Na25	27
4.65	21.62	25.00	2.53	10.75	12.28	10.14	15.15	**28.81	Na24×Na25	28

لقد أبدى في صفة عدد الأزهار في العنقود /18/ هجيناً قوياً مرغوباً أبرزها الهجن (Na10×Na12- Na6×Na11) والأفضل؛ و/17/ هجيناً أبرزها (Na6×Na10- Na6×Na11- Na10×Na11) قياساً بالشاهد. كما أبدى في صفة عدد الثمار في العنقود /17/ هجيناً قوياً مرغوباً قياساً بمتوسط الأبوين، و/7/ هجن قياساً بالأب الأفضل، و/10/ هجن قياساً بالشاهد كان أبرز تلك الهجن (Na6×Na11- Na10×Na11- Na10×Na12)؛ (الجدول، 5).

• صفات وزن الثمرة ارتفاعها وقطرها:

في صفة وزن الثمرة أظهرت عدة هجن قوة هجين معنوية لكنها باتجاه خفض وزن الثمرة أبرزها الهجينين (Na6×Na12, Na8×Na11)، بالمقابل لم يظهر أي هجين قوة هجين معنوية موجبة قياساً بمتوسط الأبوين، والأب الأفضل، والشاهد. أما في صفة ارتفاع الثمرة فقد أظهر ثلاثة هجن قوة هجين معنوية مرغوبة قياساً بمتوسط الأبوين كان في مقدمتها (Na12×Na21, Na10×Na25- Na6×Na11)؛ و/5 هجن قياساً بالهجين القياسي أبرزها (Na10×Na25- Na21×Na25- Na11×Na25)؛ بالمقابل لم يظهر أي هجين قوة هجين معنوية مرغوبة قياساً بالأب الأفضل. أما في صفة قطر الثمرة فلم يظهر أي هجين قوة هجين معنوية مرغوبة قياساً بمتوسط الأبوين والأب الأفضل والشاهد القياسي، بل قل قطر ثمار الهجين (Na6×Na12)؛ فسجل قوة هجين معنوية سلبية (-13.0، -16.9، -14.7) % على التوالي (الجدول، 6).

الجدول (6): قيم النسبة المئوية لقوة الهجين قياساً بمتوسط الأبوين (H_{MP}) وأفضلهما (H_{BP}) والهجين القياسي (H_{CV}) لكل من صفات وزن الثمرة، وارتفاعها، وقطرها.

قطر الثمرة			ارتفاع الثمرة			وزن الثمرة			الهجين	
H% CV	H% BP	H% MP	H% CV	H% BP	H% MP	H% CV	H% BP	H% MP		
1.40	-3.08	0.14	*-7.38	0.60	3.93	-11.76	-8.14	-6.25	Na6×Na8	1
3.37	-1.21	2.15	-0.18	1.69	4.95	11.76	16.35	16.35	Na6×Na10	2
0.56	-3.89	0.56	4.61	-0.35	*6.18	-11.76	-11.76	-9.99	Na6×Na11	3
** -13.0	** -16.9	** -14.7	-3.9	-4.40	-0.19	*-29.41	*-26.52	*-23.40	Na6×Na12	4
0.98	-3.49	-0.89	** -13.7	** -13.8	** -10.2	0.00	4.10	5.17	Na6×Na21	5
-0.84	-5.23	0.78	-5.90	** -11.0	-4.85	-5.88	-2.02	4.37	Na6×Na24	6
1.26	-3.22	-0.35	5.35	** -8.35	1.78	-5.88	-4.02	-3.03	Na6×Na25	7
-0.84	1.29	1.36	-3.87	-2.07	4.30	-15.71	-12.25	-10.44	Na8×Na10	8
-6.45	-4.44	-3.19	-3.32	*-7.91	1.16	*-23.53	*-23.53	*-20.42	Na8×Na11	9
-6.45	-5.66	-5.05	-3.69	-4.22	3.16	-17.65	-10.66	-8.71	Na8×Na12	10
-0.84	0.00	0.64	** -15.1	** -15.6	** -8.91	-13.71	-8.31	-7.36	Na8×Na21	11
-5.61	2.44	-0.66	** -9.59	** -14.5	-5.77	-5.88	2.11	6.67	Na8×Na24	12
-4.21	-2.84	-2.50	-0.74	** -13.6	-1.28	-15.71	-14.04	-11.38	Na8×Na25	13
-4.49	-2.30	-1.09	-4.06	** -8.61	-5.54	-13.71	-13.71	-11.97	Na10×Na11	14
-5.61	-4.81	-4.13	-4.61	-5.14	-3.99	-5.88	-2.02	2.14	Na10×Na12	15
-4.63	-3.82	-3.13	-4.61	-4.79	-3.81	-3.94	0.00	1.02	Na10×Na21	16
-7.43	-5.31	-2.51	5.90	0.17	3.89	*-23.53	-20.39	-15.20	Na10×Na24	17
-0.84	0.57	1.00	** 13.47	-1.28	*6.49	-5.88	-4.02	-3.03	Na10×Na25	18
-4.35	-3.54	-1.66	*8.12	2.99	5.21	-15.71	-15.71	-10.44	Na11×Na12	19
2.95	3.82	5.84	-5.90	** -10.4	** -8.27	-9.82	-9.82	-7.09	Na11×Na21	20
-4.21	0.44	2.17	-0.37	-5.76	-5.43	-13.71	-13.71	-6.35	Na11×Na24	21
-6.31	-1.76	-3.40	** 10.15	-4.17	0.17	-11.76	-11.76	-10.90	Na11×Na25	22
3.93	4.81	4.81	7.01	6.42	*6.62	13.71	20.81	*24.71	Na12×Na21	23
-1.82	-0.99	2.64	6.27	0.52	3.04	-13.71	-2.20	0.03	Na12×Na24	24
-4.21	-3.39	-3.12	8.67	-5.46	0.86	-13.71	-12.00	-7.36	Na12×Na25	25
-2.24	-1.41	2.20	5.54	-0.17	2.51	-10.00	-4.38	0.89	Na21×Na24	26
0.00	0.85	1.13	** 11.07	-3.37	3.26	-1.94	0.00	2.05	Na21×Na25	27
-6.45	-5.12	-1.91	** 10.70	-3.69	0.33	*-23.53	-22.02	-16.13	Na24×Na25	28

• عدد الحبيبات في الثمرة وسماكة غلافها وصلابتها:

أبدى /15/ هجيناً قوة هجين معنوية مرغوبة في صفة عدد الحجيرات في الثمرة كان أبرزها (Na11×Na25 - Na11×Na21) قياساً بمتوسط الأبوين؛ بالمقابل أظهر /11/ هجيناً قوة هجين معنوية أهمها (Na11×Na25 - Na11×Na21) قياساً بالأب الأفضل؛ أما قياساً بالشاهد فأظهر /17/ هجيناً قوة هجين معنوية أبرزها (Na8×Na10- Na11×Na2)؛ كما أبدت أربعة هجن قوة هجين موجبة معنوية في صفة سماكة غلاف الثمرة أبرزها الهجينان (Na8×Na21- Na8×Na24) قياساً بمتوسط الأبوين، بالمقابل لم يظهر أي هجين قوة هجين معنوية موجبة قياساً بالأب الأفضل والشاهد القياسي. في حين برزت قوة هجين في صفة صلابة الثمار؛ فقد أظهر /26/ هجيناً قوة هجين معنوية موجبة مرغوبة قياساً بمتوسط الأبوين، و/13/ هجيناً قياساً بالأب الأفضل أبرزها الهجن (Na10×Na24- Na10×Na25- Na8×Na21)، بمقابل أعطت /5/ هجن قوة معنوية موجبة (Na6×Na11- Na6×Na25) قياساً بالهجين التجاري؛ (الجدول، 7)؛ انسجمت النتائج المذكورة مع ما توصل إليه (kumar et al.,2016; Gautam et al.,2018; Damor et al.,2021; Agarwal et al.,2014 Aeer et al., 2023; Essa and Alwan, 2024; .Nayana et al.,2024)

الجدول (7): قيم النسبة المئوية لقوة الهجين قياساً بمتوسط الأبوين (H_{MP}) وأفضلهما (H_{BP}) والهجين القياسي (H_{CV}) لكل من صفات عدد الحجيرات في الثمرة، وسماكة غلاف الثمرة، وصلابتها.

صلابة الثمار			سماكة غلاف الثمرة			عدد الحجيرات في الثمرة			الهجين	
H% CV	H% BP	H% MP	H% CV	H% BP	H% MP	H% CV	H% BP	H% MP		
9.37	1.79	*11.83	6.25	6.25	*13.33	**38.67	8.05	**12.28	Na6×Na8	1
*12.12	4.36	**13.06	-6.25	-6.25	-6.25	**38.67	1.96	4.92	Na6× Na10	2
**15.70	7.69	**12.00	0.00	0.00	0.00	**30.00	1.30	*10.64	Na6×Na11	3
10.19	2.56	*9.59	** -18.8	** -18.8	** -18.8	6.67	** -16.9	-4.62	Na6× Na12	4
10.19	2.56	**13.48	-12.50	** -17.7	** -15.2	**37.67	7.27	**19.71	Na6×Na21	5
10.19	2.56	**13.48	0.00	-5.88	-3.03	**22.00	-4.94	8.12	Na6×Na24	6
**15.70	7.69	**16.67	6.25	0.00	3.03	4.33	** -18.70	-7.81	Na6×Na25	7
7.44	**18.18	**20.00	0.00	0.00	6.67	**43.33	5.39	**12.57	Na8×Na10	8
3.31	4.17	*10.29	-12.50	-12.50	-6.67	**21.00	1.97	7.40	Na8×Na11	9
6.06	*13.24	**16.67	0.00	0.00	6.67	**35.67	**14.33	**26.79	Na8×Na12	10
8.82	**23.44	**24.41	12.50	5.88	**16.13	**29.67	9.27	**17.70	Na8×Na21	11
6.06	**20.31	**21.26	12.50	5.88	**16.13	9.00	-8.15	0.93	Na8×Na24	12
7.44	**18.18	**20.00	6.25	0.00	9.68	10.00	-7.30	1.54	Na8×Na25	13
7.44	8.33	**13.04	0.00	0.00	0.00	**26.67	-6.86	4.40	Na10× Na11	14
4.68	*11.76	**13.43	-6.25	-6.25	-6.25	**32.67	-2.45	**14.70	Na10×Na12	15
10.19	**21.21	**24.03	-6.25	-11.76	-9.09	11.00	** -18.4	-6.59	Na10×Na21	16
*12.95	**24.24	**27.13	0.00	-5.88	-3.03	0.00	** -26.5	** -14.29	Na10×Na24	17
**14.33	**25.76	**25.76	0.00	-5.88	-3.03	0.00	** -26.5	** -14.5	Na10×Na25	18
10.19	*11.11	**14.29	12.50	12.50	*12.50	**21.00	13.44	**19.80	Na11×Na12	19
10.19	*11.11	**18.52	6.25	0.00	3.03	**33.33	**25.00	**28.00	Na11×Na21	20
4.68	5.56	*12.59	6.25	0.00	3.03	**20.67	*13.13	**18.30	Na11×Na24	21
10.19	*11.11	**15.9	0.00	-5.88	-3.03	** -24.3	** -29.1	** -26.1	Na11×Na25	22
7.44	**14.71	**19.08	12.50	5.88	9.09	-7.00	-8.52	-5.58	Na12×Na21	23
1.93	8.82	*12.98	-6.25	-11.76	-9.09	-2.33	0.34	1.38	Na12×Na24	24
1.93	8.82	*10.45	-6.25	-11.76	-9.09	*12.33	*14.63	**16.21	Na12×Na25	25
-6.34	7.94	7.94	6.25	0.00	0.00	0.33	-1.31	0.84	Na21× Na24	26

-11.85	-3.03	-0.78	12.50	5.88	5.88	-4.33	-5.90	-4.17	Na21×Na25	27
-0.83	9.09	*11.63	0.00	-5.88	-5.88	** -20.0	** -18.4	** -18.1	Na24×Na25	28

الاستنتاجات

- 1- تباين سلالات الدراسة في الصفات المدروسة، إذ تفوقت السلالات /Na11، Na12، Na8/ لصفات الإنتاجية، والسلالات /Na6، Na8، Na10/ لصفتي عدد الأزهار والثمار في العنقود وقطر الثمرة وعدد حجيراتهما، والسلالات /Na6، Na11/ لصفة وزن الثمرة وصلابتها، والسلالات /Na24، Na25/ لصفة ارتفاع الثمرة وسماكة غلافها، مما يسمح بالاستفادة من هذه السلالات كمواد أولية لبرامج تحسين البندورة.
- 2- أظهرت الهجن الناتجة عن التهجين نصف التبادلي فارقاً معنوية في الصفات المدروسة؛ كان أفضلها الهجن /Na6×Na11، Na10×Na11، Na10×Na25/ لصفات إنتاجية النبات، وعدد الأزهار والثمار في العنقود، وارتفاع الثمرة وصلابتها؛ والهجين /Na6×Na10/ لصفات وزن الثمرة وقطرها وعدد حجيراتهما، والهجن /Na8×Na21، Na8×Na24، Na11×Na12/ لصفة سماكة غلاف الثمرة؛ مما يشجع على إدخالها في تجارب موسعة لاعتماد المتفوق منها.
- 3- ظهرت قوة هجين معنوية مرغوبة في الصفات المدروسة أهمها لدى الهجين /Na6×Na11/ لصفات عدد الأزهار والثمار في العنقود، وارتفاع الثمرة وصلابتها؛ و/Na6×Na25/ لصفات الإنتاجية وصلابة الثمار، و/Na10×Na11/ لصفات عدد الأزهار والثمار في العنقود، و/Na12×Na24/ لصفات الإنتاجية وعدد الأزهار في العنقود، والهجين /Na10×Na25/ لصفات الإنتاجية وارتفاع الثمرة، والهجين /Na6×Na10/ لعدد الأزهار في العنقود، والهجين /Na11×Na25/ لارتفاع الثمرة وعدد حجيراتهما، والهجين /Na8×Na21/ لسماكة غلاف الثمرة.
- 4- يمكن اعتبار الهجن (Na10×Na25 - Na12×Na24 - Na6×Na25) هجناً واعدة لصفات الإنتاجية وجودة الثمار لمتابعة العمل لاعتمادها في حال تفوقها في تجارب تقييم موسعة.

المراجع:

- Aeer. S. D., Jindal. S. K., Patel. S. A. H., Neena. Ch. (2023). Heterotic pattern involving Rin, Nor and Alc alleles for yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol.66: e23230169.
- Agarwal A, Arya DN, Ranjan R, Zakwan A.(2014). Heterosis, combining ability and gene action for yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Helix*. 2: 511-5.
- Causse, M., Friguet, C., Coiret, C., L'epicier, M., Navez, B., Lee, M., Holthuysen, N., Sinesio, F., Moneta, E., Grandillo, S. (2010). Consumer Preferences for Fresh Tomato at the European Scale: A Common Segmentation on Taste and Firmness. S532, *Journal of Food Science* _ Vol. 75, Nr. 9.
- Damor. Hiteksha., Patil. Kalyanrao., Sushmita Pusarla. Sushmita., Shiwani., Pandya .Priyanka (2021). Heterosis, Residual Heterosis and Inbreeding Depression Study in Tomato [*Solanum lycopersicum* (L.)]. *Biological Forum – An International Journal* 13(4): 565-570. India.
- Essa. B. A., Alwan. O. K. (2024). Impact evaluation combining ability of tomato hybrids and lines for production and fruit quality traits. *Agron. Mesoam*. 35: Artículo 57558, ISSN 2215-3608 <https://doi.org/10.15517/57558>.
- Farzane, A., Nemati, H., Arouiee, H., Kakhki, A. M., Vahdat, N. (2012). The estimate of combining ability and heterosis for yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Biol. Environ. Sci*, 6 (17), 129-134.

- Gautam N, Kumar M, Kumar D, Kumar S, Vikram A, Dogra RK, Sharma S. (2018). Combining ability and gene action studies for important quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Chem. Stud.* ;6(2):1992-6.
- Kathimba. F.k., Kimani.P.M., Narla.R.D., Kirika. L.M. (2022). Heterosis and Combining Ability for Related Traits in Tomato. *African Crop Science Journal*, Vol. 30 Issue Supplement, s1 pp. 109 – 125.
- Khalil. M. R. and Mahmoud. M. (2019). Genetic analysis and heterosis for some quantitative traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Menoufia J. Plant Prod*, (4), 287 – 302.
- Kumar P, Paliwa A, Tiwari D, Upadhyay S, Bahuguna P. (2016). Heterosis Studies For Yield And its Attributing Traits In Tomato Under Mid-Hill Conditions Of Garhwal. *Int. J. Adv. Res.* ;4(11):750-7.
- Kumar. D. H. Ch., Naidu. N. L., Babu. R. M., Rajani A., Gopal. K., Rao. P.M. (2023). Performance of Hybrids and Parents for various Growth and Yield characteristics in Tomato (*Solanum lycopersicon* L.). *Biological Forum – An International Journal* 15(10): 1167-1169.
- Kumar. V., Thapa. R. S., Kumar. N., Singh. S. K. (2023). Heterosis and Inbreeding Depression for Yield and Quality Traits in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *International Journal of Plant and Environment*, 9(1).
- Mishra, A., Nandi,A., Sahu, GS., Das,S., Mohanty, IC., Pattanayak, SK., Tripathy,P. (2020). Studies of combining ability in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for vegetative growth, yield and quality traits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*; 9(1): 466-473.
- Nayana. K. R., Srinivasa. V., Devaraju., Shrilatha. K. A. (2024) Enhanced growth and yield in semi-indeterminate tomato (*Solanum lycopersicum*): A heterosis study under protected condition. *Indian journal of agricultural sciences* 94 (10): 1148–1152, <https://doi.org/10.56093/ijas.v94i10.145281>.
- Patwary. M. M., Alam. R.M., Miah. A. K., Ahmad, S., Barua, H. (2013). Study of heterosis in heat tolerant tomato (*Solanum lycopersicum*) during summer. *Bangladesh J. Agril. Res.* 38(3): 531-544.
- Sah, S. K., Singh, A. K., Singh. B. K., Barman. K., Pal, A. K., Kumar, A. (2020). Heterosis studies for growth and yield traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International journal of current microbiology and applied sciences*, 9 (10), 2732- 2738.
- Shalini. M., Hosamani. R.M., Vasanthi. B. G. (2023). Heterosis studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for yield and yield attributing traits. *The Pharma Innovation Journal*; 12(6): 975-981.
- Sherpa, P., Seth, T., Shende, V. D., Pandiarana, N., Mukherjee, Subhra., Chattopadhyay, A. (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. P., Kumar. A., Ahirwar. G. K. (2024). Assessment of Heterosis in Tomato. *Journal of Scientific Research and Reports.* 30(9), P.234-245.
- Singh. S.K., Kahana. R. (1975). Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis, *Advances in Agronomy.* (27):123-174.
- Soliman, T.H.I., El-Gabry,M.A.H., Abido,A.I. (2013). Heterosis, potence ratio and correlation of some important characters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae* 150.25-30.
- Soresa. D. N., Nayagam. G., Bacha. N., Jaleta. Z. (2020). Heterosis in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for Yield and yield component traits. *advances in research* 21(9): 141-152.

- Vekariya,TA., Kulkarni, GU., Vekaria, DM., Dedaniya, AP., JT Memon, JT. (2019). Combining Ability Analysis for Yield and its Components in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Scientifica Agriculture (ISSN: 2581-365X). Volume 3 Issue.*
- Wynne, J. C., Enevy, D. A., Rice, P. W. (1970). Combining ability estimation in *Arachis hypogea*. II – Field performance of F₁ hybrids. *Crop Sci. 1: 713-715.*

Evaluation of heterosis for yield and some related traits in protected tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Ali Izzo^{1*}, A.M. Murie², Ali Hmdan², and Wafaa Zahde¹

¹Scientific Agricultural Research Center of Tartous, Tartous, Syria.

²General commission for scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria.

(*Corresponding author: Ali Izzo; E-Mail: izzo198899@gmail.com)



Received: 17/ 02/ 2025

Accepted: 8/ 05/ 2025

Abstract

The research was conducted at Al-Jammasah station - Agricultural Research Center in Tartous- Syria, during (2021-2022) seasons in order to estimate relative, superior and standard heterosis for yield and some other traits of tomato in twenty-eight hybrids produced by half-diallel crossing method of eight lines. Randomized complete block design with three replications were used. Most hybrids were characterized by high significant heterosis values for all studied traits compared to mid parents, better parents and standard hybrid for all studied traits. Heterosis reached (39.39, 39.39, 33.33) % for plant yield, (57.15, 39.89, 75.04) % for the number of flowers per cluster, (88.64, 62.75, 93.02) % for the number of fruits per cluster, (6.62, -, 13.47) % for fruit length, (28.00, 25.00, 43.33) % for number of locules per fruit, (16.13, -, -) % for pericarp thickness, and (27.13, 25.76, 15.70) % for firmness, compared to mid parents, better parent and standard hybrid, respectively. Based on the results of the study, the hybrids (Na10×Na25 - Na12×Na24 - Na6×Na25) could be considered as promising hybrids for yield and fruit quality traits to continue working on.

Keywords: Tomato, Heterosis, yield.