

## ƯU THỂ LAI VÀ KHẢ NĂNG KẾT HỢP VỀ NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG GIỮA CÁC DÒNG NGÔ NẾP TÍM VÀ NGÔ NGỌT

Nguyễn Thị Nguyệt Anh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Trung Đức<sup>1</sup>, Vũ Văn Liết<sup>2</sup>, Phạm Quang Tuấn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

<sup>2</sup>*Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

\*Tác giả liên hệ: nguyetanh.loveboo@gmail.com

Ngày nhận bài: 25.10.2021

Ngày chấp nhận đăng: 01.03.2022

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng kết hợp về năng suất, chất lượng giữa ngô nếp tím và ngô ngọt. Một phép lai diallel đầy đủ theo mô hình Griffing I, phương pháp 1 giữa sáu dòng thuần ngô (ba dòng nếp tím, ba dòng ngọt vàng) được thiết kế trong vụ Thu Đông 2020. Sáu dòng bố mẹ, ba mươi tổ hợp lai F<sub>1</sub> (THL) được đánh giá trong vụ Xuân 2021. Các thí nghiệm bố trí khối ngẫu nhiên hoàn toàn, ba lần nhắc lại tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam. GCA/SCA < 0,5 ở hầu hết các tính trạng cho thấy hoạt động của các gen không cộng tính ý nghĩa hơn hoạt động của các gen cộng tính đối với di truyền các tính trạng này. SCA quan trọng hơn GCA trong tạo giống ngô lai chất lượng. Hiệu ứng tương hỗ (REC) cho thấy phép lai giữa nếp tím × ngọt đem lại hiệu quả hơn so với nếp × nếp tím. Bảy THL có tiềm năng thương mại hóa, với SCA cao về các tính trạng năng suất, chất lượng gồm: THL1, THL2 (nếp tím); THL4, THL5, THL13 (nếp ngọt tím); THL20, THL30 (ngọt vàng).

Từ khóa: Lai diallel đầy đủ, ưu thể lai, purple, waxy, sweet.

### Heterosis and Combining Ability for Yield and Quality of Some Purple Waxy Corn and Sweet Corn Inbred Lines

#### ABSTRACT

This study aimed to assess the combining ability for yield and quality of purple waxy corn and sweet corn. A full diallel cross of six corn inbred lines (three purple waxy lines and three yellow sweet corn lines) was employed in 2020 Autumn-Winter season. Six parental lines and thirty F<sub>1</sub> hybrids were evaluated in 2021 Spring season at Vietnam National University of Agriculture. The field experiments were arranged in a randomized complete block design, with three replicates. The ratio of GCA/SCA less than 0.5 in most traits suggested that the non-additive gene action was more significant than the additive gene action for these traits. SCA is more important than GCA in high quality hybrid corn breeding. Reciprocal effects (REC) were found that the cross between purple waxy corn × sweet corn was more effective than the cross between sweet corn × purple waxy corn in terms of yield and quality traits. Seven hybrids that had potential commercialization with high SCA on yield-related traits and quality were identified, viz, THL1, THL2 (purple waxy), THL4, THL5, THL13 (purple waxy sweet), and THL20, THL30 (yellow sweet).

Keywords: Full diallel, heterosis, purple, waxy corn, sweet corn.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu sử dụng ngô (*Zea mays* L.) làm thực phẩm ngày càng tăng cao, đặc biệt là bắp ngô nếp, ngô ngọt phục vụ cho ăn tươi, làm gia vị chế biến các món ăn, súp và phần lớn phục vụ cho công nghệ chế biến lạnh để xuất khẩu

(Revilla & cs., 2021). Một số nghiên cứu cải thiện chất lượng của ngô thực phẩm bằng phương pháp lai giữa ngô nếp và ngô ngọt đã được thực hiện thành công, tạo ra các tổ hợp lai ngô nếp ngọt có độ ngọt cao hơn ngô nếp thông thường, hàm lượng tinh bột cao hơn ngô siêu ngọt thông thường (Zhang & cs., 2004), trên mỗi

bắp ngô có cả hạt nếp và ngọt xấp xỉ tỉ lệ 3:1 (Lertrat & Thongnarin, 2008; Dong & cs., 2019). Ngô kết hợp cả hương vị ngọt và nếp này ngày càng được ưa chuộng ở Đông Nam Á và đã chiếm khoảng 1/3 thị trường tiêu thụ ngô ăn tươi ở Trung Quốc (Dong & cs., 2019). Cùng với các dạng giống ngô ngọt truyền thống, một dạng ngô ngọt chất lượng cao ở dạng ăn tươi trực tiếp không cần qua chế biến - ngô trái cây, đã được đề xuất tại Việt Nam để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng (Nguyễn Trung Đức & cs., 2020).

Để chọn tạo những giống ngô lai lý tưởng với chất lượng tốt, năng suất cao, hiện tượng ưu thế lai và khả năng kết hợp đã được nghiên cứu, tìm hiểu và khai thác trên nhiều mô hình luân giao khác nhau (Machida & cs., 2010; Gong & cs., 2015). Lai diallel đầy đủ có thể sử dụng để ước tính khả năng kết hợp chung (GCA) và khả năng kết hợp riêng (SCA), đồng thời cũng xác định được ảnh hưởng của hiệu ứng tương hỗ (REC) (Griffing, 1956). Hai thông số di truyền, GCA và SCA đã được sử dụng để nghiên cứu hoạt động các gen cộng tính và không cộng tính, tương ứng (Sprague & Tatum, 1942), trong khi giá trị REC có tầm quan trọng lớn đối với việc lựa chọn dòng bố hoặc mẹ thích hợp trong quá trình sản xuất hạt lai (Mahgoub, 2011). Sự đóng góp tương đối của hiệu ứng GCA và SCA đối với ưu thế lai phụ thuộc vào tính trạng và giống lai (Yu & cs., 2020) và trong một số trường hợp, ví dụ, aflatoxin và năng suất hạt thì hiệu ứng GCA quan trọng hơn hiệu ứng SCA (Meseka & cs., 2018). Nghiên cứu về ưu thế lai trên ngô tẻ giữa 28 dòng thuần ôn đới và 23 dòng thuần nhiệt đới, Yu & cs. (2020) đã chỉ ra ưu thế lai có tương quan thuận, có ý nghĩa thống kê với SCA hơn GCA, cho thấy SCA có thể được sử dụng trong dự đoán ưu thế lai để phát triển các con lai tiềm năng trong chọn giống ngô thương mại. Bản đồ gen các tính trạng năng suất và chất lượng đã được lập khi Park & cs. (2013) và Park & cs. (2014) nghiên cứu quần thể F2:3 từ phép lai giữa dòng ngô nếp trắng 02S6140 và dòng thuần ngô ngọt vàng KSS22. Tiến hành dự đoán ưu thế lai giữa ngô nếp trắng và ngô

ngọt vàng, Dermail & cs. (2020) chỉ ra rằng một số cặp bố mẹ có ưu thế lai cao trong khi SCA thấp trên một số tính trạng cho thấy sự vắng mặt của các hiệu ứng không cộng tính bao gồm cả hiệu ứng di truyền trội. Do đó, sự thích nghi của các dòng bố mẹ đóng một vai trò quan trọng để giải thích hiện tượng ưu thế lai cao này. Tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu về ưu thế lai trên ngô tẻ về đặc tính quang hợp (Phạm Văn Cường & Vương Quỳnh Đông, 2009) và khả năng chịu úng (Nguyễn Văn Lộc & Nguyễn Việt Long, 2015). Khả năng kết hợp đã được nghiên cứu trên cây ngô nếp trắng (Lê Thị Minh Thảo & cs., 2011; Phạm Quang Tuấn & cs., 2016; Trần Thị Thanh Hà & cs., 2017) và trên cây ngô ngọt (Nguyễn Thị Nhài & cs., 2020; Trần Thị Thanh Hà & cs., 2020). Như vậy, trên thế giới và tại Việt Nam cho đến nay chưa có nghiên cứu về ưu thế lai và khả năng kết hợp giữa ngô nếp tím và ngô ngọt.

Thông tin về khả năng kết hợp và giá trị ưu thế lai rất hữu ích cho việc phát triển giống ngô lai mới. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là xác định ưu thế lai và khả năng kết hợp giữa các dòng thuần ngô nếp tím và ngô ngọt về các tính trạng năng suất, chất lượng, tạo tiền đề cho phát triển các giống ngô thực phẩm chất lượng ở các tỉnh phía Bắc Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Vật liệu nghiên cứu bao gồm: (1) sáu dòng thuần bố mẹ, trong đó có 3 dòng thuần ngô nếp, hạt tím (S6-S8) và 3 dòng thuần ngô ngọt, hạt vàng (S7-S8) được phát triển bằng tự phối từ giống ngô thụ phấn tự do của Việt Nam và các giống ngô lai đơn nhập nội từ Thái Lan, Hàn Quốc, Trung Quốc (Bảng 1); (2) Ba mươi tổ hợp lai (THL) diallel theo mô hình Griffing I giữa 6 dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt (Bảng 2). Thí nghiệm so sánh với 5 giống đối chứng gồm giống ngô nếp tím Fancy111 (Thái Lan), VNUA141 (Việt Nam); giống ngô nếp trắng HN88 (Trung Quốc); giống ngô ngọt vàng GoldenCob (Thái Lan); giống ngô nếp ngọt tím VNUA161 (Việt Nam).

**Bảng 1. Dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt được sử dụng trong nghiên cứu**

Tên dòng	Phả hệ	Đời tự phối	Nguồn gốc	Đặc điểm hạt
FP	NT41 × GSW3	8	Việt Nam	Nếp, bán đá, màu tím
TL	WaxyCorn SupremeF1	7	Thái Lan	Nếp, bán đá, màu tím
HQ	Heuk Ma 1 Ho	6	Hàn Quốc	Nếp, bán đá, màu tím
L1	GSW3	8	Trung Quốc	Ngọt, nhân nheo, màu vàng
D76	ThaiSuperSweet	7	Thái Lan	Ngọt, nhân nheo, màu vàng
D78	DQT1	7	Trung Quốc	Ngọt, nhân nheo, màu vàng

**Bảng 2. Lai diallel theo mô hình Griffing I giữa 6 dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt trong vụ Thu Đông 2020 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Mẹ \ Bố	FP	TL	HQ	L1	D76	D78
	FP	FP	THL1	THL2	THL3	THL4
TL	THL6	TL	THL7	THL8	THL9	THL10
HQ	THL11	THL12	HQ	THL13	THL14	THL15
L1	THL16	THL17	THL18	L1	THL19	THL20
D76	THL21	THL22	THL23	THL24	D76	THL25
D78	THL26	THL27	THL28	THL29	THL30	D78

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Tiến hành lai tạo THL trong vụ Thu Đông 2020 (gieo vào tháng 8/2020) và đánh giá các THL diallel trong vụ Xuân 2021 (gieo vào tháng 3/2021). Hai thí nghiệm được bố trí trên đồng ruộng trong đó, thí nghiệm vụ Xuân 2021 được bố trí khối ngẫu nhiên hoàn toàn (RCBD) với ba lần nhắc lại tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam (Gia Lâm, Hà Nội). Đánh giá các đặc điểm nông học, năng suất và chất lượng ăn tươi của các vật liệu ngô theo Quy chuẩn Việt Nam QCVN 01-56:2011/BNNPTNT và QCVN 01-66:2011/BNNPTNT (Bộ NN&PTNT, 2011a; b). Phân tích chỉ số đại diện độ ngọt (Brix) vào giai đoạn chín sữa theo phương pháp của Kleinhenz & Bumgarner (2012). Đo độ dày vỏ hạt bằng vi trắc kế theo phương pháp của Choe (2010). Phân tích hàm lượng anthocyanin tổng số bằng phương pháp pH vi sai theo Giusti & Wrolstad (2001); Huỳnh Thị Kim Cúc & cs. (2004). Mô tả chi tiết các bước phân tích anthocyanin tổng số được trình bày trong nghiên cứu của (Phạm Quang Tuấn & cs., 2016).

## 2.3. Xử lý dữ liệu

Tổng hợp số liệu bằng phần mềm Microsoft Excel 2016. Phân tích phương sai một nhân tố (ANOVA) sử dụng phần mềm Statistix ver. 10.0.

Mô hình ANOVA một nhân tố thiết kế theo khối ngẫu nhiên đầy đủ (RCBD) như sau:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

Trong đó:  $X_{ij}$  là giá trị quan sát được của nhân tố thí nghiệm  $i$  tại khối  $j$ ,  $\mu$  là giá trị trung bình chung,  $\tau_i$  là ảnh hưởng của nhân tố thí nghiệm  $i$ ,  $\beta_j$  là ảnh hưởng của khối  $j$  và  $e_{ij}$  là sai số ngẫu nhiên.

Tầm quan trọng của hiệu ứng GCA và SCA đã được kiểm tra bằng kiểm định ‘t’. Biểu đồ tương quan được tính bằng gói “*corrplot*” và vẽ bằng gói “*ggplot2*” trên phần mềm R 4.1.0 (R Core Team, 2021). Tính ưu thế lai trung bình (Hm), ưu thế lai thực (Hb) và phân tích khả năng kết hợp theo mô hình Griffing I, phương pháp 1 sử dụng phần mềm AGD-R (Analysis of Genetic Designs with R for Windows) Ver. 5.0 (Rodríguez & cs., 2015).

Công thức tính ưu thế lai như sau:

$$H_m = \frac{F_1 - \text{Trung bình bố mẹ}}{\text{Trung bình bố mẹ}} \times 100$$

$$H_b = \frac{F_1 - \text{Bố mẹ tốt nhất}}{\text{Bố mẹ tốt nhất}} \times 100$$

Mô hình Griffing I, phương pháp 1 có phương trình như sau:

$$y_{ijk} = \mu + \text{REP}_k + \text{gca}_i + \text{sca}_{ij} + m_i + r_{ij} + e_{ijk}$$

Trong đó:

$y_{ijk}$  là giá trị quan sát được;

$\mu$  là giá trị trung bình của tính trạng;

$\text{REP}_k$  là hiệu ứng nhắc lại ( $k = 1, 2, \dots, r$ );

$\text{gca}_i$  là hiệu ứng khả năng kết hợp chung ( $i = 1, 2, \dots, p$ );

$\text{sca}_{ij}$  là hiệu ứng khả năng kết hợp riêng ( $i = 1, 2, \dots, p$  và  $j = 1, 2, \dots, p$ );

$m_i$  là hiệu ứng dòng mẹ ( $i = 1, 2, \dots, p$ );

$r_{ij}$  là hiệu ứng tương hỗ ( $i = 1, 2, \dots, p$  và  $j = 1, 2, \dots, p$ );

$e_{ijk}$  là sai số.

Các thành phần phương sai được tính theo công thức sau:

$$\sigma_{\text{GCA}}^2 = \frac{1}{2rp} (\text{MS}_{\text{gca}} - \text{MS}_e)$$

$$\sigma_{\text{SCA}}^2 = \frac{1}{2rp} (\text{MS}_{\text{sca}} - \text{MS}_e)$$

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

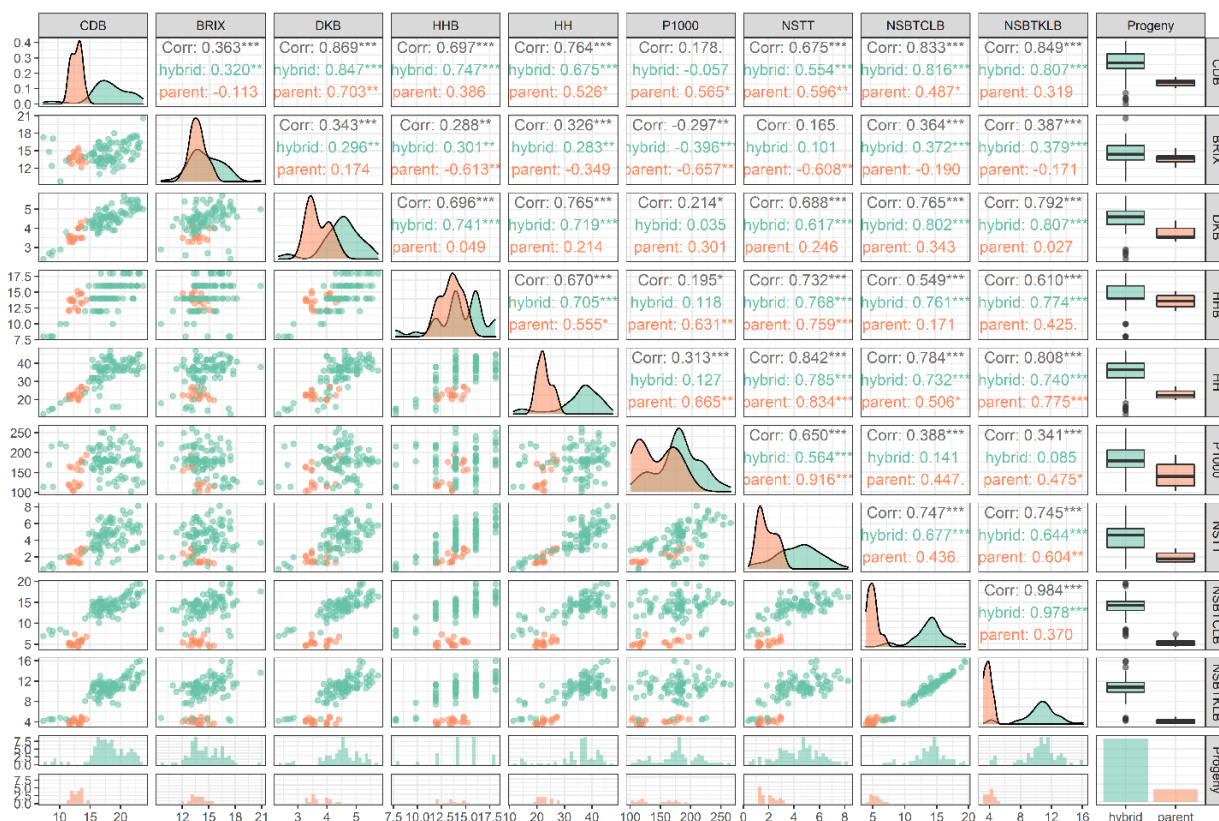
#### 3.1. Kết quả phân tích tương quan

Kết quả từ biểu đồ boxplot cho thấy THL  $F_1$  có ưu thế vượt trội về tất cả tính trạng so với bố mẹ của chúng (Hình 1). Phân tích mức độ tương quan giữa các tính trạng năng suất và chất lượng của các dòng bố mẹ và THL  $F_1$  cho thấy, tính trạng NSBTCLB và NSBTKLB của cả dòng bố mẹ và THL có tương quan thuận, chặt có ý nghĩa thống kê  $P < 0,001$  với tất cả các chỉ tiêu gồm CDB ( $r^2 = 0,833^{***}$  và  $r^2 = 0,849^{***}$ , tương ứng), DKB ( $r^2 = 0,765^{***}$  và  $r^2 = 0,792^{***}$ , tương ứng); HH ( $r^2 = 0,784^{***}$  và  $r^2 = 0,808^{***}$ , tương ứng), HHB ( $r^2 = 0,549^{***}$  và  $r^2 = 0,610^{***}$ , tương ứng), P1000 ( $r^2 = 0,388^{***}$  và  $r^2 = 0,341^{***}$ ,

tương ứng), NSTT ( $r^2 = 0,747^{***}$  và  $r^2 = 0,745^{***}$ , tương ứng), BRIX ( $r^2 = 0,364^{***}$  và  $r^2 = 0,387^{***}$ , tương ứng) (Hình 1). Xét riêng mối tương quan này ở các dòng bố mẹ cho thấy, tính trạng NSBTCLB tương quan thuận, chặt với CDB ( $r^2 = 0,487^*$ ) và HH ( $r^2 = 0,506^*$ ); tính trạng NSBTKLB tương quan thuận, chặt với HH ( $r^2 = 0,775^{***}$ ), P1000 ( $r^2 = 0,475^*$ ), NSTT ( $r^2 = 0,604^{**}$ ). Đối với các THL  $F_1$ , NSBTCLB và NSBTKLB tương quan thuận, chặt với hầu hết các tính trạng có ý nghĩa ở  $P < 0,001$  (trừ tính trạng P1000). Tính trạng BRIX có sự tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê  $P < 0,01$  với P1000 ( $r^2 = -0,297^{**}$ ). Mối tương quan nghịch giữa hai chỉ tiêu này thể hiện ở cả dòng bố mẹ ( $r^2 = -0,657^{**}$ ) và THL  $F_1$  ( $r^2 = -0,396^{***}$ ).

#### 3.2. Ưu thế lai trung bình và ưu thế lai thực

Việc sử dụng ưu thế lai có tầm quan trọng rất lớn đối với sản xuất nông nghiệp và một trong những ví dụ thành công nhất trong cây trồng là cây ngô - một cây trồng lý tưởng để nghiên cứu ưu thế lai (Hochholdinger & Baldauf, 2018; Xiao & cs., 2021). Ưu thế lai trung bình ( $H_m$ ) xác định phần trăm tăng giảm của THL so với giá trị trung bình của bố mẹ và ưu thế lai thực ( $H_b$ ) xác định phần trăm tăng giảm của THL so với giá trị của bố mẹ tốt nhất. Phân tích ưu thế lai  $H_m$ ,  $H_b$  về 9 tính trạng năng suất, chất lượng của các THL giữa ngô nếp tím và ngô ngọt (Bảng 3 và Bảng 4). Kết quả, ưu thế lai  $H_m$ ,  $H_b$  dương đối với tính trạng NSBTCLB và NSBTKLB cho thấy tất cả các THL có 2 tính trạng này vượt trội hơn so với trung bình bố mẹ (từ 46,8-245,6% và 12,2-267,9%, tương ứng) và so với bố mẹ tốt nhất (từ 39,5-228,8% và 11,1-257,9%, tương ứng). Một số THL có ưu thế lai  $H_m$ ,  $H_b$  cao về NSBTCLB và NSBTKLB gồm THL5, THL13, THL20. Các THL có ưu thế lai cao về NSBTCLB và NSBTKLB thì đều có ưu thế lai cao về HH (số hạt trên hàng). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Yu & cs. (2020). Nghiên cứu của Yu & cs. (2020) còn chỉ ra số hạt trên hàng và tổng số hạt trên bắp là hai đặc điểm quan trọng nhất quyết định ưu thế lai năng suất, có thể được sử dụng làm tiêu chí lựa chọn trực tiếp cho ưu thế lai năng suất.



Ghi chú: Sự phân bố mật độ của mỗi tính trạng được hiển thị ở đường chéo với màu xanh biểu thị con lai F1 và màu hồng 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 Boxplot phía bên phải minh họa cho sự khác biệt giữa con lai và các dòng bố mẹ. NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bị; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bị; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu; hybrid: con lai; parent: dòng bố mẹ.

**Hình 1. Biểu đồ tương quan giữa các tính trạng năng suất, chất lượng của dòng bố mẹ và tổ hợp lai F<sub>1</sub>**

Đối với tính trạng BRIX, giá trị Hm (-9,0-20,3%), Hb (-9,4-17,2%) tương đối thấp, trong đó 8 và 12 THL có giá trị Hm và Hb âm, tương ứng, cho thấy các THL này có BRIX thấp hơn so với trung bình bố mẹ và so với bố mẹ tốt nhất. Một số THL có ưu thế lai Hm và Hb cao về BRIX gồm THL1 (19,1% và 17,2%, tương ứng), THL5 (20,1% và 14,1%, tương ứng), THL13 (18,7% và 15,3%, tương ứng), THL20 (20,3% và 15,9%, tương ứng). Ưu thế lai Hm và Hb về tính trạng CDB, DKB hầu hết mang giá trị dương cho thấy các THL có ưu thế hơn so với các dòng bố mẹ về chỉ tiêu kích thước bắp. Các THL có NSTT vượt trội hơn so với bố mẹ thể hiện ở ưu thế

lai Hm, Hb hầu hết mang giá trị dương, trừ THL7, THL18, THL29. Nghiên cứu chọn giống ngô thực nghiệm, Riedelsheimer & cs. (2012) chỉ ra rằng năng suất của các cặp bố mẹ không có quan hệ nhân quả với việc tạo ra con lai ưu tú. Napolitano & cs. (2020) cũng có phát hiện tương tự trên cây dưa thơm. Các giống ngô lai xuất sắc không nhất thiết phải có nguồn gốc từ bố mẹ triển vọng. Do đó, để xác định các dòng bố mẹ có tiềm năng lớn trong việc tạo ra con lai, không chỉ bằng hiệu suất, các nhà chọn giống cần phải khả năng kết hợp đã được ước tính và sử dụng để chọn các dòng bố mẹ mong muốn và do đó là dòng lai của chúng.

**Bảng 3. Ưu thế lai trung bình (Hm) về tính trạng năng suất và chất lượng của các tổ hợp lai giữa ngô nếp tím và ngô ngọt**

THL	Dòng mẹ	Dòng bố	NSBTCLB	NSBTKLB	BRIX	CDB	DKB	HHB	HH	P1000	NSTT
THL1	FP	TL	200,2	198,4	19,1	58,0	22,4	21,2	70,9	31,4	190,7
THL2	FP	HQ	155,8	149,6	9,7	37,7	17,1	20,1	31,7	31,5	135,4
THL3	FP	L1	134,9	141,1	-7,3	48,6	13,5	8,4	58,9	26,6	135,5
THL4	FP	D76	182,8	173,2	14,5	67,8	42,9	20,2	72,4	27,0	203,8
THL5	FP	D78	245,6	267,9	20,1	64,3	23,1	23,5	81,1	26,5	160,4
THL6	TL	FP	158,8	145,0	0,9	34,8	10,5	7,2	51,6	31,4	139,2
THL7	TL	HQ	46,8	12,2	-9,0	-21,1	-11,5	-34,6	-23,1	32,1	-25,2
THL8	TL	L1	186,5	190,6	7,7	41,5	31,3	19,7	56,2	28,3	172,8
THL9	TL	D76	182,6	187,1	6,8	31,6	27,0	2,2	68,4	28,7	119,9
THL10	TL	D78	182,0	179,8	6,8	42,2	15,3	20,0	79,5	28,2	182,0
THL11	HQ	FP	150,8	153,8	3,1	22,7	15,8	-12,2	48,6	31,5	81,2
THL12	HQ	TL	172,2	170,7	16,7	34,4	38,0	2,8	87,1	26,1	182,6
THL13	HQ	L1	207,6	236,0	18,7	64,6	55,0	33,3	64,3	28,6	189,8
THL14	HQ	D76	131,1	133,6	4,8	17,2	25,2	6,0	30,2	29,1	83,5
THL15	HQ	D78	175,6	187,8	7,8	33,1	35,3	-1,0	68,5	28,5	116,2
THL16	L1	FP	130,3	133,1	3,8	36,0	13,8	8,4	72,8	26,6	142,4
THL17	L1	TL	143,0	155,5	-4,3	37,9	24,8	-5,2	25,0	14,1	37,6
THL18	L1	HQ	111,0	98,0	-3,7	43,1	12,6	-16,1	-32,5	28,6	-26,4
THL19	L1	D76	150,0	175,8	13,5	65,3	35,7	23,7	67,4	17,5	160,8
THL20	L1	D78	239,4	262,8	20,3	82,3	31,2	32,7	77,0	17,1	189,6
THL21	D76	FP	137,3	128,1	-0,8	22,5	16,3	5,8	57,6	27,0	119,8
THL22	D76	TL	178,9	160,2	-1,0	71,1	55,8	2,2	83,5	28,7	181,3
THL23	D76	HQ	130,6	126,7	2,6	39,4	27,8	15,6	75,5	23,7	165,5
THL24	D76	L1	121,6	132,4	13,2	37,5	19,9	8,2	70,5	13,7	119,6
THL25	D76	D78	173,3	171,8	10,8	70,4	33,1	18,8	62,6	6,9	114,6
THL26	D78	FP	139,7	132,3	-4,7	18,2	-7,5	-11,1	31,9	22,9	55,5
THL27	D78	TL	120,8	110,4	-2,8	20,7	5,1	-5,0	26,0	27,5	80,8
THL28	D78	HQ	170,1	179,8	0,1	29,3	18,4	13,9	67,1	28,6	139,3
THL29	D78	L1	54,8	20,9	14,5	-32,5	-31,4	-36,3	-34,6	13,3	-47,0
THL30	D78	D76	195,2	193,2	14,2	50,0	22,9	13,7	81,0	11,7	152,6

*Ghi chú: NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bi; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bi; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu.*

### 3.3. Phân tích khả năng kết hợp

Kết quả phân tích theo mô hình Griffing 1 phương pháp 1 cho thấy bình phương trung bình của cả 9 tính trạng bao gồm NSBTCLB, NSBTKLB, BRIX, CDB, DKB, HHB, HH, P1000, NSTT có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy

99% ( $P < 0,01$ ) đối với các THL (cross), cho thấy rằng sự khác biệt giữa các THL tồn tại ở cả 9 tính trạng đánh giá (Bảng 5). Các trung bình bình phương có ý nghĩa đối với GCA và SCA về cả 9 tính trạng. Bình phương trung bình của hiệu ứng tương hỗ (REC), hiệu ứng di truyền mẹ (Maternal) có ý nghĩa đối với 8 tính trạng ở P

<0,01 (trừ tính trạng P1000). Khả năng kết hợp chung (GCA) có liên quan đến các hiệu ứng di truyền cộng tính trong khi khả năng kết hợp riêng (SCA) có liên quan đến các hiệu ứng di truyền không cộng tính bao gồm hiệu ứng trội và tương tác gen trong chương trình chọn giống ưu thế lai (Hallauer & cs., 2010). Kết quả cho thấy phương sai khả năng kết hợp riêng ( $\sigma_{SCA}^2$ )

cao hơn phương sai khả năng kết hợp chung ( $\sigma_{GCA}^2$ ) ở hầu hết các tính trạng gồm NSBTCLB, NSBTKLB, BRIX, CDB, DKB, HHB, HH, NSTT cho thấy đối với các tính trạng này hoạt động của các gen không cộng có ý nghĩa hơn hoạt động của các gen cộng tính  $\left( \frac{\sigma_{GCA}^2}{\sigma_{SCA}^2} < 0,5 \right)$ .

**Bảng 4. Ưu thế lai thực (Hb) về tính trạng năng suất và chất lượng của các tổ hợp lai giữa ngô nếp tím và ngô ngọt**

THL	Dòng mẹ	Dòng bố	NSBTCLB	NSBT KLB	BRIX	CDB	DKB	HHB	HH	P1000	NSTT
THL1	FP	TL	172,7	175,9	17,2	49,1	12,6	19,8	54,4	24,9	145,5
THL2	FP	HQ	143,9	132,8	8,0	35,5	7,4	19,8	25,8	23,8	117,7
THL3	FP	L1	116,6	114,6	-8,5	37,4	5,0	1,4	41,9	3,2	72,9
THL4	FP	D76	170,3	164,6	10,6	59,1	29,3	15,2	59,4	1,9	126,1
THL5	FP	D78	209,5	223,6	14,1	60,6	21,7	15,2	60,6	3,5	86,0
THL6	TL	FP	135,0	126,6	-0,7	27,2	1,7	5,9	37,0	24,9	102,0
THL7	TL	HQ	39,5	11,1	-9,0	-24,4	-11,9	-35,2	-27,5	30,8	-32,3
THL8	TL	L1	181,9	178,8	4,6	38,5	30,5	13,2	54,3	9,1	129,1
THL9	TL	D76	167,9	173,7	1,6	30,9	24,6	-0,9	64,2	7,6	87,9
THL10	TL	D78	177,6	165,0	0,0	37,3	7,3	13,2	75,9	9,3	128,6
THL11	HQ	FP	139,1	136,8	1,5	20,8	6,2	-12,4	41,9	23,8	67,6
THL12	HQ	TL	158,7	168,1	16,7	28,8	37,4	1,9	76,4	24,8	155,9
THL13	HQ	L1	197,0	219,3	15,3	54,5	53,5	25,0	53,2	10,2	124,8
THL14	HQ	D76	130,5	124,8	-0,3	12,9	23,4	1,9	25,9	8,8	44,5
THL15	HQ	D78	158,0	170,0	0,9	32,1	25,4	-7,4	55,9	10,5	62,6
THL16	L1	FP	112,4	107,5	2,4	25,8	5,2	1,4	54,4	3,2	77,9
THL17	L1	TL	139,0	145,1	-7,0	34,9	24,1	-10,3	23,5	-3,0	15,5
THL18	L1	HQ	103,7	88,2	-6,5	34,3	11,5	-21,3	-37,1	10,2	-42,9
THL19	L1	D76	140,7	152,7	11,1	61,0	32,5	20,6	61,3	15,1	155,5
THL20	L1	D78	228,8	257,9	15,9	72,3	22,7	32,3	75,6	16,6	177,1
THL21	D76	FP	126,8	120,9	-4,2	16,2	5,2	1,4	45,7	1,9	63,5
THL22	D76	TL	164,4	148,0	-5,8	70,2	53,0	-0,9	78,9	7,6	140,3
THL23	D76	HQ	130,0	118,1	-2,4	34,3	26,0	11,1	69,6	4,3	109,1
THL24	D76	L1	113,4	112,9	10,9	33,8	17,1	5,5	64,2	11,4	115,1
THL25	D76	D78	155,2	146,0	8,9	65,3	21,7	15,5	55,4	4,3	101,4
THL26	D78	FP	114,6	104,4	-9,4	15,5	-8,6	-17,1	17,0	0,5	11,0
THL27	D78	TL	117,3	99,3	-9,0	16,5	-2,2	-10,3	23,5	8,7	46,6
THL28	D78	HQ	152,8	162,6	-6,3	28,4	9,8	6,5	54,6	10,6	79,9
THL29	D78	L1	49,9	19,3	10,3	-36,2	-35,9	-36,5	-35,1	12,9	-49,3
THL30	D78	D76	175,7	165,4	12,3	45,5	12,4	10,6	73,0	9,0	137,0

Ghi chú: NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bị; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bị; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu.

Ưu thế lai và khả năng kết hợp về năng suất và chất lượng giữa các dòng ngô nếp tím và ngô ngọt

**Bảng 5. Phân tích phương sai khả năng kết hợp chung (GCA) và khả năng kết hợp riêng (SCA) của các dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt**

Nguồn biến động	df	Trung bình bình phương								
		NSBT CLB	NSBT KLB	BRIX	CDB	DKB	HHB	HH	P1000	NSTT
Nhắc lại (rep)	2	0,21	0,55	3,38	0,61	0,11	1,02	12,90	939,55	1,32**
THL (cross)	35	46,23**	30,84**	5,54**	36,33**	1,24**	13,65**	215,53**	3377,70**	9,10**
GCA	5	13,73**	9,84**	13,34**	15,96**	0,37**	8,30**	231,59**	18386,96**	18,31**
SCA	15	80,58**	47,89**	3,15*	37,47**	1,17**	5,88**	207,13**	1687,13**	7,48**
Reciprocal	15	22,72**	20,80**	5,33**	42,00**	1,60**	23,20**	218,58**	65,18	7,66**
Maternal	5	31,85**	30,57**	8,23**	71,02**	2,79**	21,69**	198,61**	72,12	6,53**
No Maternal	10	18,16**	15,91**	3,88*	27,48**	1,00**	23,96**	228,56**	61,71	8,22**
Residual	70	0,42	0,37	1,55	0,55	0,05	0,94	5,96	307,73	0,20
$\sigma_{GCA}^2$		0,37	0,26	0,33	0,43	0,01	0,20	6,27	502,20	0,50
$\sigma_{SCA}^2$		26,72	15,84	0,53	12,30	0,37	1,65	67,06	459,80	2,43
$\sigma_{GCA}^2 / \sigma_{SCA}^2$		0,01	0,02	0,61	0,03	0,02	0,12	0,09	1,09	0,21

Ghi chú: NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bì; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bì; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu; \*\*, \*: có ý nghĩa ở  $P < 0,01$ ,  $P < 0,05$  tương ứng.  $\sigma_{GCA}^2$ : phương sai khả năng kết hợp chung;  $\sigma_{SCA}^2$ : phương sai khả năng kết hợp riêng;  $\sigma_{GCA}^2 / \sigma_{SCA}^2$ : tỉ lệ phương sai khả năng kết hợp chung trên khả năng kết hợp riêng.

**Bảng 6. Khả năng kết hợp chung của các dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt**

Dòng bố mẹ	NSBT CLB	NSBT KLB	BRIX	CDB	DKB	HHB	HH	P1000	NSTT
FP	1,08**	0,84**	-0,26	0,89**	0,13**	0,74**	3,62**	28,14**	1,21**
TL	-0,37*	-0,27*	-0,68*	-0,75**	-0,09*	-0,15	-0,88	16,54**	0,16
HQ	-0,36*	-0,43**	-0,57*	-0,60**	-0,05	-0,05	-1,14*	16,00**	0,19*
L1	-0,64**	-0,49**	0,16	-0,30*	-0,11*	-0,40*	-3,02**	-19,53**	-0,70**
D76	0,26*	0,39**	0,49*	0,63**	0,11*	0,38	2,56**	-22,04**	-0,15
D78	0,03	-0,04	0,85**	0,14	0,01	-0,52*	-1,14*	-19,12**	-0,71**

Ghi chú: NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bì; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bì; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu; \*\*, \*: có ý nghĩa ở  $P < 0,01$ ,  $P < 0,05$  tương ứng.

Kết quả cũng cho thấy rằng SCA quan trọng hơn so với GCA trong chọn tạo giống ngô lai chất lượng cao. Phương sai khả năng kết hợp chung ( $\sigma_{GCA}^2$ ) lớn hơn ở các tính trạng P1000 chỉ ra rằng hiệu ứng của các gen cộng tính đóng một vai trò quan trọng trong việc di truyền tính trạng này ( $\frac{\sigma_{GCA}^2}{\sigma_{SCA}^2} > 1$ ). Kết quả này phù hợp với

nghiên cứu của Amiruzzaman & cs. (2010) khi đánh giá khả năng kết hợp của bảy dòng thuần

ngô theo mô hình lai diallel. Việc đánh giá ảnh hưởng của gen rất hữu ích trong chọn tạo giống ngô, ví dụ dòng có giá trị GCA cao cho thấy một số gen cộng tính được di truyền từ bố mẹ sang con cái. Hơn nữa, giá trị cao có thể cho thấy hệ số di truyền cao và ảnh hưởng môi trường thấp, điều này cũng có thể dẫn đến tương tác gen thấp, phản ứng chọn lọc cao và khả năng thích ứng lớn (Onofri & cs., 2021). Hiệu suất GCA của các thế hệ sau có thể được dự đoán bằng cách đánh giá GCA của một dòng ở thế hệ sớm, tiết



kiệm thời gian và chi phí. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, phần lớn các tính trạng có tác động của gen không cộng tính, do vậy việc chọn lọc nên được thực hiện ở các thế hệ sau, khi các gen sẽ được cố định trong các dòng thuần đồng hợp tử. Từ đây, các nghiên cứu phát triển ngô chất lượng tiếp theo nên tập trung làm thuần dòng trước khi tiến tới lai tạo THL.

Thông tin về khả năng kết hợp chung (GCA) rất hữu ích cho việc xác định các cặp lai bố mẹ ưu tú sử dụng trong các chương trình chọn tạo giống. Các dòng bố mẹ được chọn phải có GCA cao, khác biệt đáng kể so với mức 0 và giá trị trung bình cao để dự đoán thế hệ sau tốt nhất dựa trên GCA (Khamphan & cs., 2020). GCA của 6 dòng bố mẹ ngô nếp tím và ngô ngọt đã được ước lượng về 9 tính trạng liên quan đến năng suất, chất lượng (Bảng 6).

Kết quả cho thấy rằng, dòng ngô nếp tím FP có GCA dương, có ý nghĩa ở  $P < 0,01$  đối với

hầu hết các tính trạng (trừ BRIX). Dòng ngô nếp tím TL có GCA dương đối với tính trạng P1000 (16,54;  $P < 0,01$ ), GCA về NSTT đạt giá trị dương (0,16) nhưng không có ý nghĩa thống kê, GCA về các tính trạng còn lại đều âm. Tương tự, dòng ngô nếp tím HQ có GCA dương đối với các tính trạng P1000 (16,00;  $P < 0,01$ ) và NSTT (0,19;  $P < 0,05$ ), GCA về các tính trạng còn lại cũng mang giá trị âm. Đối với các dòng ngô ngọt L1, D76, D78 đều có GCA âm về tính trạng P1000, NSTT có ý nghĩa ở  $P < 0,01$  (trừ dòng D76 không có ý nghĩa đối với tính trạng NSTT). Dòng D76 có GCA dương, có ý nghĩa đối với các tính trạng gồm NSBTCLB (0,26;  $P < 0,05$ ), NSBTKLB (0,39;  $P < 0,01$ ), BRIX (0,49;  $P < 0,05$ ), CDB (0,63;  $P < 0,01$ ), DKB (0,11;  $P < 0,05$ ) và HH (2,56;  $P < 0,01$ ). Dòng D78 có GCA cao nhất về tính trạng BRIX (0,85;  $P < 0,01$ ), cùng với dòng D76 là các vật liệu ưu tú cho mục tiêu cải tiến độ ngọt trong chương trình chọn tạo giống ngô chất lượng.

**Bảng 7. Khả năng kết hợp riêng của các dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt**

Dòng mẹ	Dòng bố	NSBTCLB	NSBTKLB	BRIX	CDB	DKB	HHB	HH	P1000	NSTT
Nhóm ngô nếp tím										
FP	TL	2,47**	1,89**	0,96*	2,04**	0,09	1,40**	3,34**	12,22	1,367**
FP	HQ	1,69**	1,27**	0,38	0,49	0,04	-0,03	0,43	10,80	0,414*
TL	HQ	-0,65*	-1,00**	0,23	-1,94**	-0,24**	-2,14**	-0,57	6,42	-0,192
Nhóm ngô ngọt										
L1	D76	0,64*	1,00**	0,81	1,01**	0,09	0,69	4,54**	-0,17	0,330
L1	D78	0,57*	-0,12	1,32**	-1,23**	-0,43**	-1,08**	-3,43**	-0,29	-0,246
D76	D78	2,15**	1,56**	0,62	2,82**	0,32**	0,81*	2,99**	-7,29	0,109
Nhóm ngô nếp ngọt										
FP	L1	0,29	0,20	-1,03*	0,68*	0,02	-0,01	6,15**	8,29	0,785**
FP	D76	1,51**	0,83**	0,12	0,59*	0,32**	0,21	1,73	8,41	0,815**
FP	D78	2,58**	2,26**	0,14	1,13**	-0,03	-0,22	1,76	5,61	-0,003
TL	L1	2,07**	1,86**	-0,36	0,88**	0,38**	0,55	0,98	0,70	0,138
TL	D76	2,59**	2,02**	-0,23	1,86**	0,51**	-0,56	4,40**	10,84	0,443*
TL	D78	0,30	0,18	-0,45	0,40	-0,08	0,67	1,42	10,25	0,462**
HQ	L1	2,51**	1,89**	0,29	3,31**	0,53**	0,78*	-2,43*	9,60	0,143
HQ	D76	0,55*	0,42	-0,22	-0,44	-0,06	0,67	1,66	6,06	0,496**
HQ	D78	2,13**	1,95**	-0,30	0,95**	0,50**	0,57	7,19**	9,74	0,926**

Ghi chú: NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bị; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bị; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu; \*\*, \* có ý nghĩa ở  $P < 0,01$ ,  $P < 0,05$  tương ứng.

Phân tích khả năng kết hợp có vai trò quan trọng trong việc xác định bố mẹ hoặc tổ hợp lai tốt nhất cho một chương trình chọn tạo giống. Trong khi khả năng kết hợp chung GCA là hiệu suất trung bình của một dòng trong tổ hợp lai, thì khả năng kết hợp riêng SCA là độ lệch của các phép lai dựa trên hiệu suất trung bình của các dòng liên quan (Yu & cs., 2020). Kết quả cho thấy, đối với tính trạng NSBTCLB, 8 THL có SCA dương, có ý nghĩa ở  $P < 0,01$  (FP × TL, FP × HQ, FP × D76, FP × D78, TL × L1, TL × D76, HQ × L1, HQ × D76) và 2 THL có ý nghĩa ở  $P < 0,05$  (L1 × D76, L1 × D78). Tương tự, 10 THL bao gồm FP × TL, FP × HQ, FP × D78, FP × D78, TL × L1, TL × D76, HQ × L1, HQ × D76, L1 × D76, D76 × D78 có SCA về NSBTCLB dương, có ý nghĩa ở  $P < 0,01$ . Các THL có giá trị SCA dương, có ý nghĩa kể trên có giá trị trung bình về hai chỉ tiêu NSBTCLB, NSBTKLB cao, trong đó thuộc nhóm

ngô nếp tím gồm THL1 (FP × TL, 16,96 tấn/ha, 13,19 tấn/ha tương ứng với NSBTCLB, NSBTKLB), THL2 (FP × HQ, 15,17 tấn/ha, 11,13 tấn/ha tương ứng), thuộc nhóm ngô ngọt gồm THL20 (L1 × D78, 17,26 tấn/ha, 13,35 tấn/ha tương ứng), thuộc nhóm ngô nếp ngọt gồm THL4 (FP × D76, 16,81 tấn/ha, 12,65 tấn/ha tương ứng), THL5 (FP × D78, 19,25 tấn/ha, 15,47 tấn/ha tương ứng), THL13 (HQ × L1, 16,75 tấn/ha, 13,22 tấn/ha tương ứng). Đối với tính trạng BRIX, SCA cao nhất ở THL ngô nếp L1 × D78 (1,32,  $P < 0,01$ ) và THL ngô nếp tím FP × TL (0,96,  $P < 0,05$ ), giá trị BRIX trung bình của 2 THL này lần lượt là 17,23%, 15,7%, thuộc mức cao đối với nhóm ngô ngọt và ngô nếp. Một số THL có SCA về tính trạng chỉ số độ ngọt BRIX dương nhưng không có ý nghĩa thống kê bao gồm FP × HQ, TL × HQ, FP × D76, FP × D78, HQ × L1, L1 × D76, D76 × D78 (Bảng 7).

**Bảng 8. Hiệu ứng tương hỗ giữa các dòng thuần ngô nếp tím, ngô ngọt**

Dòng mẹ	Dòng bố	NSBTCLB	NSBTKLB	BRIX	CDB	DKB	HHB	HH	P1000	NSTT
Nhóm ngô nếp tím										
FP	TL	1,17**	1,18**	1,20**	1,53**	0,232**	1,00**	2,33**	0,02	0,65**
FP	HQ	0,15	-0,10	0,43	1,03**	0,027	2,33**	-2,17**	0,00	0,75**
TL	HQ	-3,36**	-3,25**	-1,67**	-3,60**	-0,870**	-2,67**	-12,67**	4,98	-2,39**
Nhóm ngô ngọt										
L1	D76	0,78**	0,89**	0,02	1,70**	0,273**	1,00**	-0,33	2,18	0,30**
L1	D78	4,70**	4,45**	0,42	7,23**	1,202**	4,33**	11,67**	2,18	1,59**
D76	D78	-0,58**	-0,44**	-0,25	1,32**	0,192**	0,33	-2,00**	-2,72	-0,26*
Nhóm ngô nếp ngọt										
FP	L1	0,13	0,17	-0,75*	0,82**	-0,002	0,00	-1,67**	-0,02	-0,07
FP	D76	1,35**	1,05**	1,07**	3,00**	0,508**	1,00**	1,83**	0,00	0,94**
FP	D78	2,95**	2,85**	1,75**	3,15**	0,633**	2,33**	5,83**	2,72	1,12**
TL	L1	1,13**	0,69**	0,80**	0,22	0,115*	1,67**	3,33**	10,00*	1,17**
TL	D76	0,10	0,58**	0,53*	-2,47**	-0,502**	0,00	-1,67**	0,00	-0,54**
TL	D78	1,53**	1,33**	0,67*	1,38**	0,198**	1,67**	5,67**	0,50	0,85**
HQ	L1	2,63**	2,72**	1,50**	1,37**	0,752**	3,33**	11,00**	0,00	2,13**
HQ	D76	0,02	0,15	0,15	-1,45**	-0,045	-0,67**	-5,33**	3,68	-0,82**
HQ	D78	0,15	0,15	0,53*	0,25	0,320**	-1,00**	0,17	-0,05	-0,22*

Ghi chú: NSBTCLB: năng suất bắp tươi có lá bị; NSBTKLB: năng suất bắp tươi không lá bị; BRIX: chỉ số đại diện độ ngọt; CDB: chiều dài bắp; DKB: đường kính bắp; HHB: số hàng hạt trên bắp; HH: số hạt trên hàng; P1000: khối lượng 1.000 hạt khô; NSTT: năng suất hạt khô thực thu; \*\*, \* có ý nghĩa ở  $P < 0,01$ ,  $P < 0,05$  tương ứng.

Hiệu ứng tương hỗ (REC) ảnh hưởng rất nhiều đến việc ước tính GCA và SCA trong một phép lai diallel (Fan & cs., 2014). REC có ý nghĩa đối với hầu hết các THL nghiên cứu ở các tính trạng phân tích (Bảng 8).

Điều này cho thấy sự đóng góp đáng kể của hiệu ứng di truyền mẹ đối với các chỉ tiêu NSBTCLB, NSBTKLB, BRIX, CDB, DKB, HHB, HH, NSTT. Các giá trị REC dương thể hiện ưu thế của các THL nghịch so với các THL thuận (Mahgoub, 2011). Trong nhóm ngô nếp tím, REC mang giá trị dương ở hầu hết các chỉ tiêu đối với THL FP × HQ, FP × TL, ngược lại, THL TL × HQ mang giá trị âm ở hầu hết các tính trạng. Kết quả này gợi ý rằng dòng FP và TL nên được khai thác tương ứng là mẹ và bố trong các phép lai nhằm cải thiện các tính trạng năng suất, chất lượng của ngô nếp tím. Tương tự đối với các THL ngô ngọt, hiệu ứng tương hỗ có giá trị dương về hầu hết các tính trạng ở THL L1 × D76, L1 × D78 và mang giá trị âm ở hầu hết các tính trạng ở THL D76 × D78. Do đó, dòng L1 và D76 cũng được khuyến cáo nên khai thác tương ứng là mẹ và bố trong các phép lai. Đối với các THL ngô nếp ngọt, hiệu ứng tương hỗ mang giá trị dương ở hầu hết các tính trạng, chỉ ra rằng trong phép lai giữa dòng mẹ ngô nếp tím với dòng bố ngô ngọt (lai nghịch) đem lại hiệu quả hơn so với phép lai giữa dòng mẹ ngô ngọt và dòng bố ngô nếp tím (lai thuận) nhằm cải thiện các tính trạng này. Các kết quả tương tự đã được báo cáo bởi (Ketthaisong & cs., 2014).

#### 4. KẾT LUẬN

Các THL F<sub>1</sub> có ưu thế lai cao so với dòng bố mẹ về các tính trạng NSBTCLB (Hm từ 46,8-245,6%, Hb từ 39,5-228,8%), NSBTKLB (Hm từ 12,2-267,9%, Hb từ 11,1-257,9%) nhưng có ưu thế lai thấp về tính trạng BRIX (Hm từ -9,0-20,3%, Hb từ -9,4-17,2%).

Dòng thuần ngô nếp tím FP (GCA cao về tính trạng năng suất) và hai dòng ngô ngọt vàng D76, D78 (GCA về tính trạng độ Brix) là các vật liệu ưu tú cho mục tiêu cải tiến năng suất và độ ngọt trong các chương trình chọn tạo giống ngô chất lượng.

Hiệu ứng tương hỗ có ý nghĩa đối với hầu hết các THL cho thấy sự đóng góp đáng kể của hiệu ứng di truyền mẹ. Kết quả phân tích hiệu ứng tương hỗ gợi ý rằng phép lai giữa dòng mẹ ngô nếp tím với dòng bố ngô ngọt đem lại hiệu quả hơn so với phép lai giữa dòng mẹ ngô ngọt và dòng bố ngô nếp tím về các tính trạng năng suất, chất lượng. Hai THL ngô nếp tím THL1 (FP × TL), THL2 (FP × HQ); ba THL ngô nếp tím THL4 (FP × D76), THL5 (FP × D78), THL13 (HQ × L1); và hai THL ngô ngọt gồm THL20 (L1 × D78), THL30 (D78 × D76) là các THL có năng suất cao và chất lượng tốt, triển vọng về NSBTCLB (15,17-19,25 tấn/ha), NSBTKLB (11,13-15,47 tấn/ha), BRIX (14,47-17,23%), hàm lượng anthocyanin tổng số (111,80-121,60 mg/100g đối với THL có hạt màu tím). Trong đó có bốn THL chất lượng vỏ hạt mỏng gồm THL5, THL13, THL20 và THL30. Các THL triển vọng này đề nghị tiếp tục được đưa vào hệ thống đánh giá đa môi trường ở các vụ tiếp theo.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Dự án Việt Bỉ - Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã cấp một phần kinh phí hỗ trợ chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Amiruzzaman M., Islam M. A., Hassan L. & Rohman M.M. (2010). Combining ability and heterosis for yield and component characters in maize. *Academic Journal of Plant Sciences*. 3(2): 79-84.
- Bộ NN&PTNT (2011a). QCVN01-56:2011/BNNPTNT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm giá trị canh tác và giá trị sử dụng của giống ngô.
- Bộ NN&PTNT (2011b). QCVN01-66:2011/BNNPTNT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm tính khác biệt, tính đồng nhất và tính ổn định của giống ngô.
- Choe E. (2010). Marker assisted selection and breeding for desirable thinner pericarp thickness and ear traits in fresh market waxy corn germplasm. Doctoral dissertation, University of Illinois, Urbana, IL. <http://hdl.handle.net/2142/15562>: 1-135.
- Dermail A., Suriharn B., Chankaew S., Sanitchon J. & Lertrat K. (2020). Hybrid prediction based on

- SSR-genetic distance, heterosis and combining ability on agronomic traits and yields in sweet and waxy corn. *Scientia Horticulturae*. p. 259.
- Dong L., Qi X., Zhu J., Liu C., Zhang X., Cheng B., Mao L. & Xie C. (2019). Supersweet and waxy: meeting the diverse demands for specialty maize by genome editing. *Plant Biotechnology Journal*. 17(10): 1853-1855.
- Fan X.M., Zhang Y.D., Yao W.H., Bi Y.Q., Liu L., Chen H. M. & Kang M.S. (2014). Reciprocal diallel crosses impact combining ability, variance estimation, and heterotic group classification. *Crop Science*. 54(1): 89-97.
- Giusti M. & Wrolstad R. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*. 1: 1-13.
- Gong F., Wu X., Zhang H., Chen Y. & Wang W. (2015). Making better maize plants for sustainable grain production in a changing climate. *Frontiers in Plant Science*. 6: 835.
- Griffing B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences*. 9(4): 463-493.
- Hallauer A.R., Carena M.J. & Filho J.B.M. (2010). Testers and combining ability. Trong: *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 383-423p.
- Hochholdinger F. & Baldauf J.A. (2018). Heterosis in plants. *Current Biology*. 28(18): R1089-R1092.
- Huỳnh Thị Kim Cúc, Phạm Châu Quỳnh, Nguyễn Thị Lan & Trần Khôi Uyên (2004). Xác định hàm lượng Anthocyanin trong một số nguyên liệu rau quả bằng phương pháp pH vi sai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*. 3(7): 47-54.
- Keththaisong D., Suriharn B., Tangwongchai R. & Lertrat K. (2014). Combining ability analysis in complete diallel cross of waxy corn (*Zea mays* var. *ceratina*) for starch pasting viscosity characteristics. *Scientia Horticulturae*. 175: 229-235.
- Khamphan P., Lomthaisong K., Harakotr B., Scott M. P., Lertrat K. & Suriharn B. (2020). Combining ability and heterosis for agronomic traits, husk and cob pigment concentration of maize. *Agriculture*. 10(11).
- Kleinhenz M. D. & Bumgarner R.N. (2012). Using °Brix as an indicator of vegetable quality instructions for measuring °brix in cucumber, leafy greens, sweet corn, tomato, and watermelon. Fact sheet HYG-1653-12, *Agriculture and Natural Resources*, The Ohio State University.
- Lê Thị Minh Thảo, Phan Đức Thịnh, Phạm Quang Tuấn & Vũ Văn Liết (2011). Khả năng kết hợp của các dòng ngô nếp tự phối từ nguồn gen ngô nếp địa phương thuộc các nhóm dân tộc khác nhau. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 9(4): 550-559
- Lertrat K. & Thongnarin N. (2008). Novel approach to eating quality improvement in local waxy corn: Improvement of sweet taste in local waxy corn variety with mixed kernels from super sweet corn. *International Society for Horticultural Science (ISHS)*, Leuven, Belgium. pp. 145-150.
- Machida L., Derera J., Tongoona P. & Macrobert J. (2010). Combining ability and reciprocal cross effects of elite quality protein maize inbred lines in subtropical environments. *Crop Science*. 50(5): 1708-1717.
- Mahgoub G. M. A. (2011). Partitioning of general and specific combining ability effects for estimating maternal and reciprocal effects. *Journal of Agricultural Science*. 3(2): 213.
- Meseka S., Williams W. P., Warburton M.L., Brown R.L., Augusto J., Ortega-Beltran A., Bandyopadhyay R. & Menkir A. (2018). Heterotic affinity and combining ability of exotic maize inbred lines for resistance to aflatoxin accumulation. *Euphytica*. 214(10): 184.
- Napolitano M., Terzaroli N., Kashyap S., Russi L., Jones-Evans E. & Albertini E. (2020). Exploring heterosis in melon (*Cucumis melo* L.). *Plants* (Basel). 9(2): 282.
- Nguyễn Thị Nhài, Đặng Ngọc Hạ, Nguyễn Văn Diên, Đỗ Văn Dũng & Kiều Quang Luận (2020). Kết quả nghiên cứu chọn tạo và khảo nghiệm giống ngô đường lai DL89. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*. 4(113): 10-15.
- Nguyễn Trung Đức, Phạm Quang Tuấn, Nguyễn Thị Nguyệt Anh & Vũ Văn Liết (2020). Nghiên cứu tuyển chọn một số dòng ngô ngọt phục vụ chọn giống ngô trái cây dựa trên kiểu hình và chỉ thị phân tử. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 18(12): 1102-1113.
- Nguyễn Văn Lộc & Nguyễn Việt Long (2015). Ưu thế lai một số chỉ tiêu liên quan đến khả năng chịu úng của cây ngô (*Zea mays* L.). *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 13(5): 694-704.
- Onofri A., Terzaroli N. & Russi L. (2021). Linear models for diallel crosses: a review with R functions. *Theoretical and Applied Genetics*. 134(2): 585-601.
- Park K.J., Sa K.J., Kim B.W., Koh H.J. & Lee J.K. (2014). Genetic mapping and QTL analysis for yield and agronomic traits with an F<sub>2:3</sub> population derived from a waxy corn × sweet corn cross. *Genes & Genomics*. 36(2): 179-189.
- Park K.J., Sa K.J., Koh H.J. & Lee J.K. (2013). QTL analysis for eating quality-related traits in an F<sub>2:3</sub> population derived from waxy corn × sweet corn cross. *Breeding science*. 63(3): 325-332.

- Phạm Quang Tuân, Nguyen The Hung, Nguyen Viet Long, Nguyen Thi Nguyet Anh & Vu Van Liet (2016). Evaluation of purple waxy corn lines for hybrid variety development. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*. 14(3): 328-337.
- Phạm Quang Tuân, Nguyễn Việt Long, Nguyễn Thị Nguyệt Anh & Vũ Văn Liết (2016). Đánh giá khả năng kết hợp một số tính trạng chất lượng của các dòng ngô nếp tự phối. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 14(9): 1341-1349.
- Phạm Văn Cường & Vương Quỳnh Đông (2009). Ưu thế lai về các đặc tính quang hợp và nông học ở ngô lai F1 (*Zea mays* L.). *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 7(2): 137-143.
- Revilla P., Anibas C.M. & Tracy W.F. (2021). Sweet corn research around the world 2015-2020. *Agronomy*. 11(3).
- Riedelsheimer C., Czedik-Eysenberg A., Grieder C., Lisek J., Technow F., Sulpice R., Altmann T., Stitt M., Willmitzer L. & Melchinger A.E. (2012). Genomic and metabolic prediction of complex heterotic traits in hybrid maize. *Nature Genetics*. 44(2): 217-220.
- Sprague G.F. & Tatum L.A. (1942). General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. *Agronomy Journal*. 34(10): 923-932.
- Trần Thị Thanh Hà, Vũ Văn Liết, Vũ Thị Bích Hạnh, Nguyễn Văn Hà, Dương Thị Loan & Hoàng Thị Thùy (2020). Chọn lọc và đánh giá khả năng kết hợp của một số dòng ngô ngọt. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 18(12): 1067-1076.
- Trần Thị Thanh Hà, Vũ Văn Liết, Vũ Thị Bích Hạnh, Nguyễn Văn Hà, Dương Thị Loan, Hoàng Thị Thùy & Nguyễn Văn Việt (2017). Chọn lọc và đánh giá khả năng kết hợp của dòng tự phối ngô nếp chất lượng vỏ hạt mỏng dựa trên kiểu hình và chỉ thị phân tử. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 15(8): 989-1001.
- Xiao Y., Jiang S., Cheng Q., Wang X., Yan J., Zhang R., Qiao F., Ma C., Luo J., Li W., Liu H., Yang W., Song W., Meng Y., Warburton M.L., Zhao J., Wang X. & Yan J. (2021). The genetic mechanism of heterosis utilization in maize improvement. *Genome Biology*. 22(1): 148.
- Yu K., Wang H., Liu X., Xu C., Li Z., Xu X., Liu J., Wang Z. & Xu Y. (2020). Large-scale analysis of combining ability and heterosis for development of hybrid maize breeding strategies using diverse germplasm resources. *Frontiers in Plant Science*. 11(660).
- Zhang S.H., Cai Z.R., Yang H. & Xu H.Z. (2004). Study on breeding of sweet-wax maize with two recessive sweet genes. *Journal of Maize Sciences*. 4.