

## PHÁT TRIỂN VÀ CHỌN LỌC CÁC DÒNG Ngô TRÁI CÂY GIÀU ANTHOCYANIN

Phạm Quang Tuân<sup>1</sup>, Nguyễn Trung Đức<sup>1\*</sup>,  
Nguyễn Thị Nguyệt Anh<sup>1</sup>, Vũ Thị Xuân Bình<sup>2</sup>, Vũ Văn Liết<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Ban Khoa học và Công nghệ, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

<sup>3</sup>*Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

\*Tác giả liên hệ: [ntduc@vnua.edu.vn](mailto:ntduc@vnua.edu.vn)

Ngày nhận bài: 15.11.2021

Ngày chấp nhận đăng: 05.07.2022

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này tiến hành nhằm phát triển và chọn lọc dòng ngô trái cây giàu anthocyanin ưu tú phục vụ chương trình chọn giống ngô trái cây ưu thế lai ăn tươi không qua chế biến. Hai chiến lược phát triển dòng được áp dụng gồm (i) lai trở lại giữa ngô nếp tím và ngô ngọt trắng và (ii) chọn lọc hỗn hợp ở quần thể F<sub>2</sub> từ phép lai ngô nếp tím với ngô ngọt vàng dựa trên chỉ thị hình thái hạt màu tím đậm và nhăn nheo. Kết quả đã chọn được 02 dòng ưu tú gồm UV10 từ chiến lược 1 và dòng TD05 chọn từ chiến lược 2. Hai dòng này mỏng vỏ, trong đó UV10 đạt 35,2µm và TD05 đạt 31,4µm, độ ngọt cao với chỉ số độ ngọt °Brix của UV10 đạt 17,4% và TD05 đạt 22,5%; giàu anthocyanin trong đó UV10 đạt 139,9 mg/100g và TD05 đạt 136,9 mg/100g hạt. Các tổ hợp lai (THL) ngô trái cây giàu anthocyanin có thể được tạo ra từ phép lai giữa dòng thuần ngô ngọt tím với dòng ngô ngọt trắng hoặc vàng. Màu tím ở vỏ hạt là tính trạng trội và được di truyền từ dòng ngọt tím sang tất cả thế hệ F<sub>1</sub>. Năng suất bắp tươi và chất lượng của các THL tương đương với giống ngô ngọt vàng SW1011, vượt trội so với ngô nếp tím Fancy111, cho thấy tiềm năng thương mại hoá.

Từ khoá: Ngô trái cây, anthocyanin, triển vọng, UV10, TD05.

### Development and Selection of Anthocyanin-Rich Fruit Corn Lines

#### ABSTRACT

This study aimed to develop and select elite anthocyanin-rich fruit corn lines for hybrid fruit corn breeding which can eat fresh without processing. Two strategies were applied viz, (i) backcross between purple waxy corn and white sweet corn, and (ii) mass selection from F<sub>2</sub> population crossed between purple waxy corn and yellow sweet corn based on morphological markers such as dark purple color and shrunken kernels. Two superior lines viz, UV10 from the first strategy and TD05 from the second strategy were selected. These lines had thin pericarp (35.2µm in UV10 line and 31.4µm in TD05), high sweetness with °Brix of 17.4% in UV10 and 22.5% in TD05, and high anthocyanin content (139.9 mg/100g in UV10, and 136.9 mg/100g in TD05). Anthocyanin-rich fruit corn hybrids could be generated from a cross between purple sweet corn inbred lines and white sweet corn or with yellow sweet corn lines. Purple color in seed coat is a dominant trait and inherited to the F<sub>1</sub> generation. The marketable yield and quality of the purple sweet corn hybrids were comparable to yellow sweet corn SW1011 and predominated to purple waxy corn Fancy111, indicating the commercial potential.

Keywords: Fruit corn, anthocyanin, elite, UV10, TD05.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong 10 năm trở lại đây, định hướng chọn tạo các giống ngô thực phẩm bao gồm ngô nếp, ngô ngọt chất lượng cao, nâng cao dinh dưỡng,

cải tiến chất lượng, đa dạng hóa sự lựa chọn cho người tiêu dùng để mở rộng chuỗi giá trị cây ngô luôn được các nhà chọn giống tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam tập trung nghiên cứu mạnh. Ngô nếp tím (*Zea mays* L. var. *Ceratina*

Kulesh.) là một nguồn giàu chất kháng oxy hóa anthocyanin, với tổng hàm lượng anthocyanin thay đổi từ 21 mg/100g đến 618 mg/100g chất khô (Chatham & cs., 2018). Anthocyanin đã được chứng minh là có thể mang lại nhiều lợi ích về sức khỏe như kéo dài tuổi thọ (Butelli & cs., 2008), chống viêm, chống oxy hóa, chống tiểu đường, chống ung thư, bảo vệ tim mạch, chống tăng huyết áp, cũng như hoạt động ngăn ngừa suy giảm nhận thức và mất trí nhớ do tuổi tác (Cassidy & cs., 2016; Yousuf & cs., 2016). Ngô ngọt (*Zea mays* L. var. *Rugosa* Bonaf.) đã trở thành một loại cây trồng quan trọng về mặt kinh tế, phục vụ ăn tươi, đóng hộp và đông lạnh do hàm lượng đường cao (Revilla & cs., 2021). Ngô ngọt là kết quả đột biến tự nhiên từ ngô đá với các gen lặn phổ biến như *su1*, *sh2*, *bt1*, *se* làm chậm quá trình chuyển hóa đường thành tinh bột trong quá trình phát triển nội nhũ và dẫn đến tích tụ đường trong hạt (Tracy & cs., 2019). Ngô siêu ngọt mang đột biến lặn *sh2* duy trì lượng đường cao, có tốc độ tích lũy tinh bột ổn định, giúp kéo dài thời gian thu hoạch và thích hợp cho mục đích vận chuyển. Các giống ngô ngọt hiện đại có màu hạt vàng và hiện tại chưa có giống ngô ngọt tím thương mại. Gần đây, Nguyễn Trung Đức & cs. (2020) đã đề xuất một dạng ngô ngọt mới - ngô trái cây giàu dinh dưỡng, không chỉ dùng để chế biến mà còn có thể ăn tươi trực tiếp ở giai đoạn thu bắp tươi 18-24 ngày sau thụ phấn. Khác với ngô nếp, ngô tẻ và ngô ngọt thông thường, mục tiêu chọn tạo ngô trái cây bao gồm độ ngọt cao tự nhiên, vỏ hạt mỏng, đường kính lõi nhỏ, kết hạt đều, vị tươi ngon, giàu dinh dưỡng và dễ tiêu hóa. Như vậy, để đáp ứng mục tiêu trên thì kết hợp giữa kiểu hình ngô ngọt và sắc tố tím sẽ là chiến lược đúng đắn để chọn tạo giống ngô trái cây giàu chất kháng oxy hóa anthocyanin.

Phát triển các dòng thuần ngô ngọt tím là bước quan trọng nhất, cũng là bước khó nhất, là công nghệ cốt lõi quyết định sự thành công của chương trình chọn giống ngô trái cây lai giàu anthocyanin. Đột biến tự nhiên làm cho ngô siêu ngọt mang gen *sh2* có vị trí cực kỳ gần với đột biến ức chế quá trình sinh tổng hợp sắc tố tím anthocyanin *anthocyaninless-1* (*a1*) (Brewbaker

& Martin, 2015). Đồng hợp tử trội *A1* tạo ra anthocyanin, trong khi thể đồng hợp tử lặn (*a1a1*) không có sắc tố tím. Phân tích di truyền cho thấy rằng các hiệu ứng gen cộng tính có đóng góp lớn vào sự di truyền màu tím ở bắp, vì vậy việc chọn lọc các dòng có hàm lượng anthocyanins cao có thể được thực hiện ở ngay ở thể hệ ban đầu (Harakotr & cs., 2016). Tuy nhiên, màu tím ở hạt ngô di truyền rất phức tạp và cần có alen trội cho cả bố và mẹ để có màu tím đậm nhất (Mahan & cs., 2013). Khoảng 140kb (*a1-sh2*) của bộ gen ngô trên nhiễm sắc thể số 3 chứa ít nhất 4 gen là *a1*, *yz1*, *x1* và *sh2* (Yao & cs., 2002). Vì khoảng cách giữa hai gen này chỉ là 0,1cM, nên để phát triển các dòng ngô siêu ngọt màu tím, đen phụ thuộc vào việc phá vỡ liên kết di truyền chặt chẽ này. Dạng đứt gãy liên kết *A1a1sh2sh2* xảy ra với tần suất rất thấp là 1 trong 1000 (99,9%) trong quá trình giảm phân. Nhóm nghiên cứu của Anirban & O'hare (2020) đã phá vỡ được liên kết chặt chẽ này bằng cách lai một dòng ngô siêu ngọt màu trắng (*a1a1sh2sh2*) với dòng ngô tím (*A1A1Sh2Sh2*), sau đó chọn lọc cá thể và tự phối dựa trên kiểu hình đặc trưng nhăn nheo của hạt ngô ngọt với sắc tố tím. Đây là những gợi ý quan trọng để phát triển thành công các dòng ngô tím siêu ngọt tại Việt Nam.

Nghiên cứu của Phạm Quang Tuấn & cs. (2018) khi tiến hành lai trở lại để cải tiến chất lượng ngô nếp tím đã sử dụng một dòng ngô ngọt trắng D1 lai với 4 dòng ngô tím đến đời BC2F1 cho thấy có sự phân ly hạt nếp và hạt đường có thể dễ dàng nhận biết bằng chỉ thị hình thái (dạng hạt nhăn nheo và sắc tố tím ở vỏ hạt). Kết quả quan sát từ quần thể phân ly  $F_2$  từ phép lai giữa 4 dòng ngô nếp tím với giống ngô ngọt vàng YSW3 (Quảng Tây, Trung Quốc) cũng phát hiện các kiểu hình hạt tím đậm và nhăn nheo trên các bắp. Đây là những nguồn vật liệu quan trọng để tiếp tục phát triển các dòng ngô ngọt tím.

Nghiên cứu này trình bày thông tin ngắn mô tả các dòng ngô trái cây giàu anthocyanin triển vọng, sự di truyền của các tính trạng quan trọng khi lai giữa ngô ngọt tím với ngô ngọt trắng, giữa ngô ngọt tím với ngô ngọt vàng và

đặc điểm của các tổ hợp lai ngô trái cây giàu anthocyanin ưu tú.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Vật liệu nghiên cứu được kế thừa và phát triển từ nghiên cứu của Phạm Quang Tuân & cs. (2018) gồm: 40 dòng ngô ngọt tím trong đó 20 dòng UV (ký hiệu UV03, UV07, UV08, UV10, UV12, UV16, UV18, UV24, UV29, UV30, UV31, UV35, UV36, UV38, UV40, UV42, UV46, UV71, UV73, UV74) phát triển từ phép lai trở lại giữa ngô nếp tím (NT12, NT19, NT35, NT41) với ngô ngọt trắng (Đ1), 20 dòng ngô ngọt tím TD (TD01 đến TD20) chọn lọc hỗn hợp từ phép lai dòng thuần ngô nếp tím (NT12, NT19, NT35, NT41) với giống ngô ngọt vàng lai (YSW3) trên chỉ thị hình thái hạt màu tím đậm và nhăn nheo; 02 cây thử là dòng thuần ngô ngọt vàng SW1 và dòng thuần ngô ngọt trắng D181; 80 tổ hợp lai (THL) đỉnh và 02 đối chứng là giống ngô nếp tím Fancy111 (Công ty Advanta) và giống ngô ngọt vàng SW1011 (Công ty Việt Thái).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thí nghiệm đánh giá, chọn lọc dòng ngô ngọt tím triển vọng được tiến hành trong vụ Thu Đông 2019, lai tạo các THL đỉnh được tiến hành trong vụ Xuân 2020, đánh giá các dòng và THL triển vọng tiến hành trong vụ Thu Đông 2020 và Xuân 2021 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Thí nghiệm được bố trí theo khối ngẫu nhiên đầy đủ với ba lần nhắc lại ở tất cả các thời vụ. Mật độ trồng hàng cách hàng 70cm, cây cách cây 25cm tương ứng với mật độ 57.000 cây/ha. Chăm sóc, bón phân, phòng trừ sâu bệnh hại và đánh giá các đặc điểm sinh trưởng, năng suất theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm giá trị canh tác và sử dụng QCVN 01-56:2011/BNNPTNT (Bộ NN&PTNT, 2011a). Mô tả dòng theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm tính khác biệt, tính đồng nhất và tính ổn định của giống ngô QCVN 01-66:2011/BNNPTNT (Bộ NN&PTNT, 2011b). Tổng chất rắn hoà tan (TSS) hay còn gọi là chỉ số đại diện độ ngọt °Brix được đo theo phương

pháp của Kleinhenz & Bumgarner (2012) bằng khúc xạ kế đo độ ngọt điện tử ATAGO PAL-1 (Atago co., Ltd, Nhật Bản). Độ dày vỏ hạt được đo bằng vi trắc kế theo phương pháp của Choe (2010). Hàm lượng anthocyanin được phân tích bằng phương pháp pH vi sai theo Giusti & Wrolstad (2001). Các bước tiến hành phân tích anthocyanin được mô tả tại nghiên cứu trước đó của nhóm tác giả Phạm Quang Tuân & cs. (2016). Chọn lọc dòng ngô ngọt tím triển vọng dựa vào bốn chỉ tiêu chính bao gồm tổng lượng chất rắn hoà tan (°Brix  $\geq$  13), hàm lượng anthocyanin tổng số ( $\geq$  100 mg/100g hạt khô), độ dày vỏ hạt ( $\leq$  60 $\mu$ m) và năng suất hạt khô ( $\geq$  0,8 tấn/ha). Chọn lọc THL ngô ngọt tím triển vọng bằng chỉ số chọn lọc kiểu gen đa tính trạng MGIDI đề xuất bởi Olivoto & Nardino (2021).

### 2.3. Phân tích số liệu

Số liệu được tổng hợp trên phần mềm Microsoft Excel. Tính trạng năng suất bắp tươi và các chỉ tiêu chất lượng của THL đỉnh trong vụ Xuân 2021 được phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) trên phần mềm Statistix ver.10. Chỉ số MGIDI có công thức như sau:

$$MGIDI_i = \left[ \sum_{j=1}^f (y_{ij} - y_j)^2 \right]^{0,5}$$

Trong đó: MGIDI<sub>i</sub> là chỉ số khoảng cách kiểu gen đa tính trạng cho kiểu gen thứ i;  $y_{ij}$  là điểm của hàng thứ i / kiểu gen / xử lý trong nhân tố thứ j (i = 1, 2,..., g; j = 1, 2,..., f), với g là số kiểu gen, f là số yếu tố;  $y_j$  là điểm thứ j của kiểu cây lý tưởng. Chỉ số chọn lọc MGIDI được tính bằng hàm mgidi() trên gói "metan" phát triển bởi Olivoto & Lúcio (2020) trên phần mềm R 4.1.1 (R Core Team, 2021).

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Kết quả đánh giá dòng ngô ngọt tím

Phát triển dòng thuần bố mẹ đồng hợp tử về alleles A1sh2/A1sh2 hoặc A1bt1/A1bt1 là yếu tố then chốt quyết định thành công của chương trình chọn tạo giống ngô lai ngọt tím. Do vậy, hai chiến lược được áp dụng để phát

triển các dòng ngô ngọt tím là chọn lọc từ phép lai trở lại giữa các dòng ngô nếp tím và ngô ngọt trắng và chọn lọc hỗn hợp từ quần thể phân ly  $F_2$  từ phép lai giữa các dòng ngô nếp tím và giống ngô ngọt vàng.

Đối với chiến lược thứ nhất, nhóm tác giả đã tiến hành phát triển các dòng ngô ngọt tím từ phép lai trở lại giữa bốn dòng ngô tím NT12, NT19, NT35, NT41 với dòng ngô ngọt trắng Đ1 từ vụ Xuân 2015 tại Gia Lâm, Hà Nội. Thế hệ BC2F1 chọn lọc bằng chỉ thị hình thái (hạt màu tím đậm, nhăn nheo) được 20 dòng để đánh giá trong vụ Xuân 2016. Ở chiến lược thứ 2, tiến hành chọn lọc từ quần thể phân ly  $F_2$  và tự phối đến đời thứ 5 giữa bốn dòng ngô tím NT12, NT19, NT35, NT41 và giống ngô ngọt vàng YSW3 (nguồn gốc Quảng Tây, Trung Quốc). Tiến hành chọn lọc các dòng ngô ngọt tím tự phối đời S5 trong vụ Thu Đông 2019 được 40 dòng triển vọng (20 dòng UV và 20 dòng TD). Trong đó kết quả đánh giá đã chọn được hai dòng ngô trái cây giàu anthocyanin triển vọng UV10 và TD05 có chỉ số độ ngọt > 16, hàm lượng anthocyanin tổng số > 100 mg/100g và độ dày vỏ hạt < 50 $\mu$ m thuộc nhóm mỏng vỏ theo phân loại của Choe (2010) và đề xuất mới đây của So (2018) (Bảng 1). Hai dòng ngô ngọt tím triển vọng này đều có năng suất hạt thực thu > 0,8 tấn/ha.

Trên thế giới, có ba nhóm nghiên cứu đã báo cáo về ngô ngọt có màu sắc bao gồm ngô siêu ngọt màu đỏ (Siam Ruby Queen - red supersweet corn) của Thái Lan (Brewbaker & Martin, 2015), ngô ngọt màu đen (Black Sweet Corn) của nhóm nghiên cứu Trung Quốc (Hu & cs., 2020a; Hu & cs., 2020b) và ngô siêu ngọt màu tím của nhóm nghiên cứu Australia (Anirban & O'hare, 2020; Hong & cs., 2020; Hong & cs., 2021). Hiện tại, các kết quả của cả ba nhóm nghiên cứu này mới dừng lại ở các nghiên cứu sinh tổng hợp, tích lũy, thay đổi của các vitamin và anthocyanin ở giai đoạn thu hoạch và một số gợi ý phát triển dòng từ nhóm nghiên cứu Australia (Anirban & O'hare, 2020) mà chưa có một nghiên cứu hoàn chỉnh nào báo cáo đầy đủ quá trình phát triển dòng, chọn tạo giống và sự di truyền các tính trạng quan trọng

của giống ngô ngọt tím. So sánh với các nghiên cứu trên, nghiên cứu này tại Việt Nam đã báo cáo đầy đủ từ quá trình phát triển dòng, lai tạo, đánh giá THL, báo cáo di truyền các tính trạng quan trọng qua đó cung cấp hiểu biết mới về cơ sở di truyền trong chọn giống ngô trái cây lai giàu anthocyanin.

Bốn mươi dòng ngô ngọt tím triển vọng đã được chọn lọc và tiến hành lai với hai cây thử trong vụ Xuân 2020. Đánh giá các THL thực hiện trong vụ Thu Đông 2020 và Xuân 2021. Kết quả đánh giá cho thấy màu tím ở vỏ hạt là tính trạng trội và được di truyền từ các dòng ngô ngọt tím sang tất cả thế hệ  $F_1$  (Bảng 2). Tất cả các THL đều có màu sắc lá xanh, gân lá tím, rễ chân kiềng có sắc tố tím, cờ tím, thân và bẹ lá có màu từ tím nhạt đến đậm. Bắp của các THL đều có dạng hạt ngô đường nhăn nheo khi khô, màu sắc nội nhũ của các THL di truyền theo dòng mẹ. Sắc tố anthocyanin ở lóng, màu sắc gân lá và màu sắc bẹ lá của cá THL biến đổi từ tím nhạt đến đậm. Các THL giữa ngô ngọt vàng ( $\varnothing$ )  $\times$  ngô ngọt tím ( $\sigma$ ) có nội nhũ hạt màu vàng trong khi các THL giữa ngô ngọt trắng ( $\varnothing$ )  $\times$  ngô ngọt tím ( $\sigma$ ) có màu sắc nội nhũ màu trắng. Hàm lượng tổng chất rắn hòa tan, anthocyanin và tính trạng mỏng vỏ được kế thừa từ dòng bố.

### 3.2. Kết quả khảo sát tổ hợp lai đỉnh

Kết quả đánh giá 80 THL đỉnh trong vụ Xuân 2021 cho thấy năng suất bắp tươi của các THL dao động từ 9,99 tấn/ha (SW1  $\times$  UV42) đến 14,95 tấn/ha (SW1  $\times$  TD05) (Bảng 3). Trong đó 24 THL có năng suất bắp tươi không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê  $P \leq 0,05$  so với giống ngô ngọt vàng đối chứng SW1011 (14,30 tấn/ha) và vượt trội so với giống ngô nếp tím Fancy111 (11,46 tấn/ha). Có 11 THL có năng suất bắp tươi trên 14 tấn/ha bao gồm SW1  $\times$  TD04, D181  $\times$  TD11, D181  $\times$  UV18, SW1  $\times$  UV24, D181  $\times$  TD05, D181  $\times$  TD20, SW1  $\times$  UV71, D181  $\times$  UV10, SW1  $\times$  TD20, SW1  $\times$  TD01 và SW1  $\times$  TD05 (Bảng 3).

Chỉ số đại diện độ ngọt °Brix của các THL dao động từ 14,7 (D181  $\times$  UV73) đến 21,5 (D181  $\times$  UV12). Trong đó, tất cả các THL đều có chỉ số đại diện độ ngọt °Brix vượt trội so với đối

chứng Fancy111 (11,4) và có 33 THL có chỉ số đại diện độ ngọt °Brix trong khoảng 14,7-17,1, tương đương với giống đối chứng SW1011 (15,9).

Bốn mươi bảy THL còn lại có chỉ số đại diện độ ngọt °Brix từ 17,2-21,5, cao hơn đối chứng SW1011 ở mức có ý nghĩa thống kê  $P \leq 0,05$ .

**Bảng 1. Mô tả các dòng ngô ngọt tím triển vọng**

Tính trạng	Đơn vị	UV10	TD05
Thời gian từ gieo đến tung phần	ngày	68 ± 8,0	62 ± 8,0
Thời gian từ gieo đến phun râu	ngày	70 ± 8,0	64 ± 8,0
Thời gian sinh trưởng	ngày	109,0 ± 8,0	98,0 ± 8,0
Cây: chiều cao (cả bông cờ) đối với dòng tự phối	cm	101,5 ± 15,0	134,9 ± 15,0
Cây: chiều cao đóng bắp trên cùng	cm	50,0 ± 10,0	52,9 ± 10,0
Cây: tỉ lệ chiều cao đóng bắp trên cùng so với chiều cao cây	%	45,0 ± 5,0	39,0 ± 5,0
Cờ: chiều dài trục chính từ nhánh thấp nhất	cm	20,0 ± 4,0	34,5 ± 4,5
Cờ: số nhánh cấp 1	nhánh	15,0 ± 3,0	18,0 ± 4,0
Thân: sắc tố antoxian ở rễ chân kiềng	-	trung bình	đậm
Thân: sắc tố antoxian của lóng	-	trung bình	đậm
Bộ lá: mức độ xanh	-	đậm	đậm
Bắp: chiều dài (không có lá bì)	cm	14,3 ± 1,2	13,5 ± 1,2
Bắp: đường kính (ở giữa bắp)	cm	4,1 ± 0,5	3,8 ± 0,5
Bắp: hình dạng	-	trụ	trụ
Bắp: số hàng hạt	-	12,0 ± 2,0	14,0 ± 2,0
Bắp: dạng hạt	-	ngô đường	ngô đường
Bắp: màu chính của đỉnh hạt	-	tím	tím
Bắp: sự co ở đỉnh hạt	-	nhiều	nhiều
Năng suất thực thu	tấn/ha	1,6 ± 0,7	1,5 ± 0,6
Chỉ số độ ngọt Brix	°Brix	17,4 ± 1,5	22,5 ± 1,5
Độ dày vỏ hạt	µm	35,2 ± 2,5	31,4 ± 2,5
Hàm lượng anthocyanin tổng số	mg/100g	139,9 ± 10,0	136,9 ± 10,0

Ghi chú: Các tính trạng được mô tả theo Quy chuẩn Việt Nam QCVN 01-66:2011/BNNPTNT.



**Hình 1. Dòng thuần ngô ngọt tím triển vọng UV10**



**Hình 2. Dòng thuần ngô ngọt tím triển vọng TD05**

**Bảng 2. Một số đặc điểm hình thái của tổ hợp lai giữa ngô ngọt vàng với ngọt tím và ngô ngọt trắng với ngô ngọt tím**

Tính trạng	Ngô ngọt vàng (♀) × Ngô ngọt tím (♂)	Ngô ngọt trắng (♀) × Ngô ngọt tím (♂)
Thân: sắc tố antoxian ở rễ chân kiềng	Tím	Tím
Thân: sắc tố antoxian ở lóng	Tím (nhạt đến đậm)	Tím (nhạt đến đậm)
Màu sắc gân lá	Tím (nhạt đến đậm)	Tím (nhạt đến đậm)
Màu sắc bẹ lá	Tím (nhạt đến đậm)	Tím (nhạt đến đậm)
Màu sắc lá	Xanh	Xanh
Màu sắc cờ	Tím	Tím
Bắp: dạng hạt	Ngô đường	Ngô đường
Bắp: màu chính của đỉnh hạt	Tím	Tím
Bắp: màu sắc nội nhũ	Vàng	Trắng

*Ghi chú: Các tính trạng được mô tả theo Quy chuẩn Việt Nam QCVN 01-66:2011/BNNPTNT.*

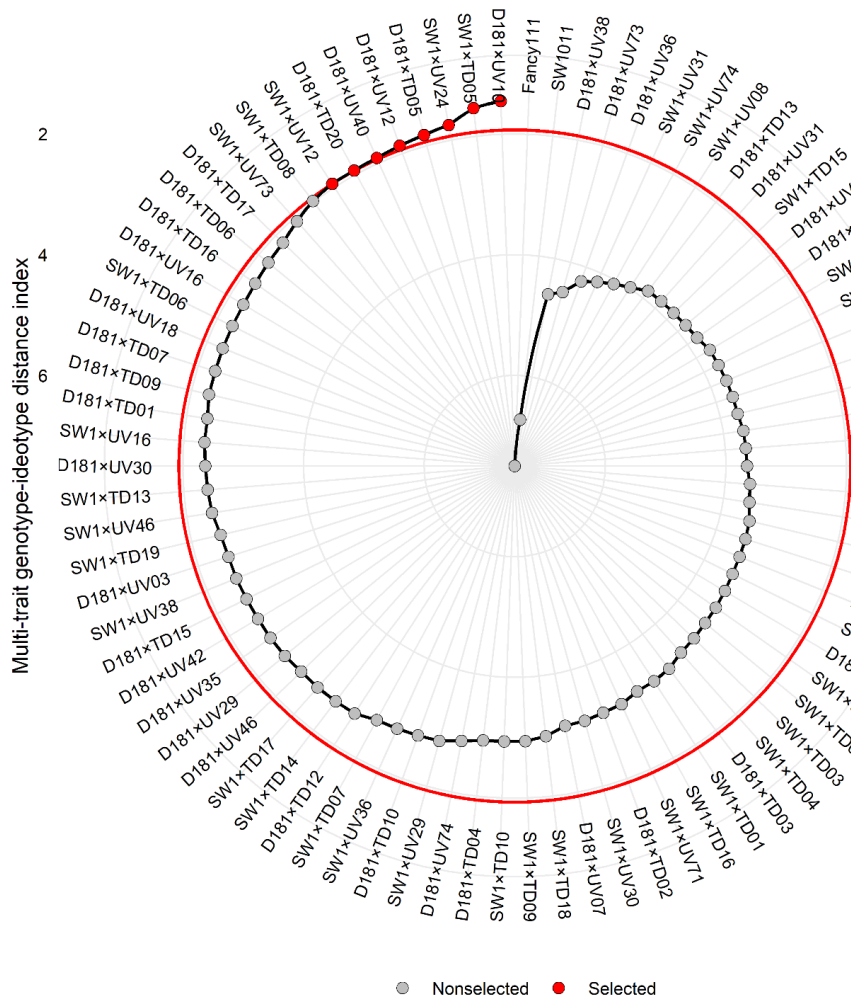
Hàm lượng anthocyanin của các THL dao động từ 79,3 mg/100g (SW1 × UV71) đến 222,9 mg/100g (D181 × TD13). Trong đó, các THL ngô ngọt tím đều có hàm lượng anthocyanin cao hơn hẳn so với đối chứng ngô ngọt vàng SW1011 (1,6 mg/100g) ở mức có ý nghĩa thống kê  $P \leq 0,05$ . Mười hai THL bao gồm SW1 × TD01, D181 × TD02, D181 × UV07, D181 × UV16, SW1 × TD05, D181 × TD06, D181 × TD08, D181 × UV24, D181 × UV03, D181 × TD01, D181 × UV40 và D181 × UV10 có hàm lượng anthocyanin dao động từ 115,1 mg/100g đến 130,5 mg/100g, tương đương với giống đối chứng Fancy111 (127,3 mg/100g). Bốn mươi lăm THL có hàm lượng anthocyanin trên 150,5 mg/100g, cao hơn hẳn Fancy111 ở mức có ý nghĩa thống kê  $P \leq 0,05$ . Độ dày vỏ hạt của các THL dao động từ 39,5 $\mu$ m (SW1 × TD05) đến

58,6 $\mu$ m (D181 × UV36) thấp hơn hẳn hai giống đối chứng Fancy111 (76,5 $\mu$ m) và SW1011 (72,7 $\mu$ m) ở mức có ý nghĩa thống kê  $P \leq 0,05$ .

Kết quả chọn lọc THL triển vọng bằng chỉ số MGIDI với áp lực chọn lọc 10% trên hai nhóm tính trạng: nhóm mục tiêu mong muốn cao gồm năng suất bắp tươi, chỉ số độ ngọt Brix, hàm lượng anthocyanin và nhóm mục tiêu mong muốn thấp gồm độ dày vỏ hạt cho thấy 8 THL triển vọng được chọn theo thứ tự ưu tú nhất bao gồm D181 × UV10, SW1 × TD05, SW1 × UV24, D181 × TD05, D181 × UV12, D181 × UV40, D181 × TD20 và SW1 × UV12 (Hình 3, Hình 4). Tám THL ngô ngọt tím này có năng suất bắp tươi tương đương đối chứng SW1011, hàm lượng anthocyanin > 100 mg/100g và mỏng vỏ < 60 $\mu$ m cho thấy tiềm năng thương mại hoá cao.

**Bảng 3. Năng suất bắp tươi và chất lượng các tổ hợp lai đỉnh trong vụ Xuân 2021 tại Hà Nội**

THL/Giống	Năng suất bắp tươi (tấn/ha)	°Brix	Hàm lượng anthocyanin (mg/100g)	Độ dày vỏ hạt (µm)	THL/Giống	Năng suất bắp tươi (tấn/ha)	°Brix	Hàm lượng anthocyanin (mg/100g)	Độ dày vỏ hạt (µm)
SW1 × UV03	11,19	18,4	113,8	56,3	SW1 × TD01	14,63	18,8	115,1	55,5
SW1 × UV07	11,17	18,0	107,2	54,0	SW1 × TD02	12,18	17,5	107,0	53,2
SW1 × UV08	13,18	14,9	150,5	55,2	SW1 × TD03	12,50	16,5	150,6	52,8
SW1 × UV10	13,17	16,9	100,6	55,0	SW1 × TD04	14,02	18,0	102,3	54,2
SW1 × UV12	11,59	20,7	102,1	40,2	SW1 × TD05	14,95	20,5	115,8	39,5
SW1 × UV16	12,81	19,8	104,6	47,7	SW1 × TD06	12,61	19,6	104,4	46,8
SW1 × UV18	11,30	15,7	157,8	49,5	SW1 × TD07	12,02	17,4	159,3	48,2
SW1 × UV24	14,21	18,2	111,7	40,8	SW1 × TD08	13,68	16,7	111,9	40,0
SW1 × UV29	10,67	19,2	156,6	51,8	SW1 × TD09	12,90	17,2	156,7	51,2
SW1 × UV30	11,44	16,6	174,7	48,7	SW1 × TD10	12,25	16,3	174,5	47,5
SW1 × UV31	11,98	16,3	88,1	56,2	SW1 × TD11	12,60	16,9	88,1	54,1
SW1 × UV35	12,40	15,7	200,1	54,2	SW1 × TD12	12,73	16,0	201,2	53,5
SW1 × UV36	10,77	17,6	206,2	44,7	SW1 × TD13	13,68	16,1	207,2	43,5
SW1 × UV38	11,69	16,9	197,9	42,4	SW1 × TD14	11,71	16,4	198,0	41,0
SW1 × UV40	13,18	18,4	109,3	58,5	SW1 × TD15	12,99	17,2	108,9	57,2
SW1 × UV42	9,99	17,9	160,7	53,2	SW1 × TD16	10,99	17,4	162,2	51,8
SW1 × UV46	13,76	16,1	193,5	44,5	SW1 × TD17	12,28	16,4	195,1	43,3
SW1 × UV71	14,25	19,7	79,3	52,1	SW1 × TD18	13,21	19,7	80,7	51,1
SW1 × UV73	12,77	19,3	199,9	49,5	SW1 × TD19	12,96	17,6	199,7	48,7
SW1 × UV74	12,62	16,0	152,3	58,3	SW1 × TD20	14,61	16,2	151,6	57,6
D181 × UV03	12,00	18,4	121,7	47,7	D181 × TD01	12,09	18,6	122,0	46,6
D181 × UV07	11,17	19,3	115,6	54,0	D181 × TD02	12,40	18,3	115,4	53,2
D181 × UV08	11,42	15,6	168,0	52,7	D181 × TD03	11,46	17,0	169,6	51,8
D181 × UV10	14,87	18,7	130,5	40,4	D181 × TD04	12,09	18,8	99,4	50,8
D181 × UV12	13,46	21,5	98,9	43,0	D181 × TD05	14,24	20,1	98,7	41,3
D181 × UV16	11,66	20,4	115,7	48,7	D181 × TD06	11,54	20,2	116,5	47,8
D181 × UV18	14,11	17,1	170,7	46,8	D181 × TD07	11,42	18,3	171,6	45,5
D181 × UV24	11,77	17,7	119,6	54,6	D181 × TD08	12,41	16,9	119,5	53,1
D181 × UV29	12,53	16,9	173,3	46,1	D181 × TD09	13,63	16,7	174,9	45,0
D181 × UV30	13,48	19,6	199,8	54,3	D181 × TD10	13,43	17,7	200,9	52,8
D181 × UV31	13,83	17,2	95,9	56,7	D181 × TD11	14,06	17,5	96,1	55,5
D181 × UV35	12,36	18,9	205,7	52,4	D181 × TD12	13,81	17,4	204,7	51,2
D181 × UV36	13,33	14,7	221,2	58,6	D181 × TD13	13,18	15,7	222,9	57,4
D181 × UV38	11,06	14,7	207,6	57,1	D181 × TD14	12,66	15,9	206,5	54,9
D181 × UV40	13,93	18,2	122,7	43,1	D181 × TD15	13,73	17,4	173,5	49,6
D181 × UV42	13,16	16,8	166,5	46,9	D181 × TD16	12,47	17,5	192,3	44,3
D181 × UV46	12,40	17,2	205,6	46,7	D181 × TD17	12,63	17,3	201,6	42,6
D181 × UV71	11,93	18,3	87,3	57,1	D181 × TD18	13,63	18,6	102,9	56,9
D181 × UV73	10,97	14,7	209,9	55,7	D181 × TD19	11,25	16,3	178,5	53,1
D181 × UV74	12,50	14,9	164,9	42,2	D181 × TD20	14,24	16,3	164,7	41,0
Fancy111	11,46	11,4	127,3	76,5	Fancy111	11,46	11,4	127,3	76,5
SW1011	14,30	15,9	1,6	72,7	SW1011	14,30	15,9	1,6	72,7
LSD <sub>0,05</sub>	1,08	1,2	12,5	2,1	LSD <sub>0,05</sub>	1,08	1,2	12,5	2,1
CV%	6,50	4,4	5,2	3,5	CV%	6,50	4,4	5,2	3,5



Hình 3. Biểu đồ radar xếp hạng các THL ưu tú theo chỉ số MGIDI



Hình 4. THL ngô trái cây ngọt tím triển vọng VNUA181 (D181 × UV10) trong vụ Xuân 2021 tại Hà Nội



#### 4. KẾT LUẬN

Phát triển dòng thuần từ 40 vật liệu ngô trái cây ban đầu, chọn lọc dựa trên kiểu hình được 20 dòng ngô trái cây triển vọng, đánh giá trong vụ Thu Đông 2021 đã chọn được 02 dòng thuần ngô trái cây ưu tú là dòng UV10 và TD05, có vỏ hạt mỏng tương ứng là 35,2µm và 31,4µm, độ ngọt cao tương ứng là 17,4% và 22,5%; giàu hàm lượng anthocyanin tương ứng là 139,9 mg/100g hạt và 136,9 mg/100g hạt.

Từ 80 THL đỉnh chọn lọc bằng chỉ số MGIDI đã chọn được THL triển vọng VNUA181 (D181 × UV10) có năng suất bắp tươi đạt 14,87 tấn/ha, chỉ số đại diện độ ngọt °Brix đạt 18,7, hàm lượng anthocyanin tổng số đạt 130,5 mg/100g và thuộc nhóm mỏng vỏ với độ dày vỏ hạt đạt 40,4µm. Các THL ngô trái cây giàu anthocyanin có thể được tạo ra từ phép lai giữa dòng thuần ngô ngọt tím và ngô ngọt trắng hoặc ngô ngọt tím và ngô ngọt vàng. Năng suất bắp tươi tương đương và chất lượng vượt trội của các THL này so với giống ngô ngọt vàng phổ biến cho thấy tiềm năng thương mại hoá.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này nằm trong đề tài tiềm năng cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn: “Nghiên cứu phát triển nguồn vật liệu phục vụ chọn tạo giống ngô trái cây giàu chất kháng oxy hóa anthocyanin” năm 2020-2021 mã số ĐTTN.21/20. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anirban A. & O'hare T. (2020). Super-sweet purple sweetcorn: breaking the genetic link. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*. 36(1): 6134.
- 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.
- Brewbaker J.L. & Martin I. (2015). Breeding tropical vegetable corns. *Plant Breeding Reviews*. 39: 125-198.
- Butelli E., Titta L., Giorgio M., Mock H.P., Matros A., Peterek S., Schijlen E.G.W.M., Hall R.D., Bovy A.G., Luo J. & Martin C. (2008). Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nature Biotechnology*. 26(11): 1301-1308.
- Cassidy A., Bertoia M., Chiuve S., Flint A., Forman J. & Rimm E.B. (2016). Habitual intake of anthocyanins and flavanones and risk of cardiovascular disease in men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 104(3): 587-594.
- Chatham L.A., West L., Berhow M.A., Vermillion K.E. & Juvik J.A. (2018). Unique Flavanol-Anthocyanin Condensed Forms in Apache Red Purple Corn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(41): 10844-10854.
- 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>.
- Giusti M. & Wrolstad R. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*. 1: 1-13.
- Harakotr B., Suriharn B., Lertrat K. & Scott M. (2016). Genetic analysis of anthocyanin content in purple waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) kernel and cob. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 48(2): 230.
- Hong H.T., Netzel M.E. & O'hare T.J. (2020). Anthocyanin composition and changes during kernel development in purple-pericarp supersweet sweetcorn. *Food Chemistry*. 315: 126284.
- Hong H.T., Phan A.D.T. & O'hare T.J. (2021). Temperature and maturity stages affect anthocyanin development and phenolic and sugar content of purple-pericarp supersweet sweetcorn during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 69(3): 922-931.
- Hu X., Liu J., Li W., Wen T., Li T., Guo X.-B. & Liu R. H. (2020a). Anthocyanin accumulation, biosynthesis and antioxidant capacity of black sweet corn (*Zea mays* L.) during kernel development over two growing seasons. *Journal of Cereal Science*. 95: 103065.
- Hu X., Liu J., Li W., Wen T., Li T., Guo X. & Liu R.H. (2020b). Biosynthesis and accumulation of multi-vitamins in black sweet corn (*Zea mays* L.) during kernel development. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100(14): 5230-5238.
- 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.
- 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.
- Nguyễn Trung Đức, Phạm Quang Tuấn, Nguyễn Thị Nguyệt Anh & Vũ Văn Liệt (2020). Nghiên cứu tuyển chọn một số dòng ngô ngọt phục vụ chọn tạo 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.
- Olivoto T. & Lúcio A.D.C. (2020). metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*. 11(6): 783-789.
- Olivoto T. & Nardino M. (2021). MGIDI: toward an effective multivariate selection in biological experiments. *Bioinformatics*. 37(10): 1383-1389.
- Phạm Quang Tuấn, Nguyễn Thế Hùng, Nguyễn Việt Long, Nguyễn Thị Nguyệt Anh & Vũ Văn Liệt (2016). Evaluation of purple waxy corn lines for hybrid variety development. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*. 14(3): 328-337.
- Phạm Quang Tuấn, Nguyễn Thế Hùng, Nguyễn Việt Long, Vũ Văn Liệt, Nguyễn Trung Đức & Nguyễn Thị Nguyệt Anh (2018). Cải thiện độ ngọt của các dòng ngô nếp bằng phương pháp lai trở lại. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 16(3): 197-206.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/4.1.1> on August 30, 2021.
- Revilla P., Anibas C.M. & Tracy W.F. (2021). Sweet corn research around the world 2015-2020. *Agronomy*. 11(3).
- So Y.S. (2018). Pericarp thickness of Korean maize landraces. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 17(1): 87-90.
- Tracy W.F., Shuler S.L. & Dodson-Swenson H. (2019). The use of endosperm genes for sweet corn improvement. in *Plant Breeding Reviews*. 43(1): 215-241.
- Yao H., Zhou Q., Li J., Smith H., Yandea M., Nikolau B.J. & Schnable P.S. (2002). Molecular characterization of meiotic recombination across the 140-kb multigenic a1-sh2 interval of maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99(9): 6157-6162.
- Yousuf B., Gul K., Wani A.A. & Singh P. (2016). Health benefits of anthocyanins and their encapsulation for potential use in food systems: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 56(13): 2223-2230.