

ƯU THẾ LAI VÀ KHẢ NĂNG KẾT HỢP CHUNG VỀ NĂNG SUẤT, CHẤT LƯỢNG CỦA CÁC DÒNG CÀ CHUA BI TÍM

Nguyễn Trung Đức^{1*}, Nguyễn Thị Nguyệt Anh¹,
Phạm Quang Tuấn¹, Vũ Duy Hoàng², Vũ Văn Liết²

¹*Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*
²*Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: ntduc@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 21.12.2022

Ngày chấp nhận đăng: 04.08.2023

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tiến hành đánh giá ưu thế lai và khả năng kết hợp chung (GCA) của mười dòng cà chua bi tím tự phối đời S₃ từ mô hình lai đỉnh Line x Tester nhằm chọn lọc các dòng bố mẹ ưu tú có khả năng kết hợp chung cao về năng suất, chất lượng. Mười dòng phối, ba dòng thử, ba mươi con lai và hai giống đối chứng đã được đánh giá trên 11 tính trạng nông học trong vụ Thu Đông 2022 tại Hà Nội trong điều kiện nhà lưới có mái che. Kết quả cho thấy giống cà chua tím có thể được tạo ra bằng cách lai giữa các dòng cà chua tím với các dòng cà chua bi tím hoặc đỏ. Ưu thế lai trung bình và ưu thế lai thực âm ở hầu hết các tính trạng và tổ hợp lai nghiên cứu. Dòng D10 có GCA dương cao có ý nghĩa thống kê ở tính trạng năng suất thực thu. Ba dòng D3, D6, D9 có GCA dương cao có ý nghĩa thống kê ở tính trạng chỉ số độ ngọt. Hai cặp lai cà chua bi màu tím đậm gồm D10xT3 (38,1 tấn/ha, 9,0°Brix) và D6xT3 (35,2 tấn/ha, 9,8°Brix) có tiềm năng sử dụng để phát triển các dòng cà chua bi mới ở thế hệ phân li tiếp theo.

Từ khóa: Cà chua bi tím, ưu thế lai, khả năng kết hợp chung.

Heterosis and Combining Ability of Yield and Quality Traits of Purple Cherry Tomato Lines

ABSTRACT

This study was designed to evaluate the heterosis and general combining ability (GCA) of ten S₃ purple cherry tomato lines based on the Line x Tester model to select elite parental lines with high combining ability in terms of yield and quality. Ten cherry tomato lines, three testers, thirty crosses, and two checks were evaluated based on 11 agronomic traits in 2022 Autumn-Winter season in Hanoi under polyhouse. The results showed that purple tomato varieties can be created by crossing purple tomato lines with purple or red cherry tomato lines. The mid parent and best parent heterosis showed negative values in almost all traits and crosses investigated. D10 had a significant positive GCA effect for marketable yield. Three lines viz., D3, D6, and D9 had significant positive GCA effect for total soluble solids content. Two dark purple cherry tomato crosses viz., D10xT3 (38.1 tons/ha, 9.0°Brix) and D6xT3 (35.2 tons/ha, 9.8°Brix) showed breeding potential to develop new cherry tomato lines in the next segregation generation

Keywords: Purple cherry tomato, heterosis, general combining ability.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cà chua bi (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) là cây rau quan trọng, có giá trị kinh tế cao, được tiêu thụ rộng rãi trên toàn cầu do màu sắc đa dạng, hàm lượng dinh dưỡng phong phú và hương vị đặc biệt (Lenucci & cs.,

2006; Li & cs., 2022). Cà chua bi tím là loại cà chua quả nhỏ, có vỏ màu nâu tía, tím, đen (Mes & cs., 2008), mới được phát triển ở Việt Nam trong thời gian gần đây, bắt đầu thu hút được sự quan tâm của người tiêu dùng và các nhà nghiên cứu trong nước (Ha & cs., 2021; Nguyễn Trung Đức & cs., 2023). Không chỉ giàu các hợp

chất lycopene, carotenoid, phenolics., axit ascorbic, cà chua bi tím còn rất giàu các hợp chất anthocyanin có tính kháng oxy hóa, giúp bảo vệ hệ tim mạch, giảm lão hóa, ngăn ngừa ung thư, tăng cường thị lực, trí nhớ từ đó cải thiện sức khỏe cho con người (Colanero & cs., 2020; Gonzali & Perata, 2021). Hiện tại, Việt Nam chưa có các giống cà chua bi tím được chọn tạo và thương mại hóa. Do vậy, cấp thiết phải chọn tạo các giống cà chua bi tím đáp ứng nhu cầu người tiêu dùng, phục vụ sản xuất và tự chủ nguồn cung hạt giống. Đánh giá ưu thế lai và khả năng kết hợp là các bước đầu tiên trong chương trình lai tạo giống từ các dòng tự phối.

Ưu thế lai, khả năng kết hợp chung (GCA) đã được sử dụng trong chọn giống cây trồng làm công cụ dự đoán hiệu quả để chọn lọc các dòng bố mẹ có khả năng kết hợp cao về tính trạng quan trọng (sinh trưởng, năng suất, chất lượng) ngay ở những đời tự phối đầu (Hallauer & cs., 2010). Hiện tại, cơ sở di truyền của ưu thế lai và khả năng kết hợp vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ và toàn diện trên cây cà chua. Liu & cs. (2021) đã chỉ ra cà chua có ưu thế lai âm về thời gian sinh trưởng và dương về năng suất quả. Trong quá trình khai thác và sử dụng ưu thế lai, đánh giá khả năng kết hợp là cơ sở quan trọng để chọn dòng bố mẹ phù hợp và ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng con lai. Ở giai đoạn đầu của quá trình phát triển dòng, đánh giá GCA theo mô hình Line \times Tester đã được sử dụng chọn lọc dòng bố mẹ ưu tú có GCA cao về năng suất, các yếu tố cấu thành năng suất, chất lượng trên cà chua (Kumar & cs., 2018; Rehana & cs., 2019).

Tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam, nguồn gen cà chua bi đa dạng về màu sắc, kích thước quả đã được thu thập, phát triển từ các vật liệu trong nước và nhập nội (Nguyễn Trung Đức & cs., 2023). Là bước tiếp theo của chương trình chọn tạo giống cà chua bi tím, chúng tôi tiến hành đánh giá ưu thế lai và khả năng kết hợp chung theo mô hình Line \times Tester về các đặc điểm sinh trưởng, năng suất, chất lượng trên các dòng cà chua bi tím tự phối S3 sử dụng phương pháp phân tích tham số di truyền kết hợp biểu diễn đồ họa GGE biplot. Kết quả nghiên cứu cung cấp thông tin ưu thế lai và xác

định được các dòng bố mẹ ưu tú phục vụ chương trình chọn tạo giống cà chua bi tím ăn tươi chất lượng cao tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Vật liệu nghiên cứu gồm 10 dòng cà chua bi tím tự phối đời thứ 3 ký hiệu từ D1-D10 (Bảng 1), 3 dòng thử là 3 giống thương mại gồm dòng thử gồm T1 (giống cà chua bi vàng Nova F1 - Johnny Seeds), T2 (giống cà chua bi đỏ Thuý Hồng - Nông Hữu) và T3 (giống cà chua bi tím Chocolate - Nuvisrael); 30 tổ hợp lai đỉnh (THL), 2 giống đối chứng gồm Chocolate (dòng thử T3) và Indigo Rose. Các dòng tự phối, cây thử, THL đỉnh và các giống đối chứng đều có kiểu hình sinh trưởng vô hạn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thí nghiệm đồng ruộng lai tạo THL đỉnh theo mô hình Line \times Tester, đánh giá THL và dòng bố mẹ của chúng được bố trí trong điều kiện nhà lưới có mái che tại Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Lai tạo THL đỉnh giữa mười dòng cà chua tím (làm mẹ) và ba dòng thử (làm bố) được tiến hành trong vụ Xuân Hè 2022 tại Hà Nội. Thụ phấn theo phương pháp của Chetelat & Peacock (2013). Hoa chưa nở của các cá thể mang kiểu hình đặc trưng, đại diện cho các dòng cà chua bi tím được tiến hành khử đực và thụ phấn bằng tay từ phấn hoa của dòng thử, sau đó đánh dấu phép lai bằng thẻ chuyên dụng. Hạt thu được từ quả của các phép lai cùng nhóm sẽ được hỗn hạt, phân loại theo từng cặp lai và đánh giá ở vụ tiếp theo. Các dòng cà chua bi tím đồng thời được chọn lọc và duy trì bằng phương pháp tự phối. Thí nghiệm đánh giá mười dòng cà chua bi tím tự phối, dòng thử, 30 THL đỉnh cùng hai giống đối chứng tiến hành trong vụ Thu Đông 2022, bố trí khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh, ba lần nhắc lại với diện tích ô thí nghiệm 15m² (1,5m \times 10m). Các luống được che phủ bằng màng phủ nông nghiệp chuyên dụng và được khoét lỗ trồng cây với khoảng cách giữa các hàng là 60cm, giữa các cây là 50cm, trồng 40 cây/ô thí nghiệm, tương ứng

với mật độ trồng khoảng 2,67 vạn cây/ha. Mười một tính trạng nông học nghiên cứu gồm: thời gian sinh trưởng (TGST, ngày), chiều cao cây (CCC, cm), số quả/chùm (SQC), chiều dài quả (ChDQ, cm), đường kính quả (DKQ, cm), chỉ số dạng quả (CSDQ), khối lượng quả trung bình (KLQ, g/cây), năng suất cá thể (NSCT, g/cây), năng suất thực thu (NSTT, tấn/ha), chỉ số độ ngọt (TSS, °Brix) và độ dày thịt quả (DTQ, mm) được đo đếm theo QCVN01-63:2011/BNNPTNT và QCVN01-70:2011/BNNPTNT (Bộ NN&PTNT, 2011a; b). Chỉ số dạng quả là hệ số của chiều dài quả/đường kính quả. Chỉ số độ ngọt hay hàm lượng tổng chất rắn hòa tan của quả cà chua bi được đo ở giai đoạn thu hoạch bằng máy đo độ ngọt điện tử Atago Pal-1.

2.3. Phân tích số liệu

Số liệu được tổng hợp bằng phần mềm Microsoft Excel, phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) sử dụng phần mềm Statistix 10. Ưu thế lai trung bình (Hm) xác định phần trăm tăng giảm của tổ hợp lai so với giá trị trung bình của bố mẹ và ưu thế lai thực (Hb) xác định phần trăm tăng giảm của tổ hợp lai so với giá trị của bố mẹ tốt nhất được tính bằng AGD-R (Rodríguez & cs., 2015). Phân tích khả năng kết hợp chung theo mô hình lai đỉnh Line × Tester bằng phần mềm AGD-R (Rodríguez & cs., 2015) theo mô hình toán học của như sau:

$$y_{ijk} = \mu + REP_k + g_{ij} + e_{ij} = \mu + REP_k + l_i + t_j + l_i \times t_j + e_{ijk}$$

Trong đó: y_{ijk} là giá trị quan sát; μ là giá trị trung bình của kiểu hình; REP_k là hiệu ứng nhắc lại ($k = 1, 2, \dots, r$); l_i là hiệu ứng dòng ($i = 1, 2, \dots, m$); t_j là hiệu ứng dòng thứ ($j = 1, 2, \dots, f$) và e_{ijk} là số dư. Biểu đồ GGE biplot biểu thị khả năng kết hợp chung của các dòng cà chua bi tím về được vẽ bằng gói “metan” trên phần mềm R.4.1.3.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả lai tạo các THL đỉnh, đặc điểm nông học của các dòng bố mẹ và con lai

Các dòng cà chua bi tự phối đời S3 có vỏ tím đỏ và thịt quả màu đỏ (Hình 1). Kết quả lai tạo

cho thấy phép lai giữa quả tím và quả vàng ở F1 cho quả có màu thịt hồng, và khi lai quả tím với đỏ và tím thì có con lai có quả tím và tím đậm giống với màu sắc của các dòng bố mẹ (Bảng 1). Ở cà chua, màu quả là sự kết hợp của các sắc tố khác nhau được tích lũy trong lớp biểu bì, lớp dưới biểu bì và thịt quả được coi là một đặc điểm định tính và sự di truyền của nó thường được nghiên cứu thông qua các quy luật phân ly của Mendel (Gonzali & Perata, 2021). Tính trạng màu quả vàng do alen lặn quy định, màu đỏ và tím do một gen trội hoàn toàn quy định, các gen kiểm soát vỏ quả và màu thịt quả cà chua tím và đỏ thể hiện sự di truyền độc lập (Li & cs., 2018; Butelli & cs., 2021). Tính trạng thịt quả màu tím được kiểm soát bởi hai gen đồng trội, trội so với thịt quả màu xanh (Li & cs., 2018). Kết quả đánh giá kiểu hình quả ở các cặp lai giữa các dòng cà chua tím và dòng thứ T3 có màu vỏ quả tím đậm nhất cho thấy màu sắc tím đậm ở con lai cần cả alen trội từ bố và mẹ (Bảng 1). Kết quả này phù hợp với công bố về di truyền các tính trạng màu sắc trên ngô bởi Mahan & cs. (2013). Màu sắc thịt quả của các THL đều có màu đỏ giống với màu thịt quả của dòng mẹ cho thấy màu thịt quả đỏ trội hơn so với màu thịt quả vàng.

Kết quả đánh giá đặc điểm sinh trưởng cho thấy các THL đỉnh đều thuộc nhóm vô hạn, có TGST dao động từ 115 ngày (THL16, THL17, THL20) đến 126 ngày (THL02), ngắn hơn có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$ so với đối chứng Indigo Rose (134 ngày). KLQ của các THL dao động từ 12,5g (THL11) đến 24,5g (THL03), thấp hơn hẳn có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$ so với đối chứng Indigo Rose (42,5g). Ba THL gồm THL28 (D10×T1) (46,8 tấn/ha), THL19 (D7×T1) (45,5 tấn/ha), THL16 (D6×T1) (45,3 tấn/ha) có NSTT cao hơn giống đối chứng Chocolate (44,3 tấn/ha) và cao hơn hẳn đối chứng Indigo Rose (32,3 tấn/ha) ở mức có ý nghĩa thống kê $P \leq 0,05$. THL13 (D5×T1) (44,2 tấn/ha) có năng suất thực thu tương đương đối chứng Chocolate (Bảng 1). Mười THL có chỉ số độ ngọt dao động từ 9,0 °Brix đến 9,8 °Brix, cao hơn hẳn hai giống đối chứng Chocolate (8,6°Brix) và Indigo Rose (7,8°Brix) ở mức có ý nghĩa thống kê ở mức

$P \leq 0,05$. Các THL còn lai đều có chỉ số độ ngọt tương đương đối chứng Chocolate trừ 5 THL gồm THL17, THL04, THL14, THL02, THL05. Hai cặp lai cà chua bi màu tím đậm có năng suất khá và chất lượng cao gồm D10xT3 (38,1 tấn/ha, 9,0°Brix) và D6xT3 (35,2 tấn/ha, 9,8°Brix). Tiếp tục đánh giá và chọn lọc ở quần thể phân ly F2 từ các tổ hợp lai này cũng có thể tạo ra các dòng cà chua tím mới bổ sung vào tập đoàn dòng cà chua bi cho chương trình lai tạo giống cà chua ăn tươi chất lượng cao tại Việt Nam.

3.2. Kết quả phân tích trung bình và tương quan giữa các tính trạng theo dõi

Biểu đồ correlogram so sánh dòng bố mẹ, con lai, phân bố và biểu thị sự tương quan giữa các tính trạng theo dõi trong vụ Thu Đông năm 2022 tại Gia Lâm, Hà Nội (Hình 2). Kết quả từ biểu đồ boxplot cho thấy TGST của con lai ngắn hơn hẳn so với dòng bố mẹ. Các chỉ tiêu thuộc nhóm năng suất bao gồm SQC, NSCT, NSTT của con lai có ưu thế vượt trội so với bố mẹ của chúng. Mặt khác, các chỉ tiêu CCC, ChDQ, DKQ, CSDQ,

KLQ, TSS, DTQ không có sự khác biệt đáng kể giữa các dòng bố mẹ và con lai của chúng. TGST trung bình của dòng bố mẹ trong khoảng 130 ngày trong khi các THL đỉnh có TGST ngắn hơn, trung bình 117 ngày (chênh lệch khoảng 13 ngày). Kết quả phân tích tương quan cho thấy các tính trạng NSCT ($r = 0,992$), SQC ($r = 0,786$), ChDQ ($r = 0,660$), và DKQ ($r = 0,585$) có tương quan thuận ở mức có ý nghĩa thống kê $P \leq 0,001$ với NSTT. Trong đó, hệ số tương quan ở dòng bố mẹ nhìn chung cao hơn so với các con lai F1. Trong chọn giống cà chua bi ưu thế lai, kết quả tương quan này có thể làm cơ sở cho việc cải tiến năng suất thông qua cải tiến các yếu tố cấu thành năng suất như cải tiến tính trạng số quả/chùm, chiều dài quả, đường kính quả theo thị hiếu người tiêu dùng ở từng phân khúc thị trường. Kết quả phân tích tương quan còn cho thấy TSS có tương quan thuận với CSDQ ($r = 0,422$) ở mức có ý nghĩa thống kê $P \leq 0,01$ và với KLQ ($r = 0,363$) ở mức có ý nghĩa thống kê $P \leq 0,05$. Tuy nhiên trên thực tế chưa có các nghiên cứu chuyên sâu kiểm chứng sự tương quan này.



Hình 1. Mười dòng cà chua bi tự phối đời S3

Bảng 1. Đặc điểm nông học của các dòng cà chua bi bố mẹ và tổ hợp lai đỉnh

Ký hiệu	Tên dòng/THL	Màu sắc vỏ quả	Màu sắc thịt quả	TGST	CCC	SQC	ChDQ	DKQ	CSDQ	TSS	KLQ	NSCT	NSTT	DTQ
Dòng bố mẹ														
D1	CTM13.1.1	Tím	Đỏ	128,0	215,0	7,1	3,6	3,1	1,2	8,5	28,1	1191,2	27,0	0,6
D2	CTM13.5.1	Tím	Đỏ	125,0	214,7	5,3	2,8	2,3	1,3	8,0	14,8	505,5	12,1	0,4
D3	CTM54.1.5	Tím	Đỏ	115,0	173,7	5,3	3,1	1,8	1,7	10,0	16,2	435,1	9,7	0,4
D4	CTM54.2.1	Tím	Đỏ	131,0	183,3	6,7	2,4	1,8	1,4	9,0	12,5	624,4	14,7	0,5
D5	CTM59.3.1	Tím	Đỏ	146,0	229,6	6,8	3,1	2,2	1,4	8,5	17,6	1004,2	23,2	0,4
D6	CTM59.4.1	Tím	Đỏ	135,0	273,5	6,7	3,5	2,4	1,5	10,2	21,5	1172,0	26,7	0,5
D7	CTM61.1.1	Tím	Đỏ	122,0	282,2	9,2	2,6	2,1	1,2	8,9	14,4	899,6	21,6	0,5
D8	CTM61.2.1	Tím	Đỏ	116,0	283,3	8,1	2,5	2,0	1,3	8,6	13,2	743,1	17,3	0,5
D9	CTM65.1.2	Tím	Đỏ	124,0	262,2	9,8	3,1	2,1	1,5	9,8	15,5	835,5	20,1	0,5
D10	CTM65.3.3	Tím	Đỏ	133,0	273,1	10,5	4,1	2,4	1,7	9,2	22,4	1408,7	33,6	0,5
Dòng thử														
T1	Nova	Vàng	Vàng	138,0	224,2	14,4	3,9	2,6	1,5	8,5	16,5	2141,0	52,3	0,5
T2	Thúy Hồng	Đỏ	Đỏ	145,0	208,5	12,1	3,2	2,2	1,4	8,0	12,4	1136,6	27,5	0,5
T3	Chocolate	Tím	Đỏ	126,0	254,2	10,5	3,7	2,7	1,3	8,8	23,8	1675,7	40,3	0,5
THL/Giống														
THL01	D1xT1	Hồng	Đỏ	123,0	228,0	12,0	3,7	2,7	1,4	8,5	22,0	1927,2	40,3	0,5
THL02	D1xT2	Tím	Đỏ	126,0	215,2	10,0	3,3	2,3	1,4	8,0	16,0	1088,0	25,5	0,5
THL03	D1xT3	Tím đậm	Đỏ	121,0	240,7	8,8	3,6	2,9	1,3	9,0	24,5	1379,8	30,6	0,5
THL04	D2xT1	Hồng	Đỏ	121,0	220,0	12,0	3,3	2,4	1,4	8,2	16,0	1440,0	32,9	0,5
THL05	D2xT2	Tím	Đỏ	119,0	215,5	9,0	3,0	2,2	1,3	8,0	13,2	807,8	19,3	0,5
THL06	D2xT3	Tím đậm	Đỏ	120,0	246,4	10,5	3,1	2,4	1,3	8,5	17,5	1194,4	26,7	0,5
THL07	D3xT1	Hồng	Đỏ	119,0	200,1	10,0	3,4	2,0	1,7	9,0	16,6	1162,0	25,5	0,5
THL08	D3xT2	Tím	Đỏ	119,0	180,5	8,5	3,2	1,9	1,7	8,8	14,0	773,5	18,1	0,4
THL09	D3xT3	Tím đậm	Đỏ	118,0	225,8	8,6	3,3	2,2	1,5	9,4	20,0	997,6	23,2	0,5
THL10	D4xT1	Hồng	Đỏ	117,0	205,0	12,0	3,1	1,9	1,6	8,8	13,8	1424,2	32,3	0,5
THL11	D4xT2	Tím	Đỏ	118,0	185,2	10,0	2,6	1,8	1,4	8,4	12,5	937,5	21,3	0,5

Ưu thế lai và khả năng kết hợp chung về năng suất, chất lượng của các dòng cà chua bi tím

Bảng 1. Đặc điểm nông học của các dòng cà chua bi bố mẹ và tổ hợp lai đỉnh

Ký hiệu	Tên dòng/THL	Màu sắc vỏ quả	Màu sắc thịt quả	TGST	CCC	SQC	ChDQ	DKQ	CSDQ	TSS	KLQ	NSCT	NSTT	DTQ
THL12	D4xT3	Tím đậm	Đỏ	119,0	240,3	10,0	2,9	2,0	1,5	9,0	16,5	1155,0	26,2	0,5
THL13	D5xT1	Hồng	Đỏ	118,0	238,9	12,8	3,4	2,4	1,4	8,5	17,0	2023,7	44,2	0,4
THL14	D5xT2	Tím	Đỏ	117,0	220,6	12,5	3,1	2,3	1,4	8,2	14,2	1420,0	32,8	0,4
THL15	D5xT3	Tím đậm	Đỏ	118,0	260,0	10,4	3,4	2,4	1,4	8,8	20,4	1485,1	34,2	0,5
THL16	D6xT1	Hồng	Đỏ	115,0	256,5	11,8	3,7	2,4	1,5	9,3	18,5	1921,0	45,3	0,5
THL17	D6xT2	Tím	Đỏ	115,0	245,7	9,5	3,4	2,4	1,4	8,4	17,2	1307,2	30,4	0,5
THL18	D6xT3	Tím đậm	Đỏ	118,0	287,1	9,0	3,6	2,5	1,5	9,8	22,5	1498,5	35,2	0,5
THL19	D7xT1	Hồng	Đỏ	116,0	261,2	14,5	3,0	2,4	1,2	8,6	16,5	1914,0	45,5	0,5
THL20	D7xT2	Tím	Đỏ	115,0	252,4	11,4	2,8	2,2	1,3	8,5	14,0	1149,1	25,9	0,5
THL21	D7xT3	Tím đậm	Đỏ	121,0	277,0	10,9	3,2	2,5	1,3	9,0	16,0	1220,8	30,1	0,5
THL22	D8xT1	Hồng	Đỏ	121,0	271,0	12,0	2,9	2,3	1,3	8,5	14,8	1456,3	34,4	0,5
THL23	D8xT2	Tím	Đỏ	116,0	245,6	11,5	2,7	2,1	1,3	8,4	13,0	1121,3	24,8	0,5
THL24	D8xT3	Tím đậm	Đỏ	117,0	289,3	10,6	2,9	2,5	1,1	8,6	16,5	1189,3	27,5	0,5
THL25	D9xT1	Hồng	Đỏ	119,0	254,7	9,8	3,4	2,2	1,5	9,0	16,0	1285,8	30,4	0,5
THL26	D9xT2	Tím	Đỏ	118,0	237,4	11,0	3,2	2,2	1,4	8,6	13,1	951,1	21,4	0,5
THL27	D9xT3	Tím đậm	Đỏ	118,0	265,0	10,7	3,2	2,3	1,4	9,5	20,5	1316,1	32,4	0,5
THL28	D10xT1	Hồng	Đỏ	117,0	241,0	13,4	3,9	2,5	1,6	8,6	20,3	2040,2	46,8	0,5
THL29	D10xT2	Tím	Đỏ	119,0	230,0	12,0	3,4	2,4	1,4	8,6	17,1	1436,4	33,5	0,5
THL30	D10xT3	Tím đậm	Đỏ	120,0	270,3	11,1	3,8	2,6	1,5	9,0	23,0	1582,9	38,1	0,5
Chocolate		Tím	Đỏ	126,0	258,5	11,0	3,6	2,7	1,3	8,6	22,0	1815,0	44,3	0,5
Indigo Rose		Tím đậm	Đỏ	134,0	235,9	6,5	4,2	5,2	0,8	7,8	42,5	1436,5	32,3	0,7
LSD _{0,05}		-	-	2,2	10,2	1,8	0,2	0,2	-	0,3	1,6	120,0	0,8	0,1
CV%		-	-	4,5	6,8	6,5	3,2	3,1	-	3,5	7,2	7,1	8,4	4,2

Ghi chú: THL: Tổ hợp lai, TGST: Thời gian sinh trưởng, CCC: Chiều cao cây, SQC: Số quả/chùm, ChDQ: Chiều dài quả, DKQ: Đường kính quả, CSDQ: Chỉ số dạng quả, TSS: Tổng lượng chất rắn hòa tan, KLQ: Khối lượng quả trung bình, NSCT: Năng suất cá thể, NSTT: Năng suất thực thu, DTQ: Độ dày thịt quả.

Bảng 2. Ưu thế lai trung bình (Hm)

Dòng mẹ	Dòng thứ	TGST	CCC	SQC	ChDQ	DKQ	CSDQ	KLQ	NSCT	NSTT	TSS	DTQ
D1	T1	-7,52	3,83	11,63	-1,88	-5,13	2,62	-1,35	15,67	1,64	0,00	-1,89
D1	T2	-7,69	1,63	4,17	-4,41	-12,03	7,34	-20,99	-6,52	-6,42	-3,03	-2,91
D1	T3	-4,72	2,60	0,00	-0,96	-2,05	0,80	-5,59	-3,74	-9,06	4,05	-7,41
D2	T1	-7,98	0,25	21,83	-0,15	-1,67	2,17	2,24	8,82	2,17	-0,61	5,26
D2	T2	-11,85	1,84	3,45	-1,50	-1,57	0,75	-2,94	-1,61	-2,53	0,00	8,70
D2	T3	-4,38	5,10	32,91	-4,01	-3,81	0,39	-9,33	9,52	1,91	1,19	-5,15
D3	T1	-5,93	0,58	1,52	-2,73	-10,25	7,84	1,53	-9,79	-17,74	-2,70	1,08
D3	T2	-8,46	-5,55	-2,30	0,16	-6,90	7,40	-2,10	-1,57	-2,69	-2,22	-2,22
D3	T3	-2,07	5,54	8,86	-3,25	-6,11	0,66	0,00	-5,48	-7,20	0,00	5,26
D4	T1	-13,01	0,61	13,74	-0,80	-12,76	14,98	-4,83	3,00	-3,58	0,57	1,01
D4	T2	-14,49	-5,46	6,38	-8,05	-9,55	2,51	0,40	6,47	0,95	-1,18	4,17
D4	T3	-7,39	9,85	16,28	-4,29	-11,11	7,41	-9,09	0,43	-4,73	1,12	0,99
D5	T1	-16,90	5,29	20,75	-1,44	-1,26	0,00	-0,29	28,68	17,09	0,00	-4,35
D5	T2	-19,59	0,71	32,28	-1,27	1,12	-2,13	-5,33	32,66	29,39	-0,61	-5,62
D5	T3	-13,24	7,48	20,23	-0,74	-3,42	2,56	-1,45	10,83	7,72	1,73	-4,26
D6	T1	-15,75	3,07	11,85	0,95	-1,63	2,34	-2,63	15,97	14,68	-0,53	0,95
D6	T2	-17,86	1,95	1,06	0,15	4,58	-3,78	1,47	13,25	12,18	-7,69	0,00
D6	T3	-9,58	8,81	4,65	0,56	-2,94	2,84	-0,66	5,24	5,07	3,16	-2,80
D7	T1	-10,77	3,16	22,88	-8,53	2,58	-10,22	6,80	25,90	23,14	-1,15	0,00
D7	T2	-13,86	2,87	7,04	-3,97	1,62	-5,26	4,48	12,87	5,50	0,59	-1,08
D7	T3	-2,42	3,28	10,66	1,28	1,44	0,39	-16,23	-5,19	-2,75	1,69	2,04
D8	T1	-4,72	6,80	6,67	-7,40	0,89	-6,81	-0,34	0,99	-1,15	-0,58	-4,17
D8	T2	-11,11	-0,12	13,86	-5,45	0,72	-5,54	1,56	19,31	10,71	1,20	-1,08
D8	T3	-3,31	7,65	13,98	-6,82	6,61	-12,21	-10,81	-1,66	-4,51	-1,15	4,08
D9	T1	-9,16	4,73	-19,01	-2,44	-4,56	2,65	0,00	-13,60	-16,02	-1,64	0,97
D9	T2	-12,27	0,87	0,46	-0,16	2,80	-2,72	-6,09	-3,54	-10,08	-3,37	4,00
D9	T3	-5,60	2,63	5,42	-4,42	-3,75	-1,75	4,33	4,82	7,28	2,15	-4,76
D10	T1	-13,65	-3,08	7,63	-1,13	1,41	-2,80	4,37	14,95	8,96	-2,82	0,97
D10	T2	-14,39	-4,49	6,19	-7,84	3,03	-9,90	-1,72	12,87	9,66	0,00	0,00
D10	T3	-7,34	2,52	5,71	-1,81	-0,78	-1,97	-0,43	2,64	3,11	0,00	-2,86

3.3. Kết quả phân tích ưu thế lai

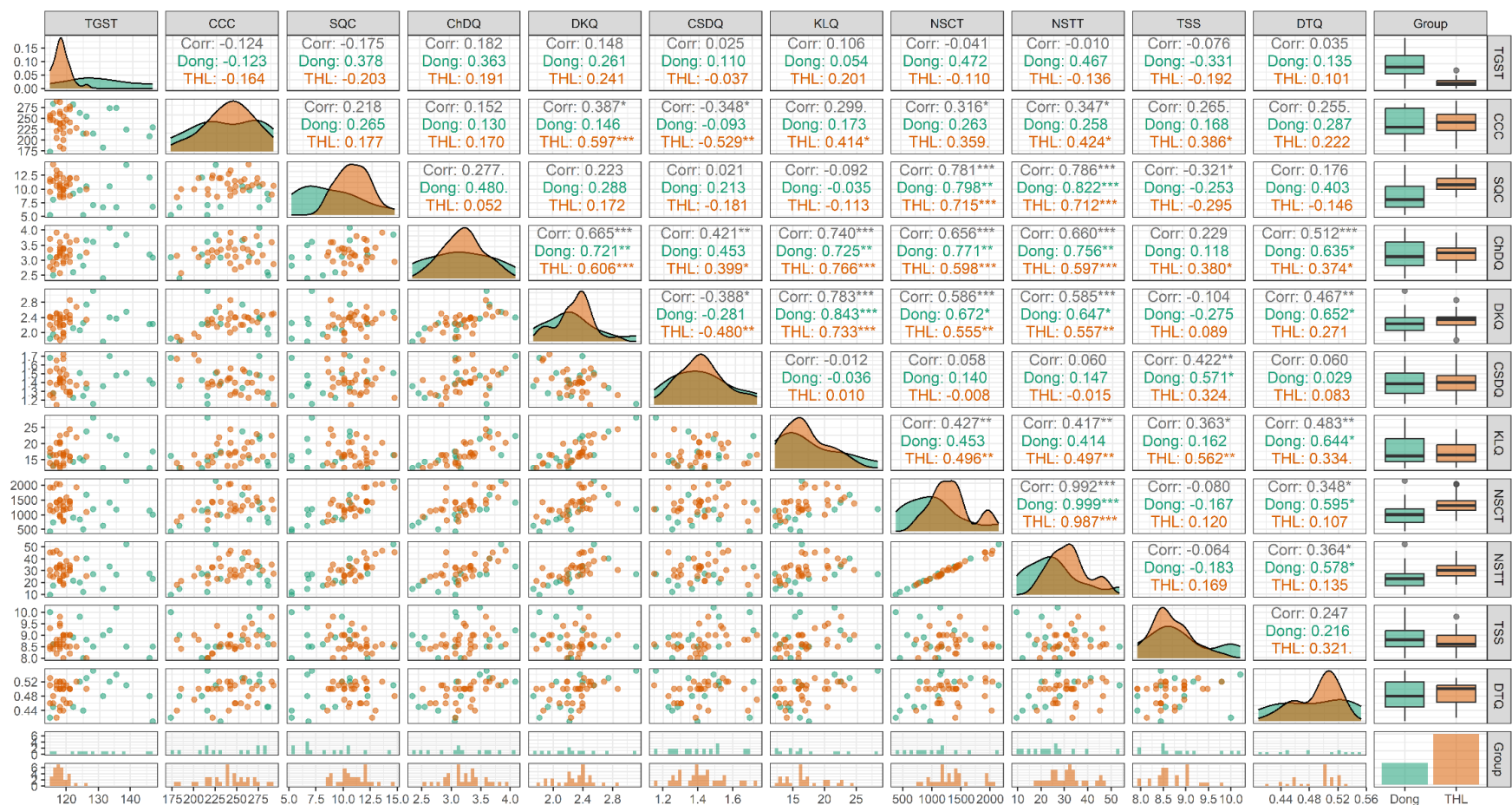
Sự thành công của chương trình chọn giống cà chua bi phụ thuộc vào việc lựa chọn bố mẹ và phương pháp chọn tạo giống phù hợp trong đó các dòng bố mẹ ưu tú phải có ưu thế lai (Tamta & Singh, 2017). Kết quả cho thấy, ưu thế lai trung bình (Hm) vượt trội ở các tính trạng năng suất gồm SQC, TSQ, NSCT, NSLT và NSTT trong khi các tính trạng TGST, ChDQ, DKQ mang giá trị âm (Bảng 2). Các cặp lai với D5, D6, D7 nhìn chung có Hm cao ở các tính trạng năng suất và cấu thành năng suất. Tính trạng TGST có Hm dao động từ -19,59 (D×T2) đến -2,07 (D3×T3). Tính trạng TSS có Hm dao động từ -7,69 (D6×T2) đến 4,05 (D1×T3). Tính trạng NSTT có Hm dao động từ -17,74 (D3×T1) đến 29,39 (D5×T2). Các cặp lai với D5, D6, D7 nhìn chung có Hm cao ở các tính trạng năng suất và cấu thành năng suất. Ưu thế lai thực (Hb) âm hoặc gần bằng 0 ở tất cả các tính trạng nghiên cứu trừ cặp lai D6×T2 ở tính trạng NSCT, NSTT (Bảng 3). Điều này có thể do các dòng thử đều là các giống lai thương mại. Sử dụng giống thương mại làm dòng thử đã được đề xuất trong các chương trình chọn giống mới khi chưa sẵn có các dòng thuần ưu tú (Hallauer & cs., 2010). Không chỉ có thể khảo sát ưu thế lai và khả năng kết hợp, kết quả lai tạo từ các phép lai giữa dòng tự phối và giống thương mại sau khi đánh giá có thể tiếp tục sử dụng để cải tiến quần thể cà chua bi, qua đó mở rộng nền di truyền và chọn lọc các dòng cà chua bi mới. Tuy nhiên, hạn chế của việc sử dụng giống thương mại làm cây thử trong nghiên cứu này là làm mất đi cơ hội xác định sớm cặp lai ưu tú để thương mại giống nhanh hơn và chưa khai phá hết tiềm năng ưu thế lai của các dòng cà chua bi tím nghiên cứu.

Ở cà chua, các nhà chọn giống thường mong muốn thời gian thu hoạch có ưu thế lai giá trị âm vì chúng cho con lai có thời gian sinh trưởng ngắn hơn giúp thích ứng tốt hơn với các biến đổi bất thường của khí hậu. Kết quả ưu thế lai thực (Hb) âm ở hầu hết các tính trạng năng suất nghiên cứu trừ hai cặp lai D5×T2 và D6×T2 cho thấy Hb âm rất hữu ích vì nó chuyển năng lượng của giai đoạn sinh dưỡng sang giai đoạn sinh thực sớm và điều này có thể giúp nâng cao năng suất quả. Tính trạng sinh trưởng TGST có Hm và Hb âm ở tất cả các cặp lai. Đây là mong muốn

của các nhà chọn giống, từ các vật liệu cà chua bi nghiên cứu có thể tạo ra các THL ngắn ngày hơn bố mẹ của chúng. Kết quả nghiên cứu phù hợp với công bố trước đó bởi Liu & cs. (2021). Tính trạng chất lượng TSS có Hm và Hb đều âm ở tất cả các cặp lai, do vậy cần có cả bố và mẹ chất lượng để tạo lai tạo THL có chất lượng cao nhất. Mặc dù phổ biến, nhưng hiện tượng ưu thế lai không phải xuất hiện trong tất cả các phép lai. Những con lai tốt không nhất thiết phải đến từ bố mẹ tốt. Dòng bố mẹ với đặc điểm nông học vượt trội không phải lúc nào cũng cho con lai mong muốn. Vì vậy, để xác định bố mẹ ưu tú, đánh giá khả năng kết hợp sẽ là cơ sở quan trọng chọn lọc các dòng cà chua bi tím ưu tú.

3.4. Kết quả phân tích khả năng kết hợp chung

Kết quả phân tích GCA cho thấy, các dòng bố mẹ có giá trị GCA âm có ý nghĩa thống kê ở tính trạng thời gian sinh trưởng gồm D3, D6 và D7 có thể được sử dụng để tạo ra các giống cà chua bi chín sớm (Bảng 4). Các dòng D3, D4 và T2 có giá trị GCA âm có ý nghĩa thống kê ở tính trạng CCC. Các dòng D6, D7, D8 và T3 có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê ở tính trạng CCC. Các dòng D3 có giá trị GCA âm có ý nghĩa thống kê ở tính trạng SQC. Các dòng D7, D10 và T1 có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê trên tính trạng SQC. Ở tính trạng ChDQ, Các dòng D4, D7, D8 và T2 có giá trị GCA âm có ý nghĩa thống kê, dòng thử T1 có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê. Ở tính trạng DKQ, Các dòng D3, D4 và T1 có giá trị GCA âm có ý nghĩa thống kê, các dòng D1 và T3 có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê. Ở tính trạng CSDQ, D7 và D8 có giá trị GCA âm có ý nghĩa thống kê, các dòng D3 và D10 có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê. Trong mười dòng cà chua nghiên cứu, giá trị GCA cho các tính trạng năng suất và cấu thành năng suất có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (Bảng 5). Các dòng D1, D6, D10 và T1 có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê đối với tính trạng KLQ. Các dòng cà chua này có thể được sử dụng để lai tạo các giống cà chua bi năng suất cao. Các THL triển vọng thường có bố mẹ có GCA cao về các chỉ tiêu năng suất và các yếu tố cấu thành năng suất đã được chỉ ra trên ngô siêu ngọt (Suzukawa & cs., 2018) và ớt (Herath & cs., 2021).



Ghi chú: Dong: Nhóm dòng cà chua bi tím tự phối và dòng thủ; THL: Tổ hợp lai; Group: Nhóm. Sự phân bố mật độ của mỗi tính trạng được hiển thị ở đường chéo biểu đồ từ trái sang phải với các màu đỏ: con lai F1 và màu xanh lam: biểu thị các dòng bố mẹ. Ở phía dưới, biểu đồ phân tán hai biến được hiển thị trong khi ở phía trên, với các ký hiệu *, **, *** biểu thị có ý nghĩa thống kê ở $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$ và $P \leq 0,001$, tương ứng. Biểu đồ Boxplots phía bên phải minh họa cho sự khác biệt giữa bố mẹ và con lai.

Hình 2. Biểu đồ correlogram biểu thị trung bình và tương quan giữa các tính trạng năng suất, chất lượng của các dòng bố mẹ và tổ hợp lai đỉnh

Ưu thế lai và khả năng kết hợp chung về năng suất, chất lượng của các dòng cà chua bi tím

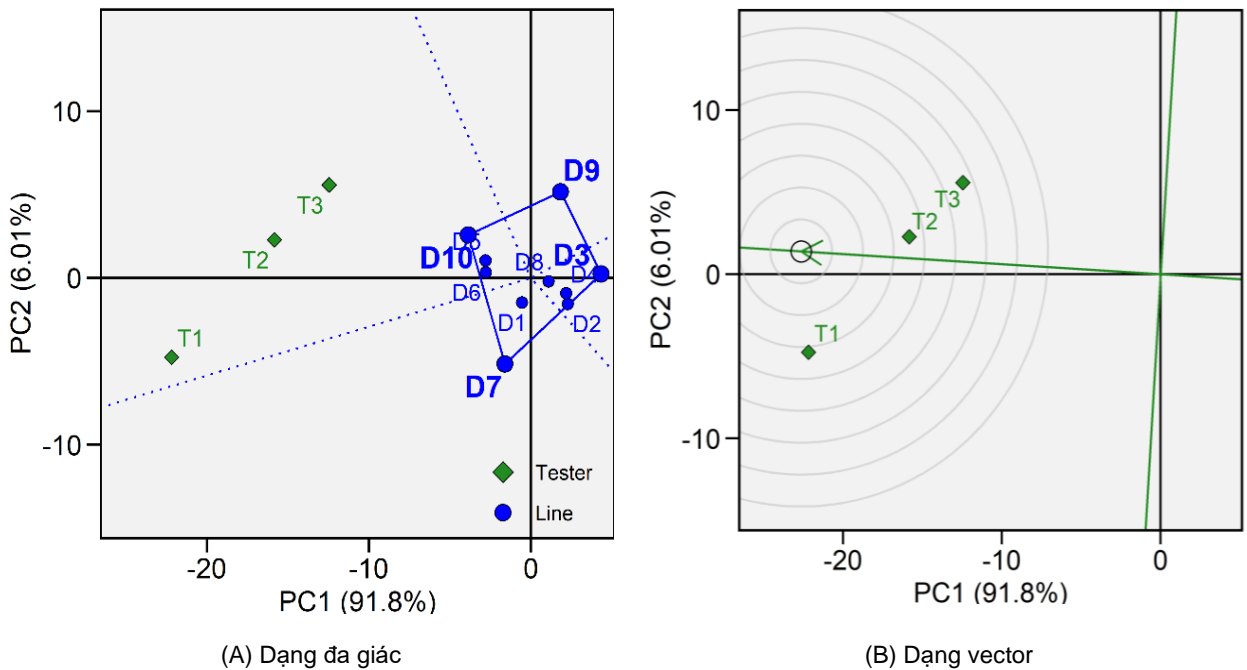
Bảng 3. Ưu thế lai thực (Hb)

Dòng mẹ	Dòng thử	TGST	CCC	SQC	ChDQ	DKQ	CSDQ	KLQ	NSCT	NSTT	TSS	DTQ
D1	T1	-10,87	1,69	-16,67	-4,94	-13,55	-9,27	-21,71	-9,99	-22,94	0,00	-5,45
D1	T2	-13,10	0,09	-17,36	-9,97	-24,52	-2,80	-43,06	-8,66	-7,27	-5,88	-9,09
D1	T3	-5,47	-5,31	-16,19	-1,64	-7,74	-5,97	-12,81	-17,66	-24,07	2,27	-9,09
D2	T1	-12,32	-1,87	-16,67	-13,51	-7,45	-6,62	-3,03	-32,74	-37,09	-3,53	-1,96
D2	T2	-17,93	0,37	-25,62	-7,21	-2,22	-5,59	-10,81	-28,93	-29,82	0,00	4,17
D2	T3	-4,76	-3,07	0,00	-15,03	-12,41	-2,99	-26,47	-28,72	-33,75	-3,41	-13,21
D3	T1	-13,77	-10,75	-30,56	-12,21	-22,75	2,38	0,61	-45,73	-51,24	-10,00	-7,84
D3	T2	-17,93	-13,43	-29,75	-1,25	-14,86	-0,60	-13,58	-31,95	-34,18	-12,00	-8,33
D3	T3	-6,35	-11,17	-18,10	-10,66	-21,53	-9,52	-15,97	-40,47	-42,43	-6,00	-5,66
D4	T1	-15,22	-8,56	-16,67	-19,48	-26,27	9,27	-16,36	-33,48	-38,24	-2,22	-1,96
D4	T2	-18,62	-11,18	-17,36	-19,44	-18,92	0,00	0,00	-17,52	-22,55	-6,67	4,17
D4	T3	-9,16	-5,47	-4,76	-20,77	-27,01	6,62	-30,67	-31,07	-34,99	0,00	-3,77
D5	T1	-19,18	4,05	-11,11	-11,17	-7,45	-3,97	-3,41	-5,48	-15,49	0,00	-13,73
D5	T2	-19,86	-3,92	3,31	-2,82	0,90	-3,50	-19,32	24,93	19,27	-3,53	-12,50
D5	T3	-19,18	2,28	-0,95	-8,47	-12,41	0,72	-14,29	-11,37	-15,14	0,00	-15,09
D6	T1	-16,67	-6,22	-18,06	-3,64	-5,10	1,32	-13,95	-10,28	-13,38	-8,82	-1,85
D6	T2	-20,69	-10,16	-21,49	-4,29	1,27	-5,41	-20,00	11,54	10,55	-17,65	-5,56
D6	T3	-12,59	4,97	-14,29	-1,64	-9,49	-2,03	-5,46	-10,57	-12,66	-3,92	-3,70
D7	T1	-15,94	-7,44	0,69	-23,38	-6,27	-18,54	0,00	-10,60	-13,00	-3,37	-5,88
D7	T2	-20,69	-10,56	-5,79	-12,85	-0,90	-11,89	-2,78	1,10	-5,82	-4,49	-4,17
D7	T3	-3,97	-1,84	3,81	-13,39	-10,22	-3,73	-32,77	-27,15	-25,31	1,12	-5,66
D8	T1	-12,32	-4,34	-16,67	-23,64	-10,98	-13,91	-10,30	-31,98	-34,23	-1,16	-9,80
D8	T2	-20,00	-13,31	-4,96	-15,67	-5,41	-10,49	-1,52	-1,35	-9,82	-2,33	-4,17
D8	T3	-7,14	2,12	0,95	-21,58	-8,76	-14,18	-30,67	-29,03	-31,76	-2,27	-3,77
D9	T1	-13,77	-2,86	-31,94	-11,69	-13,73	2,65	-3,03	-39,94	-41,87	-8,16	0,00
D9	T2	-18,62	-9,46	-9,09	-1,25	-0,90	-5,30	-15,48	-16,32	-22,18	-12,24	0,00
D9	T3	-6,35	1,07	1,90	-11,48	-15,69	-7,28	-13,87	-21,46	-19,60	-3,06	-5,66
D10	T1	-15,22	-11,75	-6,94	-3,92	-1,57	-8,24	-9,37	-4,71	-10,52	-6,52	0,00
D10	T2	-17,93	-15,78	-0,83	-17,89	-0,83	-17,06	-23,66	1,97	-0,30	-6,52	-3,85
D10	T3	-9,77	-1,03	5,71	-6,86	-6,93	-12,35	-3,36	-5,54	-5,46	-2,17	-3,77

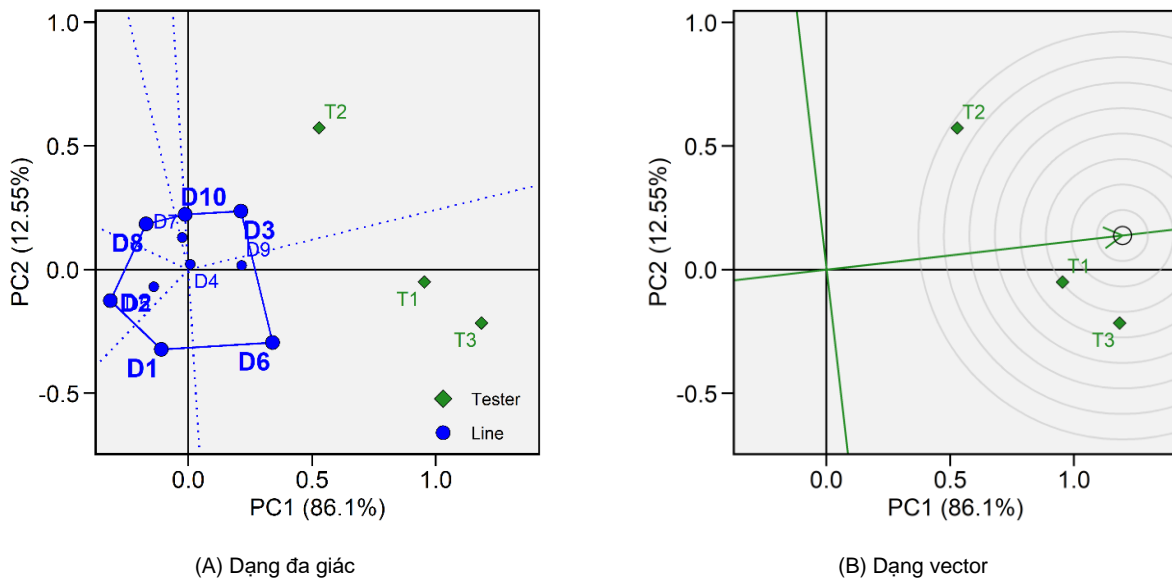
Bảng 4. Khả năng kết hợp chung về sinh trưởng, năng suất, chất lượng của các dòng cà chua bi tím

Dòng	TGST	CCC	SQC	ChDQ	DKQ	CSDQ	KLQ	NSCT	NSTT	TSS	DTQ
Dòng cà chua bi tím tự phối											
D1	2,593	-14,435	-0,730	0,307	0,455*	-0,119	5,392*	131,936	1,527	-0,279	0,029*
D2	-0,657	-15,010	-1,005	-0,168	0,012	-0,086	-1,883	-277,689*	-6,573*	-0,604*	-0,014
D3	-4,157*	-44,135*	-2,105*	0,002	-0,328*	0,234*	-0,558	-422,564*	-10,198*	0,521*	-0,031*
D4	-0,657	-35,710*	-0,530	-0,481*	-0,430*	0,059	-3,433*	-229,339	-5,698	0,021	0,009
D5	2,843	-1,885	0,420	0,017	0,020	-0,009	0,042	218,636	4,277	-0,279	-0,059*
D6	-1,157	26,540*	-0,955	0,317	0,127	0,051	2,667*	210,061	5,077	0,646*	0,036*
D7	-3,407*	29,040*	1,295*	-0,348*	0,000	-0,161*	-2,033	31,261	1,452	-0,029	-0,016
D8	-4,407*	33,140*	0,345	-0,473*	-0,085	-0,161*	-2,883*	-137,114	-3,323	-0,254	-0,019
D9	-2,157	15,665	0,120	0,004	-0,098	0,059	-0,983	-167,489	-3,248	0,446*	0,026
D10	0,343	14,440	1,545*	0,564	0,170	0,126*	3,442*	352,436*	8,677*	0,071	0,024
Dòng thử											
T1	-1,543	-2,742	2,041*	0,201*	0,036	0,066	-0,167	438,604*	9,759*	-0,097	0,007
T2	-1,271	-17,651*	0,477	-0,174*	-0,110*	-0,011	-3,013*	-162,023	-3,823	-0,425*	-0,008*
T3	-2,271	20,485*	-0,105	0,102	0,150*	-0,046	2,851*	71,313	1,995	0,257	0,010*
<i>SE_{Dòng}</i>	3,236	24,933	1,165	0,331	0,233	0,118	2,649	252,564	6,113	0,378	0,029
<i>SE_{Dòng thử}</i>	3,693	13,598	1,582	0,151	0,100	0,041	2,084	289,398	6,498	0,282	0,008

Ghi chú: *SE*: Sai số chuẩn của khả năng kết hợp chung; *: Biểu thị sự sai khác có ý nghĩa so với 0 tại $\geq SE$.



Hình 3. Biểu đồ GGE biplot biểu thị khả năng kết hợp chung về năng suất thực thu của các dòng cà chua bi tím tự phối



Hình 4. Biểu đồ GGE biplot biểu thị khả năng kết hợp chung về chỉ số độ ngọt của các dòng cà chua bi tím tự phối

Phân tích GCA trên tính trạng NSTT cho thấy dòng D10 (8,677) và dòng thử T1 (9,759) có giá trị GCA dương có ý nghĩa thống kê. Hai dòng D2 (-6,573) và D3 (-10,198) có GCA âm có ý nghĩa thống kê đối với tính trạng này. Dòng D5 (4,277), D6 (5,077) có GCA dương cao nhưng không có ý nghĩa thống kê ở mức 0 so tại mức $\geq SE$ ở tính trạng này. Đối với chỉ tiêu chất lượng, các dòng D6, D3, D9 có GCA cao có ý nghĩa thống kê về chỉ tiêu TSS và sẽ cho con lai F1 có chất lượng cao. Dòng D2 và dòng thử T2 có GCA âm có ý nghĩa thống kê ở các tính trạng này. Cả hiệu ứng trội và cộng kiểm soát sự di truyền của tính trạng tổng chất rắn hòa tan (Hannan & cs., 2007). Các hiệu ứng di truyền cộng chiếm ưu thế đối với phần lớn các tính trạng được nghiên cứu, điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc chọn giống thông qua chọn lọc các kiểu gen trong quần thể phân ly từ các tổ hợp lai triển vọng.

Nghiên cứu tiếp tục sử dụng cách tiếp cận biểu diễn đồ họa GGE biplot ước tính khả năng kết hợp của các dòng cà chua tím tự phối. Phương pháp này được đề xuất bởi Yan & Hunt (2002). Mô hình GGE biplot phân tích dữ liệu năng suất thực thu từ phép lai đỉnh giữa 10 dòng tự phối và 3 dòng thử đã giải thích được

97,81% (91,8% cho thành phần chính PC1 và 6,01% cho thành phần chính PC2) biến động kiểu hình ở tính trạng này cho thấy việc áp dụng mô hình GGE biplot cho phép lai đỉnh này là phù hợp (Hình 3A). Theo Yan & Hunt (2002), các dự đoán dựa trên biplot sẽ chính xác hơn khi độ biến thiên cao được giải thích bởi biplot. Dạng đa giác của biểu đồ biplot thấy một cách trực quan mô hình tương tác giữa các dòng cà chua bi tím tự phối và dòng thử được sử dụng với mục đích xác định cặp lai tốt nhất cho từng dòng thử. Ở biểu đồ dạng đa giác (Hình 3A, 4A), các dòng ở đỉnh trong một khu vực được coi là dòng có khả năng kết hợp tốt nhất cho dòng thử ở khu vực đó. Các dòng nằm gần gốc tọa độ của biplot ít phản ứng hơn với các dòng thử khác nhau so với các dòng tự phối khác trong các nhóm tương ứng. Các vùng đa giác không có sự xuất hiện của dòng thử cho thấy rằng chúng không kết hợp tốt với bất kỳ dòng thử nào.

Như vậy, từ biểu đồ biplot cho thấy theo thứ tự, các dòng D10 > D6 > D5 có GCA cao nhất với cả 3 dòng thử về tính trạng NSTT (Hình 3A). Áp dụng mô hình GGE biplot phân tích tính trạng TSS đã giải thích được 98,65% (86,1% cho thành phần chính PC1 và 12,55% cho thành phần chính PC2) biến động kiểu hình. Các dòng D6,

D9 có GCA dương cao về tính trạng TSS với dòng thử T1, T3, dòng D3 có GCA dương cao với dòng thử T2 về tính trạng TSS (Hình 4A). Các dòng thử có vector cùng chiều nhau, trong đó dòng thử T1 có vector dài nhất cho thấy dòng thử này có GCA cao nhất về tính trạng NSTT (Hình 3B). Một dòng thử lý tưởng phải có vectơ dài nhất trong số tất cả các dòng thử và gần tâm của các vòng tròn đồng tâm nhất. Kết quả cho thấy dòng thử lý tưởng nhất về tính trạng năng suất thực thu theo thứ tự gồm $T1 > T2 > T3$ (Hình 3B). Dòng thử lý tưởng nhất cho tính trạng TSS thứ tự gồm $T1 > T3 > T2$ (Hình 4B). Sự tương đồng giữa kết quả ước tính GCA từ biểu đồ GGE biplot và kết quả phân tích tham số di truyền cho thấy biểu đồ GGE biplot có thể sử dụng như một công cụ thống kê tin cậy để dự đoán GCA hiệu quả trên cây cà chua. Ngoài ra, biểu diễn đồ họa GGE biplot còn hỗ trợ xác định cây thử phù hợp theo các nhóm tính trạng giúp tiết kiệm thời gian, công sức lai tạo trong các nghiên cứu cải tiến tính trạng năng suất, chất lượng tiếp theo trên cây cà chua bi.

4. KẾT LUẬN

Cà chua bi quả tím có thể được lai tạo từ phép lai giữa dòng cà chua bi tím và đỏ hoặc giữa hai dòng cà chua tím. Ưu thế lai trung bình và ưu thế lai thực biến đổi khác nhau và âm ở hầu hết các cặp lai và các tính trạng nghiên cứu. Dòng cà chua tím tự phối D10 (NSTT = 33,6 tấn/ha, TSS = 9,2°Brix) có khả năng kết hợp chung cao có ý nghĩa thống kê về năng suất thực thu. Dòng D3 (NSTT = 9,7 tấn/ha, TSS = 10,0°Brix), D6 (NSTT = 26,7 tấn/ha, TSS = 10,2°Brix), D9 (NSTT = 20,1 tấn/ha, TSS = 9,8°Brix) có khả năng kết hợp chung cao có ý nghĩa thống kê về chỉ số độ ngọt. Đây là các dòng ưu tú có tiềm năng phát triển thành các giống cà chua bi tím ưu thế lai thương mại hóa tại Việt Nam.

Phương pháp phân tích tham số di truyền kết hợp biểu diễn đồ họa là công cụ tin cậy giúp dễ dàng xác định các dòng cà chua bi tím có khả năng kết hợp và dòng thử phù hợp theo các tính trạng mục tiêu.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này thuộc đề tài cấp Học viện: “Nghiên cứu ưu thế lai và khả năng kết hợp về năng suất, chất lượng giữa các dòng cà chua cherry tím, đỏ, vàng” mã số T2022-43-59. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã hỗ trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ NN&PTNT (2011a). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 01-63:2011/BNNPTNT về Khảo nghiệm giá trị canh tác và sử dụng của giống cà chua.
- Bộ NN&PTNT (2011b). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 01-70:2011/BNNPTNT về khảo nghiệm tính khác biệt, tính đồng nhất và tính ổn định của giống cà chua.
- Butelli E., Bulling K., Hill L. & Martin C. (2021). Beyond purple tomatoes: Combined strategies targeting anthocyanins to generate crimson, magenta, and indigo fruit. *Horticulturae*. 7(9).
- Chetelat R. & Peacock S. (2013). Guidelines for emasculating and pollinating tomatoes. C.M. Rick Tomato Genetics Resource Center University of California, Davis. pp. 1-3.
- Colanero S., Perata P. & Gonzali S. (2020). What's behind purple tomatoes? Insight into the mechanisms of anthocyanin synthesis in tomato fruits. *Plant Physiology*. 182(4): 1841-1853.
- Gonzali S. & Perata P. (2021). Fruit colour and novel mechanisms of genetic regulation of pigment production in tomato fruits. *Horticulturae*. 7(8).
- Hallauer A.R., Carena M.J. & Filho J.B.M. (2010). Testers and combining ability. *In: Quantitative Genetics in Maize Breeding*. pp. 383-423.
- Hannan M.M., Biswas M.K., Ahmed M.B., Hossain M. & Islam R. (2007). Combining ability analysis of yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Turkish Journal of Botany*. 31(6): 559-563.
- Herath H.N., Rafii M.Y., Ismail S.I., Jj N. & Ramlee S.I. (2021). Improvement of important economic traits in chilli through heterosis breeding: a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 96(1): 14-23.
- Kumar R., Singh S.K. & Srivastava K. (2018). Stability analysis in tomato inbreds and their F1s for yield and quality traits. *Agricultural Research*. 8(2): 141-147.
- Lenucci M.S., Cadinu D., Taurino M., Piro G. & Dalessandro G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars.

- Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(7): 2606-2613.
- Li F., Song X., Wu L., Chen H., Liang Y. & Zhang Y. (2018). Heredities on fruit color and pigment content between green and purple fruits in tomato. *Scientia Horticulturae*. 235: 391-396.
- Li Y., Nie J., Shi L., Xie Y., Tan D., Yang X., Zhang C. & Zheng J. (2022). Transcriptomic and metabolomic profiling reveals the mechanisms of color and taste development in cherry tomato cultivars. *LWT*. 167: 113810.
- Liu Z., Jiang J., Ren A., Xu X., Zhang H., Zhao T., Jiang X., Sun Y., Li J. & Yang H. (2021). Heterosis and combining ability analysis of fruit yield, early maturity, and quality in tomato. *Agronomy*. 11(4).
- Mahan A.L., Murray S.C., Rooney L.W. & Crosby K.M. (2013). Combining ability for total phenols and secondary traits in a diverse set of colored (red, blue, and purple) maize. *Crop Science*. 53(4): 1248-1255.
- Mes P.J., Boches P., Myers J.R. & Durst R. (2008). Characterization of tomatoes expressing anthocyanin in the fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 133(2): 262-269.
- Nguyễn Trung Đức, Nguyễn Thị Nguyệt Anh, Phạm Quang Tuân, Vũ Thị Thương, Nguyễn Việt Linh, Bùi Thị Thuý & Vũ Văn Liết (2023). Đánh giá đa dạng di truyền dựa trên kiểu hình quả nguồn gen cà chua bi qua ảnh. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 21(4): 401-413.
- Rehana S., Ullah M.Z., Zeba N., Narzis N., Husna A. & Siddique A.B. (2019). Estimation of heterosis for yield and yield attributing traits in tomato crossed with line and tester method. *Progressive Agriculture*. 30(2): 179-185.
- Rodríguez F., Alvarado G., Pacheco Á., Crossa J. & Burgueño J. (2015). AGD-R (Analysis of Genetic Designs with R for Windows) Version 5.0. Retrieved from <https://data.cimmyt.org/dataset.xhtml?persistentId=hdl:11529/10202> on October 20, 2022.
- Suzukawa A.K., Garcia M.M., Contreras-Soto R.I., Zeffa D.M., Coan M.M.D. & Scapim C.A. (2018). Diallel analysis of tropical and temperate sweet and supersweet corn inbred lines. *Revista Ciência Agronômica*. 49(4): 607-615.
- Tamta S. & Singh J.P. (2017). Heterosis in tomato for growth and yield traits. *International Journal of Vegetable Science*. 24(2): 169-179.
- Yan W. & Hunt L. (2002). Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*. 42(1): 21-30.