

# NGHIÊN CỨU NGÔ THỰC PHẨM VÀ NGÔ THỨC ĂN XANH Ở VIỆT NAM: THÀNH TỰU VÀ CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN CHO TƯƠNG LAI

Vũ Văn Liết<sup>1\*</sup>, Vũ Thị Bích Hạnh<sup>2</sup>, Phạm Quang Tuân<sup>2</sup>, Trần Thị Thanh Hà<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Hà<sup>2</sup>, Dương Thị Loan<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Nguyệt Anh<sup>2</sup>, Nguyễn Trung Đức<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Nông Học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Nghiên cứu và Phát triển Cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

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

## TÓM TẮT

Trong hai thập kỷ qua, ngô trở thành cây lương thực rất quan trọng và là mô hình phục vụ các nghiên cứu di truyền cơ bản. Những thành tựu về công nghệ sinh học, cây trồng biến đổi gen từ nguồn đầu tư vào nghiên cứu rất mạnh đặc biệt trong khu vực tư nhân đã giúp năng suất ngô ở Mỹ tăng vượt trội, gấp khoảng 8 lần so với những năm 1930. Tại Việt Nam, năng suất ngô tăng gấp đôi so với những năm 1995, và sự tăng trưởng đó có sự đóng góp lớn của các giống ngô lai chọn tạo trong nước và nhập nội. Giống ngô thực phẩm bao gồm ngô nếp và ngô ngọt trước những năm 1990 hầu hết là các giống thụ phấn tự do cho năng suất thấp và sản xuất ở quy mô hộ gia đình để tự cung tự cấp. Công tác chọn giống giai đoạn đầu là thu thập nguồn gen bao gồm các giống ngô nếp bản địa và nhập nội từ Trung Quốc, Lào, Thái Lan, Hàn Quốc, Nhật Bản. Trong đó, 160 vật liệu được thu thập từ ngô nếp truyền thống. Đánh giá đa dạng di truyền của 160 vật liệu dựa trên kiểu hình và chỉ thị phân tử cho thấy các nguồn vật liệu ngô nếp của Việt Nam có tính đa dạng cao. Học viện Nông nghiệp Việt Nam (VNUA) đã chọn lọc hai giống ngô nếp để phục tráng là Khâu li và Xá li lướt. Mặc dù còn nhiều hạn chế về hạ tầng, nhân lực và nguồn lực, Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã chọn tạo và thương mại hóa bốn giống ngô nếp trắng bao gồm ADI668 (HUA601), ADI688 (MH8), VNUA16 và VNUA69. Chọn giống ngô nếp tím giàu chất kháng oxi hóa anthocyanin đã thành công với giống ngô nếp tím lai đơn đầu tiên của Việt Nam - VNUA141. Việc lai tạo các giống ngô ngọt và giống ngô thức ăn xanh đã được thực hiện muộn hơn, diễn ra trong khoảng 10 năm trở lại đây. Nghiên cứu ngô thức ăn xanh hay ngô sinh khối đã được Viện Nghiên cứu Ngô tập trung phát triển mạnh, bước đầu đáp ứng một phần nhu cầu của ngành chăn nuôi. Song song với các giống ngô ngọt vàng truyền thống, nghiên cứu ngô ngọt ở Việt Nam hiện nay đã có những bước tiến mang tính đột phá tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Bằng cách bê gãy liên kết di truyền giữa hai gen *a1-sh2*, các nhà chọn giống tại đây đã kết hợp được sắc tím ngô nếp vào vật liệu ngô siêu ngọt để tạo ra những THL ngô tím ngọt đầu tiên - VNUA161, VNUA181 có thể ăn tươi trực tiếp không cần qua chế biến. Các THL triển vọng này đã được gửi khảo nghiệm quốc gia để sớm công nhận lưu hành. Nguồn gene ngô ở Việt Nam đa dạng, chứa nhiều biến dị di truyền chưa được biết đến, đóng vai trò quan trọng trong chiến lược phát triển các giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh thích ứng với biến đổi khí hậu nhưng chưa được quản lý, khai thác hiệu quả. Việt Nam là một trong năm nước chịu ảnh hưởng lớn nhất của biến đổi khí hậu. Do vậy, sử dụng hiệu quả, bền vững nguồn gen ngô và phát triển các giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh là yếu tố quan trọng đóng góp vào sự phát triển nông nghiệp bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu. Do vậy, để thực hiện được mục tiêu giai đoạn 2021-2030: số hóa được toàn bộ nguồn gene ngô và làm chủ các công nghệ chọn tạo giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh; tầm nhìn đến năm 2045: chuyển từ chọn lọc sang dự đoán, thiết kế các giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh theo vùng sinh thái cần thực hiện đồng bộ các chiến lược sau: (1) Chuyển đổi số trong lưu trữ, quản lý, khai thác nguồn gen ngô; (2) Ứng dụng công nghệ mới trong nghiên cứu, chọn tạo giống; (3) Nâng cao năng suất và chất lượng phù hợp với thị trường và vùng sinh thái; (4) Cơ giới hóa trong chọn tạo và sản xuất; (5) Hoàn thiện kỹ thuật canh tác, dự đoán, phòng trừ sâu bệnh hại hiệu quả, chính xác; (6) Xây dựng mạng lưới hợp tác nghiên cứu, ứng dụng thông qua liên kết mạnh mẽ với doanh nghiệp; (7) Mở rộng thị trường ra khu vực và hội nhập quốc tế; và (8) Đào tạo nhân lực và hợp tác liên ngành. Trong đó, con người là nhân tố quan trọng và then chốt nhất, quyết định sự thành công của quá trình phát triển giống ngô thực phẩm và ngô thức ăn xanh ở Việt Nam.

**Từ khóa:** ngô, nguồn gen, nếp, tím, ngọt, thức ăn xanh, thích ứng, phát triển bền vững

# VEGETABLE AND FORAGE MAIZE RESEARCH IN VIETNAM: THE PROGRESS AND FUTURE PERSPECTIVE

## ABSTRACT

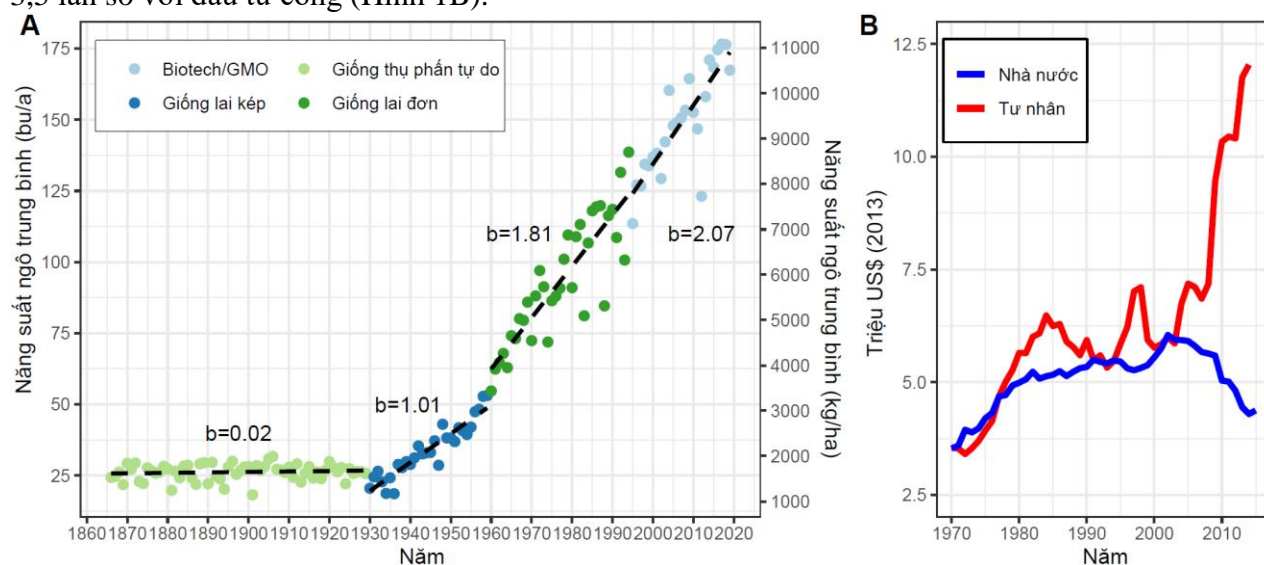
Over the past two decades, maize has become a vital food crop and a model for basic genetic research. The achievements in biotechnology, genetically modified crops from very strong investment in research, especially from the private sector, have helped corn yield in the US increase dramatically, about 8 times higher than in the 1930s. In Vietnam, maize yields have doubled since 1995, because of the largely contribution of domestic and imported hybrid maize varieties. Vegetable maize varieties including waxy corn and sweet corn prior to the 1990s were mostly open-pollinated varieties with low yields and were produced on a household scale for subsistence. The first stage of breeding is to collect genetic resources including indigenous and imported glutinous corn varieties from China, Laos, Thailand, Korea, and Japan. In which, 160 materials were collected from traditional waxy corn in Vietnam. Evaluation of genetic diversity of 160 materials based on phenotypes and molecular markers showed that the sources of waxy corn materials in Vietnam are highly diverse. Vietnam National University of Agriculture has selected two local waxy corn varieties for restoration: Kau Li and Xa Li Luot. Despite many limitations in infrastructure, human resources and funding resources, the breeders from Vietnam National University of Agriculture has selected to breed and commercialize four high-yielding and good quality white waxy corn varieties including ADI668 (HUA601), ADI688 (MH8), VNUA16, and VNUA69. Selection and breeding purple waxy corn which is rich in anthocyanin antioxidants has been successful with Vietnam's first single hybrid purple waxy corn variety - VNUA141. The development of sweet corn and green forage maize varieties breeding has been focused later, since past 10 years. Research on forage maize or silage maize has been strongly developed by the Maize Research Institute of Vietnam, initially meeting part of the needs of the livestock industry. In parallel with the traditional yellow sweet corn varieties, research on sweet corn in Vietnam has now made breakthrough progress at VNUA. By breaking the genetic link between the two genes *al-sh2*, the breeders here incorporated purple sticky corn into super sweet corn material to create the first sweet purple corn hybrids – VNUA161, VNUA181 can be eaten fresh directly without processing. These promising hybrids have been submitted to the Vietnam National Testing System for the commercialization. Maize genetic resources in Vietnam are diverse, containing many unknown genetic variations, playing an important role in the development strategy of vegetable and forage maize varieties that resilience to climate change, but have not been identified, effective management, and sustainable exploitation yet. Vietnam is one of the five countries most affected by climate change. Therefore, effective and sustainable use of maize genetic resources, development vegetable and forage maize are important factor contributing to sustainable agricultural development and resilience to climate change. Therefore, to achieve the goal for the period 2021-2030: to digitize the entire maize genetic resources and master the new breeding technologies; with vision to 2045: moving from selection to prediction, designing vegetable and forage maize for each ecological regions, it is necessary to synchronously implement the following strategies: (1) Digital transformation in storage, managing and exploiting maize genetic resources; (2) Application of new technologies in research, selection and breeding; (3) Improve productivity and quality in accordance with the market and ecological region; (4) Mechanization in selection and production; (5) Improve farming techniques, effectively and accurately predict and control pests and diseases; (6) Building a network of research and application cooperation through strong links with businesses; (7) Expanding the market to the region and international integration; and (8) Training and developing human resources and interdisciplinary cooperation. Among eight strategies, human resource is the most important and key factor determining the success of vegetable and forage maize varieties development in Vietnam. **Keywords:** maize, genetic resource, waxy, purple, sweet, forage, resilience, sustainable development

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong vài thập kỷ qua, ngô đã trở thành cây trồng quan trọng nhất trên phạm vi toàn cầu và là cây mô hình cho nghiên cứu di truyền cơ bản (Andorf & cs., 2019). Với vị trí quan trọng trong

nông nghiệp, cây ngô đã được quan tâm nghiên cứu rất sớm và có nhiều thành công từ nghiên cứu di truyền chọn lọc cải tiến quần thể và đến tạo giống ưu thế lai và phát triển giống ngô chuyên gen. Lịch sử phát triển ngành chọn giống ngô đã trải qua một thế kỷ. Qua so sánh chiều cao ở ngô, Darwin đã nhận thấy chiều cao trung bình của con lai cao hơn dòng ngô tự thụ phấn (Darwin, 1895). Tuy nhiên, những nghiên cứu chọn tạo giống ngô ưu thế lai bắt đầu từ sau công bố của Shull (1908) với tiêu đề “*The composition of a field of maize*”. Học thuyết về ưu thế lai của Shull đã mở đầu cho chọn giống ngô ưu thế lai, đây thực sự là bước nhảy của di truyền học. Các giống ngô ưu thế lai có quần thể đồng nhất, sức sống và năng suất cao hơn các giống tự thụ phấn tự do trước đây. Nhiều giống ngô lai kép, lai đơn xuất sắc đã được sản xuất từ những năm 1930. Kể từ năm 1960, sản lượng ngô tăng ít nhất gấp tám lần ở Mỹ, chủ yếu là do trồng các giống ngô lai và từ những năm 2000 trở lại đây là giống cây trồng biến đổi gen (Kusmec & cs., 2021).

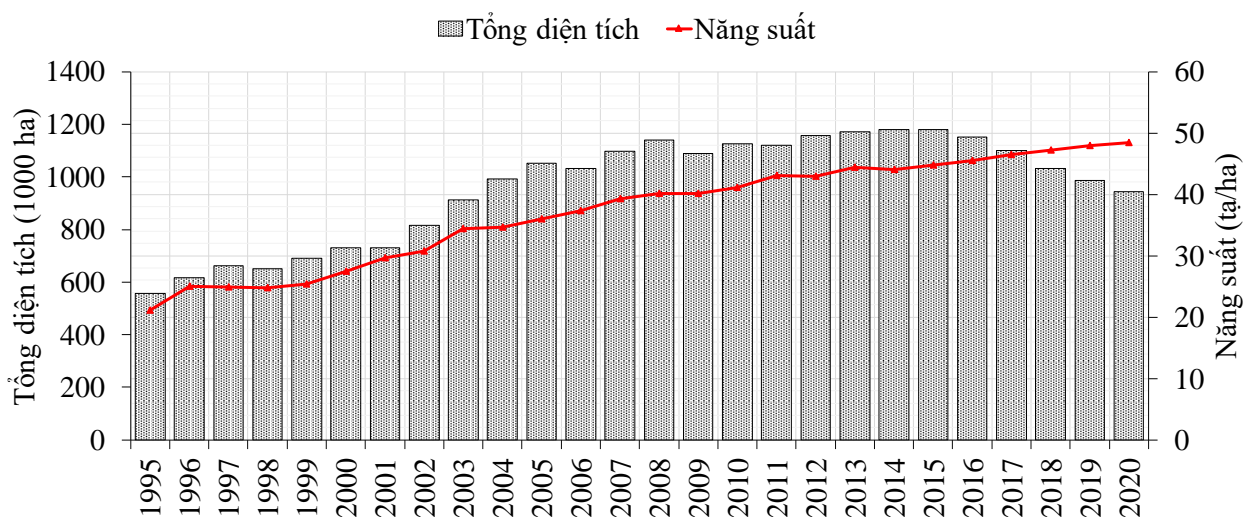
Sự phát triển của các giống ngô lai đã góp phần nâng cao năng suất và sản lượng ngô toàn cầu. Theo thống kê của FAO diện tích sản xuất ngô toàn cầu năm 1961 là 105,6 nghìn ha, năng suất 1,94 tấn/ha và sản lượng đạt 205,03 triệu tấn đến 2013 diện tích là 184,2 triệu ha (tăng 1,74 lần), năng suất đạt 5,52 tấn/ha (tăng 2,84 lần) và sản lượng 1016,7 triệu tấn (tăng 4,96 lần) (Faostat, 2021). Các nước sản xuất ngô hàng đầu trên toàn thế giới trong năm 2018-2019 như Hoa Kỳ, Trung Quốc, Brazil và Argentina, chỉ riêng các quốc gia này đã chiếm hơn 2/3 sản lượng toàn cầu. Nước có tốc độ tăng nhanh nhất về năng suất là Mỹ (Hình 1A). Từ những năm 1865 đến 1930 chủ yếu là giống ngô tự thụ phấn năng suất ngô bình quân của Mỹ chỉ đạt 1,1 đến 2 tấn/ha, khi phát triển các giống lai kép năng suất bình quân trên 4 tấn/ha và giống lai đơn đã đạt trên 8 tấn/ha có năm đạt trên 9 tấn/ha cho thấy vai trò của các giống ngô lai đối với năng suất ngô. Trong hai thập kỷ đầu tiên ở thế kỷ 21, năng suất ngô tại Mỹ tăng vượt trội là nhờ thành tựu áp dụng các giống ngô phát triển bằng công nghệ sinh học và biến đổi gen (Biotech/GMO). Các thành tựu này đặt được là do từ những năm 2010 trở lại đây, tại Mỹ đầu tư cho nghiên cứu ngô ở khu vực tư nhân cao hơn khoảng 3,5 lần so với đầu tư công (Hình 1B).



Nguồn: Kusmec & cs. (2021)

**Hình 1. (A) Năng suất ngô trung bình (giai đoạn 1860-2020) và (B) đầu tư vào nghiên cứu ngô của Mỹ (1970-2013)**

Ngô thực phẩm bao gồm ngô nếp, ngô ngọt, và ngô rau (Brewbaker & Martin, 2015). Ngô nếp (*Zea mays L. ceratina*) phổ biến ở Đông và Nam châu Á và mức tiêu thụ liên tục tăng (Tian & cs., 2009). Ngô ngọt cũng ngày càng mở rộng và phát triển (Revilla & cs., 2021). Ngô rau có khả năng mở rộng rất lớn là loại rau sạch, thời gian sinh trưởng ngắn được nhiều nước quan tâm phát triển (Dhasarathan & cs., 2012; Sukto & cs., 2020). Ngô (*Zea mays L.*) còn là thức ăn xanh, đặc biệt thân, lá và bắp non là thức ăn giàu năng lượng cho gia súc nhai lại (Herrmann & cs., 2014; Taube & cs., 2020). Trong khi thức ăn thô xanh thường được ủ ở các vùng mát hơn, sản xuất ngô quanh năm ở các vùng nhiệt đới có thể cho phép thu hoạch liên tục thức ăn thô xanh (Brewbaker, 2003).



Nguồn: Tổng Cục Thống Kê (2021)

**Hình 2. Tổng diện tích và năng suất ngô trung bình của Việt Nam**

Năng suất ngô trung bình của Việt Nam tăng gấp đôi so với những năm 1995 nhưng diện tích canh tác lại có xu hướng giảm (Hình 2). Theo Tổng cục Hải quan, trong năm 2020, đã có 12,072 triệu tấn ngô nhập khẩu về Việt Nam, trị giá 2,4 tỷ USD, tăng 5% về lượng và 2,8% về giá trị so với năm 2019 (Báo Nông Nghiệp, 2021). Như vậy, nhu cầu ngô ở Việt Nam là rất lớn trong khi nền sản xuất trong nước chưa thể đáp ứng được nhu cầu.

Các tài liệu nghiên cứu về cây ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh của các nhà khoa học Việt Nam tương đối ít, phân bố rải rác trên nhiều tạp chí khác nhau cả trong và ngoài nước. Các nghiên cứu thường tập trung ở một khía cạnh trong quá trình chọn giống ngô như phát triển vật liệu, lai tạo đánh giá khả năng kết hợp, xác định ưu thế lai, tương tác kiểu gen  $\times$  môi trường hay đánh giá sự thay đổi về sinh lý ở các điều kiện bất thuận sinh học, phi sinh học khác nhau. Thế giới đang đứng trước những thách thức to lớn của biến đổi khí hậu và thảm họa, thiên tai bất thường (Zandalinas & cs., 2021). Theo báo cáo của Ngân hàng phát triển Châu Á năm 2020, Việt Nam là một trong năm nước trên thế giới chịu ảnh hưởng lớn nhất của biến đổi khí hậu (World Bank Group & Asian Development Bank, 2020). Do vậy, rất cần có nghiên cứu tổng quan về quá trình nghiên cứu phát triển cũng như thành tựu và hạn chế của ngành chọn tạo giống ngô thực phẩm và ngô thức ăn xanh ở Việt Nam để thấy được một bức tranh tổng thể và từ đó có chiến lược phát triển đúng đắn phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Mục tiêu của nghiên cứu tổng quan này nhằm: (1) Nâng cao hiểu biết về tầm quan trọng của nguồn gen ngô và tìm ra các chiến lược mới để khai thác bền vững nguồn gen ngô; (2) Cung cấp cái nhìn tổng quan về hiện trạng và vị trí của việc nghiên cứu và phát triển cây ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh ở Việt Nam so với thế giới; và (3) Xác định chiến lược phát triển ngô thực phẩm và ngô thức ăn xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2045 để phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thông tin được thu thập từ nguồn tài liệu thứ cấp là các công bố khoa học trên các tạp chí chuyên ngành có uy tín ở trong và ngoài nước, là các thông tư, quy chuẩn của Bộ Nông nghiệp và PTNT. Số liệu thống kê của FAO và Tổng cục thống kê Việt Nam. Các kết quả thí nghiệm được tổng hợp từ các nghiên cứu của Nhóm Nghiên cứu mạnh Cây Màu, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Mười quy tắc để soạn một bài tổng quan đề xuất bởi Pautasso (2013) đã được áp dụng trong nghiên cứu này. Phương pháp tổng hợp, kế thừa và phương pháp nghiên cứu tại bàn đã được áp dụng để phân tích các thông tin thu thập được.

## 3. QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN NGÔ CỦA VIỆT NAM

Sản xuất ngô của Việt Nam cũng có diễn biến tương tự như các nước phát triển, trước những năm 1990 chủ yếu là các giống ngô thụ phấn tự do và giống thụ phấn tự do cải tiến. Năng suất ngô trung bình 1961 đạt 1,5 tấn/ha, từ năm 1987 một số giống thụ phấn tự do cải tiến như TSB-2, MSB49

được phổ biến ra sản xuất, năng suất có thể đạt 3 - 4 tấn/ha. Trong hơn 25 năm qua, ngành sản xuất ngô cũng đạt được những bước tiến rất quan trọng. Trước những năm 1990, khi nước ta chưa trồng ngô lai diện tích trồng ngô chỉ đạt 431.800 ha, năng suất chỉ đạt 1.55 tấn/ha, sản lượng 0.67 triệu tấn. Năm 2013, diện tích ngô cả nước đạt 1.170.322 ha, năng suất đạt xấp xỉ 4,43 tấn/ha và sản lượng đạt 5,2 triệu tấn, là năm có năng suất và sản lượng cao nhất (FAOSTAT, 2014). Sự tăng trưởng có đóng góp quan trọng của các giống ngô lai chọn tạo trong nước và nhập nội.

Sản xuất ngô ở Việt Nam trải qua các giai đoạn từ sản xuất các giống ngô thụ phấn tự do (giống địa phương là chủ yếu), đến các giống ngô cải tiến (lai không ước); giống ngô lai quy ước (lai kép, lai ba và lai đơn). Các giống ngô lai đưa vào sản xuất từ các nguồn nhập nội, các công ty nước ngoài và chọn tạo trong nước. Những giống ngô lai chọn tạo trong nước như giống lai kép LVN12 năm 1995, LVN10 năm 1994, LVN20 năm 1998; LVN4 là giống lai đơn cải tiến năm 1999, Giống ngô LVN99 năm 2004. Năm 2004 một hướng chọn tạo giống ngô giàu protein (QPM) thành công như giống HQ2000 năm 2004, và ngày nay đã có nhiều giống lai đưa ra sản xuất với các tính trạng tốt như chịu hạn, chống chịu sâu bệnh và các bộ giống thích ứng cho các vùng sinh thái khác nhau. Tuy vậy, sản xuất hạt giống trong nước vẫn chưa đáp ứng được nhu cầu của thị trường.

Phương pháp tạo giống truyền thống và ứng dụng chỉ thị phân tử được sử dụng trong các chương trình tạo giống. Các bước tạo giống có sự khác biệt là vật liệu và phương pháp phát triển dòng thuần. Tự phối từ nguồn vật liệu ưu tú nhập nội giống ngô lai LVN25 Viện Nghiên cứu Ngô tạo ra từ hai dòng tự phối IL34 và IL19. Các dòng bố mẹ này đều được tạo ra từ các giống lai nhập nội. Giống ngô lai LVN17 do Viện Nghiên cứu Ngô tạo ra từ các dòng số 3, số 4, số 6 dòng phân lập từ các giống lai như LVN99 do Viện Nghiên cứu Ngô tạo ra giữa dòng mẹ và dòng bố được rút từ các giống lai ưu tú nhập nội có nguồn gốc nhiệt đới. LVN22 do Viện Nghiên cứu Ngô lai tạo giữa X1 (hạt đá) và X7 (hạt răng ngựa vàng). Trong đó dòng X1 tạo ra từ giống lai đơn Pioneer hạt đá và dòng X7 tạo ra từ giống lai của Brazin hạt răng ngựa vàng. Nhập nội dòng từ CYMMIT như HQ2000 do Viện Nghiên cứu Ngô tạo ra từ tổ hợp lai HL5 × HL1 trong thí nghiệm lai đỉnh các dòng bố mẹ nhập nội từ Trung tâm Nghiên cứu Ngô và Lúa mì quốc tế (CIMMYT).

Nhập nội dòng ưu tú của Mỹ là Mo17 và B73 cũng đã đem lại các bước tiến mới trong công tác chọn tạo giống ngô ưu thế lai. B73 và Mo17 và các phiên bản của chúng được sử dụng làm bố mẹ phổ biến nhất tạo giống ngô lai chín trung bình và muộn ở Trung và Nam Châu Âu do tác giả đã lai những dòng này để cải tiến những dòng thuần đang có (Stojakovic & cs., 2007). Năm 2012 Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã nhập hai dòng này từ Đại học Riverside California, Mỹ nhằm cải tiến các dòng thuần trong nước. Dòng Mo17 do Đại học Missouri chọn tạo và phóng thích năm 1964 và B73 do Đại học Iowa State chọn tạo và phóng thích năm 1972. Kết quả đánh giá cho thấy có thể duy trì và sử dụng dòng Mo17 và B73 nâng cao nguồn gen và tạo giống ngô lai ở Việt Nam (Phạm Quang Tuấn & cs., 2015).

Những năm gần đây phát triển dòng thuần còn sử dụng phương pháp tạo đơn bội kép (DH) bằng nuôi cấy bao phấn, noãn và phương pháp in vivo sử dụng cây kích tạo đơn bội (Inducer). Hai cây kích tạo đơn bội đang được sử dụng là Inducer nhập từ CIMMYT do viện Nghiên cứu Ngô sử dụng và cây UH400 của Đức do Học viện Nông nghiệp Việt Nam nhập và sử dụng. Phương pháp DH được cho là có thể tạo ra dòng thuần nhanh hơn và đồng hợp tử hoàn toàn về tính trạng mục tiêu. Nghiên cứu đánh giá khả năng thích ứng và kích tạo đơn bội của dòng kích tạo đơn bội tự nhiên UH400 trong 4 thời vụ khác nhau năm 2014 - 2015 tại Gia Lâm, Hà Nội cho thấy dòng UH400 có khả năng sinh trưởng, phát triển trong điều kiện vụ thu đông và xuân ở miền Bắc Việt Nam và nhân, duy trì dòng thích hợp trong vụ xuân (Phạm Quang Tuấn & cs., 2016). Tương tự như kỹ thuật nhân giống phân tử và kỹ thuật chuyển gen, nhân giống ngô ứng dụng DH ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nhân giống thương mại và đang trở thành kỹ thuật cốt lõi trong chọn giống ngô hiện đại. Sự ra đời của công nghệ kích tạo đơn bội là một cột mốc đánh dấu sự phát triển của công nghệ chọn giống cây trồng hiện đại và những đột phá của công nghệ này sẽ tạo thành một bước ngoặt mới trong việc ứng dụng ưu thế lai của ngô (Jacquier & cs., 2020; Meng & cs., 2021). Do vậy, việc làm chủ công nghệ này sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy cuộc cách mạng công nghệ nông nghiệp ở Việt Nam.

#### **4. KẾT QUẢ THU THẬP VÀ KHAI THÁC NGUỒN GEN NGÔ**

#### 4.1. Kết quả thu thập nguồn gen ngô nếp

Thu thập vật liệu cho chọn giống ngô nếp là một kết quả quan trọng trong thời gian qua, bao gồm thu thập trong nước và nhập nội. Nghiên cứu chỉ ra rằng nguồn gen ngô nếp trong nước rất đa dạng và phong phú là nguồn vật liệu quý cho chọn tạo giống. Theo nghiên cứu của Vu Van Liet & cs. (2017), chương trình chọn giống ngô nếp lai bắt đầu từ 2003 từ thu thập nguồn gen ngô nếp địa phương của nhóm VNUA đến 2012 đã thu được 160 mẫu nguồn gen ngô nếp ở các địa phương miền núi phía Bắc, miền Trung, Tây Nguyên, Đông Nam Bộ. Đồng thời nhập nội được 36 nguồn gen từ Thái Lan, CHDCND Lào, Trung Quốc, Hàn Quốc và Nhật Bản.

**Bảng 1. Số mẫu nguồn gen ngô nếp thu thập ở 13 tỉnh của Việt Nam từ 2003 đến 2012**

Tỉnh	Số vật liệu	Màu sắc hạt			
		Trắng	Trắng + tím	Vàng	Tím
Sơn La	21	13	5	1	2
Điện Biên	35	24	7	1	3
Lai Châu	7	6	1	-	-
Cao Bằng	10	8	2	-	-
Bắc Cạn	13	10	3	-	-
Lào Cai	22	12	9	1	-
Hà Giang	33	22	6	3	2
Tuyên Quang	9	9	-	-	-
Lạng Sơn	2	2	-	-	-
Quảng Trị	1	1	-	-	-
Đắk Lắk	5	5	-	-	-
Gia Lai	1	1	-	-	-
Lâm Đồng	1	-	1	-	-
<b>Tổng</b>	<b>160</b>	<b>113</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Nghiên cứu đánh giá nguồn gen được thực hiện gồm đánh giá đa dạng di truyền, đánh giá nhận biết các tính trạng đặc thù, đánh giá khả năng chống chịu hạn và sâu bệnh. Đánh giá mức độ đa dạng theo dân tộc cho kết quả dân tộc H'Mông có số mẫu giống thu thập được nhiều nhất và địa phương là Điện Biên cho thấy vùng sâu vùng xa nguồn gen ngô nếp địa phương còn rất đa dạng cần thu thập bảo tồn và khai thác phát triển đảm bảo sự bền vững của sản xuất ngô Việt Nam.

#### 4.2. Nghiên cứu phục tráng giống ngô nếp địa phương

Nguồn gen ngô nếp địa phương được thu thập, bảo tồn và khai thác phát triển là mục tiêu quan trọng. Trong tổng số 160 nguồn gen ngô nếp đã thu thập và bảo tồn. Chúng tôi chọn được 2 giống để phục tráng là Khẩu Li và Xá li lượt thành công và trình diễn tại Lào Cai năm 2014 (Bảng 2).

**Bảng 2. Hai giống ngô nếp bản địa được phục tráng**

Tên mẫu giống	Mã giống	Dân tộc	Địa phương	Năm	Đặc điểm canh tác
Khẩu li	GN151	Thái	Pắc Ta, Tân Uyên, Lai Châu	2008	Đất nương rẫy, đất vườn, canh tác nhờ nước trời
Xá li lượt	GN166	Dao	Hầu Thào, Sa Pa, Lào Cai	2009	Đất nương rẫy đất bãi ven suối, canh tác nhờ nước trời

### 5. NGHIÊN CỨU CHỌN TẠO VÀ PHÁT TRIỂN NGÔ NẾP Ở VIỆT NAM

#### 5.1. Nguồn gốc, phân loại ngô nếp

Nhà thực vật học G.N. Collins (1909) trồng một dạng mới của ngô thu thập từ Trung Quốc và báo cáo mô tả ngô nếp đầu tiên. Báo cáo gi rõ dạng ngô có nhiều nội nhũ sấp hơn các giống ngô khác. Sau đó ngô nếp được phát hiện ở các vùng khác của Châu Á. Mặc dù còn một số tác giả có quan điểm khác, nhưng cơ bản đều thống nhất rằng ngô nếp có nguồn gốc từ Trung Quốc (Tian & cs., 2009).

Ngô có tên khoa học (*Zea mays* L.) lần đầu tiên do nhà khoa học Thụy Điển Linnaeus đặt tên và phân loại ngô theo nhiều hình thức nhưng phổ biến dựa vào tinh bột, ngô nếp là một loài trong 9 loài phụ:

Ngô bột (Flour corn) - *Zea mays* var. *amylacea*

Ngô nỏ (Popcorn) - *Zea mays* var. *evarta*

Ngô răng ngựa (Dent corn) - *Zea mays* var. *indentata*

Ngô đá (Flint corn) - *Zea mays* var. *indurata*

Ngô đường (Sweet corn) - *Zea mays* var. *saccharata* and *Zea mays* var. *rugosa*

Ngô nếp (Waxy corn) - *Zea mays* var. *ceratina*

Ngô amylose (Amylomaize) - *Zea mays*

Ngô bọc (Pod corn) - *Zea mays* var. *tunicata* Larrañaga ex A. St. Hil.

Ngô sọc (Striped maize) - *Zea mays* var. *japonica*

## 5.2. Chọn tạo giống ngô nếp chất lượng vỏ hạt mỏng

Ngô nếp được quan tâm chọn tạo muộn hơn ngô thường, trước 1990 hầu hết giống ngô nếp địa phương sản xuất nhỏ lẻ, năng suất thấp. Giống ngô nếp chọn lọc đầu tiên là VN2 do Viện Nghiên cứu ngô chọn lọc từ nguồn ngô nếp S2, nếp Tây Ninh, nếp Quảng Nam - Đà Nẵng và nếp Thanh Sơn (Vĩnh Phúc) từ vụ Xuân 1992. Được công nhận là giống ngô quốc gia theo Quyết định số 1224/QĐ/BNN-KHCN ngày 21 tháng 4 năm 1998. Những năm sau giống ngô nếp chọn lọc cải tiến như VN6 năm 2006, giống lai không quy ước năm 2004, và các giống lai như giống lai đơn số 1 năm 2009, giống MX10 năm 2007. Ngoài ra còn có các giống nhập nội hoặc do các công ty nước ngoài đem vào khảo nghiệm và thương mại. Nghiên cứu chọn tạo trong nước của Việt Nam theo các hướng chủ yếu là 1) chọn tạo giống ngô nếp năng suất cao, chất lượng tốt, vỏ hạt mỏng; chọn tạo ngô nếp nâng cao độ ngọt; 3) chọn tạo giống ngô nếp tím giàu anthocyanin.

Những nghiên cứu của Học viện Nông nghiệp Việt Nam trên cơ sở tham khảo nghiên cứu ở nước ngoài đã tiến hành nghiên cứu tạo giống ngô ưu thế lai chất lượng và vỏ hạt mỏng. Nghiên cứu thực hiện từ năm 2012 với 60 dòng ngô nếp tự phối thể hệ S<sub>6</sub> đến S<sub>8</sub> (trong đó 30 dòng có nguồn gốc địa phương Việt Nam, 8 dòng nguồn gốc từ CHDCND Lào, 22 dòng có nguồn từ Trung Quốc, dòng HQ6 làm đối chứng có nguồn gốc Hàn Quốc, giống đối chứng là HN88 của Công ty giống cây trồng Việt Nam) cùng với 21 tổ hợp lai. Ngoài đánh giá dựa trên kiểu hình nghiên cứu còn ứng dụng chỉ thị phân tử để dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng ở 60 nguồn gen ngô nếp và 21 THL. Sử dụng 5 cặp mồi đặc hiệu là *umc2189 – ZCT131*, *bmc1396-mmc0143*, *umc2118-bmc1325*, *umc1757-umc1550*, *umc2038-dupssr28* để nhận biết các dòng, giống có đặc điểm vỏ hạt mỏng bằng chỉ thị phân tử SSR (Simple Sequence Repeats) và để dò tìm QTL quy định tính trạng mỏng vỏ theo nghiên cứu của Choe (2010).

Xác định QTL kiểm soát độ mỏng vỏ, sử dụng chỉ thị phân tử SSR, với 5 cặp mồi đặc hiệu *umc2189 – ZCT131*, *bmc1396-mmc0143*, *umc2118-bmc1325*, *umc1757-umc1550*, *umc2038-dupssr28* để dò tìm QTL điều khiển độ mỏng ở các vùng vỏ hạt (phần trên mặt có phôi UG, phần dưới mặt có phôi (LG), phần trên mặt sau phôi (UA), phần dưới mặt sau phôi (LA) và đầu hạt (CWN) của 60 dòng tự phối và 21 tổ hợp lai. Kết quả xác định được 28 dòng có độ dày vỏ hạt phù hợp (Bảng 3). Kết quả dò tìm QTL điều khiển vỏ hạt mỏng với chỉ thị *ztc131* biểu hiện đa hình và có kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp nhận biết được 59 giếng xuất hiện band tương ứng với 59 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 3 vùng của vỏ hạt. dòng là D76 không xuất hiện band. Chỉ thị *Umc 2118* là chỉ thị SSR với hai mồi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 5 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt, phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển vỏ hạt mỏng với chỉ thị *ztc131* biểu hiện đa hình có kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 59 giếng xuất hiện band tương ứng với 59 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt, giếng 46 không xuất hiện band tương ứng là D64. Chỉ thị *bmc 1325* là mồi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 5 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt, phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *bmc1325* cho thấy cho biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 58 giếng

xuất hiện band tương ứng với 58 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt. Hai giêng không xuất hiện band là 25 và 26 tương ứng là D30 và D31 (Hình 3).

**Bảng 3. Năng suất, chất lượng của 27 dòng ngô nếp có độ dày vỏ hạt phù hợp trong vụ Xuân 2014**

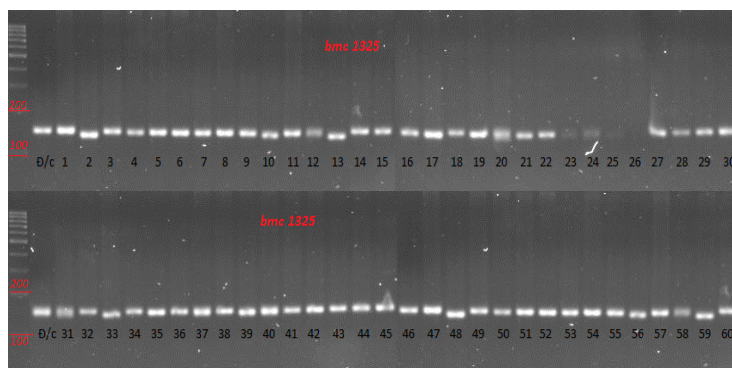
Dòng	Đày vỏ mặt trước hạt ( $\mu\text{m}$ )	Đày vỏ mặt sau hạt ( $\mu\text{m}$ )	Đày vỏ đầu hạt ( $\mu\text{m}$ )	Đày vỏ trung bình ( $\mu\text{m}$ )	Năng suất hạt (tạ/ha)	Vị đậm (Điểm)	Độ dẻo (Điểm)	Hương thơm (Điểm)
D2	49,60	63,60	53,60	55,60	15,59	2,67	1,67	1,58
D15	54,90	67,25	49,60	57,25	14,53	1,17	3,00	2,58
D25	52,70	72,70	37,90	54,43	14,50	1,17	2,33	2,08
D26	47,20	72,80	42,85	54,28	13,82	1,67	2,83	2,10
D28	40,15	56,65	44,60	47,13	29,21	2,10	2,33	2,25
D29	40,95	59,80	36,25	45,67	29,15	1,67	1,70	2,08
D30	50,60	70,50	42,80	54,63	16,98	2,33	2,83	2,42
D31	46,95	66,75	39,10	50,93	13,26	1,67	1,17	1,58
D32	59,35	67,65	40,10	55,70	10,58	1,33	1,17	1,42
D35	52,60	75,40	48,85	58,95	15,02	2,33	1,67	1,58
D36	54,60	66,80	56,60	59,33	15,57	1,17	2,50	2,08
D52	58,60	78,10	40,10	58,93	25,17	1,17	2,67	2,92
D60	54,20	62,30	45,90	54,13	21,77	1,80	1,80	2,00
D61	51,40	60,40	48,90	53,57	23,34	1,90	1,60	1,90
D65	48,30	62,50	52,20	54,33	28,29	2,00	1,67	1,75
D161	59,10	71,90	48,80	59,93	25,20	3,00	3,00	2,58
D68	51,40	67,80	58,20	59,13	29,15	2,10	2,17	1,92
D601	54,60	73,20	52,10	59,97	26,98	2,83	2,67	2,58
D70	55,90	73,60	49,30	59,60	23,26	2,17	1,17	1,58
D71	52,40	57,20	48,40	52,67	23,58	2,00	2,00	2,75
D73	53,80	64,70	44,90	54,47	22,42	2,10	2,30	2,25
D74	46,70	63,40	53,90	54,67	25,02	2,00	2,10	2,00
D75	51,80	62,30	56,60	56,90	25,57	2,17	2,30	2,00
D76	55,80	74,30	46,70	58,93	20,37	2,50	2,80	2,20
D77	55,70	71,10	43,50	56,77	29,32	2,17	2,20	1,42
D78	51,90	72,00	52,10	58,67	28,17	2,50	2,33	2,25
D79	50,40	64,50	56,20	57,03	25,57	2,00	2,17	2,50
HQ6 (đ/c)	43,20	56,40	48,70	49,43	22,12	2,10	1,91	2,57
CV%	4,70	4,20	4,70	2,70	7,35	-	-	-
LSD <sub>0,05</sub>	5,09	6,27	5,54	3,91	2,56	-	-	-

Chỉ thị *bmc1369* là môi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 5 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt, phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *bmc1369* cho thấy cho biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 59 giêng xuất hiện band tương ứng với 59 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt. Giêng 29 xuất hiện band kép tương ứng với dòng D34.

Chỉ thị *mmc0143* là môi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 5 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt, phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với



chỉ thị *mmc 0143* cho thấy biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 0 đến 200bp, chứng tỏ marker này nằm gần QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng hơn các marker khác và đã nhận biết được 41 giếng xuất hiện band tương ứng với 41 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt, ngoài ra còn có một số giếng có xuất hiện band mờ hoặc band kép như giếng số 16, 25, 26, tương ứng các dòng D21, D30 và D31.



**Hình 3. Sản phẩm PCR nhân bằng chỉ thị *bmc1325* với 60 kiểu gen ngô**

Chỉ thị *dupsr 28* là mỗi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 2 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *dupsr28* cho biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 59 giếng xuất hiện band tương ứng với 59 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 2 vùng của vỏ hạt. Một giếng số 58 không xuất hiện band tương ứng với D77 không có QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng. Chỉ thị *umc 2038* là mỗi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 2 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng cho thấy biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 0 đến 200bp, tương tự chỉ thị *mmc0143*, chỉ thị *umc2038* gần với các QTL điều khiển tính trạng vỏ hơn các marker còn lại và nhận biết được 55 giếng xuất hiện band tương ứng với 55 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 2 vùng của vỏ hạt, 5 giếng xuất hiện band kép: giếng số 10, 18, 34, 37, 40 tương ứng các dòng D14, D23, D40, D45, D69. Chỉ thị *umc 1550* là mỗi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 1 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi). Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *umc 1550* cho biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 55 giếng xuất hiện band tương ứng với 55 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng ở phần trên mặt có phôi của vỏ hạt, 9 giếng không xuất hiện band là 1, 19, 24, 48 và 54 tương ứng với các dòng D2, D24, D29, D601 và D73. Chỉ thị *umc 1757* là mỗi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt ở phần trên mặt có phôi. Kết quả dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *umc1757* cho biểu hiện đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 48 giếng xuất hiện band tương ứng với 48 dòng có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng vùng trên mặt có phôi của vỏ hạt. Cặp chỉ thị *umc2189 – ZCT131* dò tìm QTL điều khiển độ mỏng ở 3 vùng vỏ hạt của 60 kiểu gen ngô nếp nghiên cứu cho chúng tôi bước đầu kết luận hai marker có sản phẩm PCR đa hình, kích thước trong phạm vi 100 đến 200 bp, liên kết chặt với QTL điều khiển độ mỏng vỏ, dò tìm được 46/60 dòng mang QTL điều khiển độ mỏng ở 3 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt). Tương quan giữa kiểu gen và kiểu hình (độ dày vỏ hạt ở vùng đầu hạt), lựa chọn được 33/45 dòng (73%). Cặp chỉ thị *bmc1369-mmc0143* dò tìm QTL điều khiển độ mỏng ở 5 vùng vỏ hạt của 60 kiểu gen ngô nếp nghiên cứu cho chúng tôi bước đầu kết luận hai chỉ thị có sản phẩm PCR đa hình, kích thước trong phạm vi 0 đến 200 bp, liên kết chặt với QTL điều khiển độ mỏng vỏ, dò tìm được 40/60 dòng mang QTL điều khiển độ mỏng ở 5 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi, phần dưới mặt có phôi, phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt). Tương quan giữa kiểu gen và kiểu hình (độ dày vỏ hạt ở vùng đầu hạt), lựa chọn được 30/45 dòng (66,7%). Cặp chỉ thị *umc2118-bmc1325* dò tìm QTL điều khiển độ mỏng ở 5 vùng vỏ hạt của 60 kiểu gen ngô nếp nghiên cứu cho chúng tôi bước đầu kết luận hai chỉ thị có sản phẩm

PCR đa hình, kích thước trong phạm vi 100 đến 200 bp, liên kết chặt với QTL điều khiển độ mỏng vỏ, dò tìm được 57/60 dòng mang QTL điều khiển độ mỏng ở 5 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi, phần dưới mặt có phôi, phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt). Tương quan giữa kiểu gen và kiểu hình (độ dày vỏ hạt ở vùng đầu hạt), lựa chọn được 43/45 dòng (95,5%). Cặp chỉ thị *umc2038-dupssr28* dò tìm QTL điều khiển độ mỏng ở 2 vùng vỏ hạt của 60 kiểu gen ngô nếp nghiên cứu cho chúng tôi bước đầu kết luận hai chỉ thị có sản phẩm PCR đa hình, kích thước trong phạm vi 0 đến 200 bp, liên kết chặt với QTL điều khiển độ mỏng vỏ, dò tìm được 54/60 dòng mang QTL điều khiển độ mỏng ở 2 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi, phần dưới mặt có phôi). Tương quan giữa kiểu gen và kiểu hình (độ dày vỏ hạt ở mặt trước hạt), lựa chọn được 28/29 dòng (96,5%). Cặp chỉ thị *umc1757-umc1550* dò tìm QTL điều khiển độ mỏng ở vùng trên mặt có phôi của 60 kiểu gen ngô nếp nghiên cứu cho chúng tôi bước đầu kết luận hai chỉ thị có sản phẩm PCR đa hình, kích thước trong phạm vi 100 đến 200 bp, liên kết chặt với QTL điều khiển độ mỏng vỏ, dò tìm được 44/60 dòng mang QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt. Tương quan giữa kiểu gen và kiểu hình (độ dày vỏ hạt ở mặt trước hạt), lựa chọn được 16/29 dòng (55,2%). Như vậy, việc sử dụng các cặp chỉ thị đặc hiệu dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng cho thấy tương quan giữa kiểu gen với kiểu hình đạt độ tin cậy cao, từ 55-96%, chứng tỏ rằng các chỉ thị đã hỗ trợ việc chọn tạo giống ngô nếp chất lượng vỏ hạt mỏng rất hiệu quả. Tương quan giữa kiểu gen (kết quả dò tìm QTL điều khiển độ dày vỏ hạt ở 5 vùng của vỏ hạt bởi 2 cặp chỉ thị *umc2118-bmc1325* và *bmc1369-mmc0143*) với kiểu hình (độ dày vỏ hạt trung bình ở cả 3 vị trí), lựa chọn được 20/27 dòng (74,1%). Các dòng này sẽ được đưa vào các thí nghiệm lai thử khả năng kết hợp: D2, D26, D28, D29, D32, D35, D36, D52, D60, D161, D65, D601, D68, D71, D73, D74, D76, D77, D78, D79.

**Bảng 4. Năng suất, chất lượng của 21 tổ hợp lai trong vụ Thu Đông 2014**

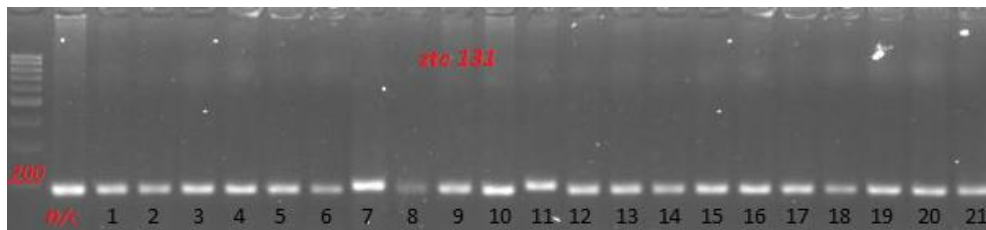
Ký hiệu	Dòng bố mẹ	Mặt trước (µm)	Mặt sau (µm)	Đỉnh (µm)	Trung bình (µm)	Năng suất	Độ dẻo (điểm)	Hương thơm (điểm)	Độ ngọt (điểm)	Vị đậm (điểm)
						bấp tươi (ta/ha)				
THL1	D601/D28	51,60	58,60	45,40	51,87	109,1	2,3	2,2	1,1	2,5
THL2	D161/D28	54,40	66,65	45,95	55,67	114,2	2,0	2,6	1,3	2,1
THL3	D29/D28	57,00	66,60	50,95	58,18	108,9	3,0	2,0	1,0	2,0
THL4	D78/D28	56,90	60,30	53,55	56,92	81,6	1,0	2,0	1,5	1,0
THL5	D71/D28	59,80	67,40	50,00	59,07	113,3	2,0	2,2	2,0	1,8
THL6	D79/D28	55,20	63,00	45,70	54,63	106,3	1,3	2,0	1,0	2,0
THL7	D161/D601	56,70	67,70	49,30	57,90	96,4	3,0	3,0	2,5	2,3
THL8	D29/D601	58,30	67,50	50,10	58,63	115,8	3,0	3,2	2,0	2,0
THL9	D78/D601	49,10	58,00	46,70	51,27	81,6	2,1	3,2	1,5	2,1
THL10	D71/D601	53,70	60,50	51,00	55,07	109,1	2,0	2,5	1,0	2,0
THL11	D79/D601	56,80	63,20	51,20	57,07	98,9	3,0	3,2	2,0	2,1
THL12	D29/D161	58,70	66,20	54,90	59,93	109,1	2,0	3,2	1,0	2,2
THL13	D78/D161	55,60	62,00	44,80	54,13	111,5	1,0	2,2	1,0	1,3
THL14	D71/D161	49,10	61,20	44,70	51,67	104,8	2,0	2,5	1,0	2,0
THL15	D79/D161	46,00	50,10	39,10	45,07	116,5	2,0	3,0	1,0	2,1
THL16	D78/D29	57,60	67,80	53,00	59,47	111,8	2,0	2,2	1,0	2,0
THL17	D71/D29	56,80	67,00	46,10	56,63	110,1	2,5	2,4	2,1	2,3
THL18	D79/D29	57,90	65,00	52,70	58,53	112,5	1,7	2,1	1,7	1,8
THL19	D71/D78	53,10	60,50	52,20	55,27	113,8	2,3	2,3	2,2	2,1
THL20	D79/D78	60,10	61,70	58,20	60,00	110,1	2,4	2,0	2,0	2,4
THL21	D79/D71	54,20	63,80	60,00	59,33	95,1	1,2	1,9	1,3	2,2
HN88 (đ/c)		53,30	65,60	50,00	56,30	108,2				
CV%		4,2	5,2	5,0		5,4				
LSD <sub>0,05</sub>		5,1	6,1	4,5		7,0				

Kết quả đánh giá về độ dày vỏ hạt bằng vi trắc kế cho thấy các tổ hợp lai được tạo ra từ các dòng vỏ hạt mỏng cũng có độ dày vỏ hạt phù hợp trong khoảng (35-60µm), tương tự đối chứng HN88 (Bảng 4).

**Bảng 5. Kết quả phân tích PCR với các chỉ thị phân tử nhận biết QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng của 21 tổ hợp lai**

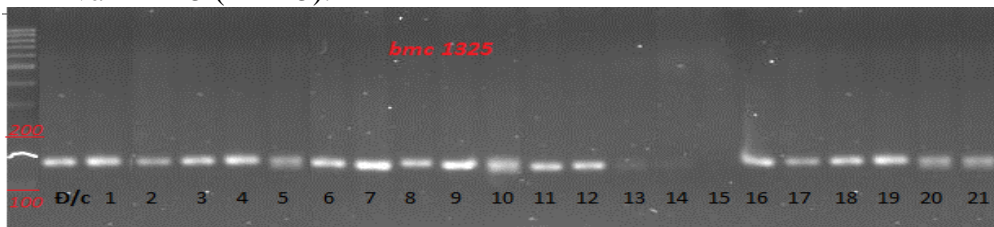
Chỉ thị	Số band	Số band đa hình
<i>umc2189</i>	16	0
<i>ztc131</i>	21	0
<i>umc2118</i>	20	0
<i>bmc1325</i>	19	0
<i>bmc1369</i>	17	2
<i>mmc1043</i>	19	8
<i>dupsr28</i>	21	0
<i>umc2038</i>	21	1
<i>mmc1550</i>	17	0
<i>umc1757</i>	14	0

Chỉ thị *umc 2189* dò tìm QTL điều khiển vỏ hạt mỏng trên 3 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt). Kết quả dò tìm QTL điều khiển vỏ hạt mỏng với chỉ thị *umc2189* biểu hiện đa hình và có kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 16/21 tổ hợp lai. Chỉ thị *Ztc 131* là chỉ thị SSR với hai môi đặc hiệu cặp hai phía (flank) của QTL điều khiển độ mỏng của vỏ hạt trên 3 vùng của hạt (phần trên mặt sau phôi, phần dưới mặt sau phôi và đầu hạt). Kết quả dò tìm đã nhận biết được 21 tổ hợp lai mang QTL điều khiển vỏ hạt mỏng (Hình 4).



**Hình 4. Sản phẩm PCR nhận bằng chỉ thị *ztc131* với 21 tổ hợp lai**

Dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *umc2118* cho thấy cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 20 giếng xuất hiện band tương ứng với 20 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt, tương tự đối chứng HN88. Chỉ thị *bmc 1325* dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *bmc1325* cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 19 giếng xuất hiện band tương ứng với 19 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt, tương tự đối chứng, có 2 giếng không xuất hiện band tương ứng với các THL14 và THL15 (Hình 5).



**Hình 5. Sản phẩm PCR nhận chỉ thị *bmc1325* với 21 tổ hợp lai**

Chỉ thị *bmc 1369* dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với chỉ thị *bmc1369* cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 17 giếng xuất hiện band tương ứng với 17 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt. Các giếng còn lại cho kết quả đa hình không rõ tương ứng với các THL7, THL9, THL11 và THL17. Chỉ thị *mmc 0143* dò tìm QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng với marker *mmc0143* cho thấy cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 0 đến 200bp chứng tỏ marker

này nằm gần QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng hơn các marker khác, nhận biết được 19 giếng xuất hiện band tương ứng với 19 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 5 vùng của vỏ hạt.

Tương quan giữa kiểu gen (kết quả dò tìm QTL điều khiển độ dày vỏ hạt ở 5 vùng của vỏ hạt bởi 2 cặp chỉ thị *umc2118-bmc1325* và *bmc1369-mm0143*) với kiểu hình (độ dày vỏ hạt trung bình ở cả 3 vị trí), lựa chọn được 12/21 tổ hợp lai (57,14%), là các tổ hợp lai VNUA86, VNUA98, MH25, THL5, 6, 8, 12, 13, 16, 18, 19 và 20. Chỉ thị *dupsr 28* dò tìm với chỉ thị *dupsr 28*, xác định được 21 tổ hợp lai có QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng ở 2 vùng của vỏ hạt (phần trên mặt có phôi và phần dưới mặt phôi). Chỉ thị *umc 2038* phân tích cho thấy cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 17 giếng xuất hiện band tương ứng với 17 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng trên 2 vùng của vỏ hạt. Chỉ thị *umc 1550* kết quả phân tích cho thấy cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 18 giếng xuất hiện band tương ứng với 18 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng ở phần trên mặt có phôi của vỏ hạt. Chỉ thị *umc 1757* phân tích cho thấy cho kết quả đa hình, kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, nhận biết được 14 giếng xuất hiện band tương ứng với 14 tổ hợp lai có mang gen hoặc QTL quy định tính trạng vỏ hạt mỏng vùng trên mặt có phôi của vỏ hạt.

Đánh giá vỏ hạt mỏng dựa trên kiểu hình cho thấy 60 dòng có độ dày vỏ hạt trung bình từ 45,67 đến 118,73  $\mu\text{m}$  và xác định 27 dòng có độ dày vỏ hạt phù hợp tương tự đối chứng HQ6, trong đó gồm có 5 dòng có nguồn gốc Việt Nam (D2, D32, D35, D36 và D60), 3 dòng có nguồn gốc từ CHDCND Lào (D15, D25 và D26), còn lại 19 dòng có nguồn gốc Trung Quốc (D28, D29, D30, D31, D61, D161, D601, D68, D70, D71, D73, D74, D75, D76, D77, D78 và D79).

Tương quan giữa kiểu gen (kết quả dò tìm QTL điều khiển độ dày vỏ hạt ở 5 vùng của vỏ hạt bởi 2 cặp chỉ thị SSR *umc2118-bmc1325* và *bmc1369-mm0143*) với kiểu hình (độ dày vỏ hạt trung bình ở cả 3 vị trí), lựa chọn được 20/27 dòng (74,1%). Các dòng chọn được đưa vào lai thử khả năng kết hợp là D2, D26, D28, D29, D32, D35, D36, D52, D60, D161, D65, D601, D68, D71, D73, D74, D76, D77, D78, D79.

Các tổ hợp lai được tạo ra từ các dòng có mang QTL điều khiển tính trạng vỏ hạt mỏng cho độ dày vỏ hạt phù hợp trong khoảng (35-60 $\mu\text{m}$ ). Tương quan giữa kiểu gen với kiểu hình đã lựa chọn được 12/21 tổ hợp lai (57,14%) là THL1, THL2, THL3, THL5, THL6, THL8, THL12, THL13, THL16, THL18, THL19 và THL20 có tính trạng vỏ hạt mỏng. Trên cơ sở nghiên cứu và nghiên cứu tiếp theo đã chọn tạo thành công bốn giống ngô nếp lai chất lượng vỏ hạt mỏng được công nhận quốc gia Việt Nam.

**Bảng 6. Các giống ngô nếp phát triển và chọn tạo tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam**

TT	Tên giống	Cơ quan tác giả	Hình thức công nhận	Năm
1	Giống ngô nếp lai HUA601 (ADI668)	Viện Nghiên cứu Ngô, Viện Khoa học Nông nghiệp Quảng Tây, Trung Quốc chọn tạo. Viện NC&PT Cây trồng, HVNN VN tuyển chọn; đăng ký khảo nghiệm và làm thủ tục công nhận giống	Công nhận chính thức	2017
2	Giống ngô nếp lai ADI688	Viện Nghiên cứu và Phát triển Cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam chọn tạo	Công nhận chính thức	2017
3	Giống ngô nếp lai VNUA69	Viện Nghiên cứu và Phát triển Cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam chọn tạo	Công nhận sản xuất thử	2018
4	Giống ngô nếp lai VNUA16	Viện Nghiên cứu và Phát triển Cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam chọn tạo	Công nhận sản xuất thử	2018

### 5.3. Cải tiến chất lượng ngô nếp

Nghiên cứu của Stamp & cs. (2014) cho rằng những dân tộc ít người ở Đông Nam Á sử dụng ngô nếp làm lương thực hàng ngày, nhưng trong ngô nếp thiếu một số amino axit cần thiết. Gần

đây, nghiên cứu phối hợp các alen lặn *wx* và *opaque2* để tăng gấp đôi chất lượng trong hạt ngô (w/o, amylopectin, protein cao), sự kết hợp này cần thực hiện lai chuyển gen vào nguồn vật liệu di truyền ngô nếp địa phương. Các tác giả sử dụng hai dòng w/o có nền di truyền của Trung Quốc và Thái Lan lai với hai giống ngô nếp địa phương Việt Nam, hai giống địa phương của dân tộc ít người có chất lượng tốt ký hiệu là WVN 3 và WVN 10. Thu hoạch và phân tích tại thời gian thu hoạch cho ăn tươi và giai đoạn chín sữa các con cái F<sub>2</sub> của w/o WVN 3 đồng đều bắp đã bóc lá bi như với ngô nếp lai thương mại và 40% của 10 con cái F<sub>2</sub> với giống WVN 10. Trong tổ hợp lai WVN 3 và F<sub>2</sub> lai trở lại với WVN 3, tất cả bắp đã bóc lá bi w/o đồng đều về chất lượng ăn uống và hàm lượng protein; nhưng năng suất bắp và hàm lượng tryptophan cao nhất ở tổ hợp lai đỉnh. Các tác giả cho rằng nguồn vật liệu di truyền chất lượng cao hiện có như là một nguồn QPM của dân tộc ít người. Tổ hợp hai nguồn dòng w/o hướng đến cân bằng chất lượng protein khi lai với giống địa phương, nhưng các tổ hợp lai năng suất cao chỉ ra rằng đây là nguồn tiềm năng cho tạo giống ngô lai QPM thương mại ở Đông Nam Á.

Nghiên cứu ảnh hưởng của gen đến thành phần đường trong ngô nếp, Simla & cs. (2009) đã xác định hiệu ứng gen trội và di truyền giải thích hầu hết các biến đổi di truyền đối với đường sucrose và đường tổng số các phép lai ngô nếp và ngô ngọt. Hiệu ứng gen trội âm chỉ ra rằng hàm lượng đường trong các con lai F<sub>1</sub> không cao bằng bố mẹ của chúng. Hiệu ứng gen cộng hưởng đáng kể cũng chỉ ra tác dụng đồng thời của các tổ hợp gen ngọt. Dựa trên kết quả, lai ngược hoặc lai ba chiều là lựa chọn tốt nhất để tăng độ ngọt cho ngô nếp và sử dụng tổ hợp gen tốt hơn so với đơn gen. Nhóm nghiên cứu Học viện Nông nghiệp Việt Nam cũng bước đầu lai ngô nếp và ngô ngọt để cải thiện chất lượng ngô nếp. Nghiên cứu gồm 4 dòng ngô nếp và 2 dòng ngô đường tự phối đời cao S6, có nguồn gốc rút dòng từ các giống lai đơn nhập nội và các giống địa phương trong nước. Cho lai thuận nghịch theo cặp đơn tạo 16 tổ hợp lai. Đánh giá tổ hợp lai, so sánh với đối chứng là ngô nếp HN88 có nguồn gốc nhập nội từ Trung Quốc. Đánh giá 16 tổ hợp lai so với đối chứng HN88. Thí nghiệm bố trí theo kiểu RCB với 2 lần nhắc lại. Mỗi tổ hợp lai gieo làm 2 hàng trên ô thí nghiệm 10 m<sup>2</sup> (7,2m\*1,4m), khoảng cách gieo trồng: hàng cách hàng 70cm, cây cách cây 25cm. Diện tích các ô thí nghiệm 1 là 342,72 m<sup>2</sup> (122,4m\*2,8m). Theo dõi các chỉ tiêu theo Quy chuẩn 01-56:2011/BNNPTNT (Bộ Nông Nghiệp Và Phát Triển Nông Thôn, 2011). Kết quả thu được 2 tổ hợp triển vọng là THL4 và THL5 đều là con lai trong phép lai thuận (ngô nếp làm mẹ và ngô đường làm bố) có năng suất tương đương và cao hơn đối chứng. Về chất lượng ăn tươi cả hai tổ hợp lai triển vọng đều ngọt hơn đối chứng HN88 nhưng mùi thơm và độ dẻo không bằng đối chứng (Bảng 7).

**Bảng 7. Chỉ tiêu chất lượng và độ Brix của các THL nghiên cứu**

Tên THL	Độ Brix	Độ dẻo	Hương thơm	Vị đậm	Tỷ lệ hạt đường/bắp
THL 1	14,88	3,2	3,1	3,3	20,65
THL 2	15,77	3,1	3,6	3,7	23,47
THL 3	15,33	3,0	3,8	3,8	21,60
THL 4	16,12	4,1	4,2	3,9	25,37
THL 5	18,24	4,2	4,4	4,0	26,78
THL 6	15,22	3,2	3,3	3,8	24,62
THL 7	14,62	3,0	3,6	3,6	20,48
THL 8	15,02	3,1	3,5	3,4	21,26
THL 9	14,98	3,4	3,6	3,2	18,75
THL 10	14,33	3,3	3,9	2,7	17,30
THL 11	13,72	2,4	3,5	2,3	16,40
THL 12	13,76	3,2	3,1	2,9	18,00
THL 13	14,90	3,1	3,6	3,1	20,46
THL 14	13,83	2,2	3,3	3,5	19,72
THL 15	15,00	3,4	3,2	3,2	21,23
THL 16	14,53	2,2	3,8	3,3	19,98
ĐC (HN88)	13,01	1,4	2,1	2,2	0,00

Kết quả thu được cho thấy tỷ lệ hạt đường trên bắp của các THL dao động từ 16,40% - 26,78% trong đó THL11 có tỷ lệ hạt đường trên bắp nhỏ nhất 16,40% và THL5 có tỷ lệ hạt đường/bắp cao nhất (26,78%), tiếp đến là THL4 có tỷ lệ hạt đường/bắp là 25,37%. Nhìn chung, ở hầu hết các THL thuận, tỷ lệ hạt đường/bắp cao hơn ở các THL nghịch. Tỷ lệ hạt đường trên bắp của các THL chính là yếu tố cho chất lượng tốt hơn so với đối chứng.

#### 5.4. Chọn tạo giống ngô nếp tím

Đa dạng di truyền ngô (*Zea mays* L.) bao gồm biểu hiện của màu sắc hạt (đỏ, xanh, tím), nhưng dạng ngô đặc thù sử dụng ít hơn so với ngô vàng và ngô trắng thông thường. Sắc tố ở thực vật là các chất hóa học có nguồn gốc thực vật kháng oxy hóa tạo ra chuyển hóa thứ cấp, các chất kháng oxy hóa liên kết với nhiều kháng ung thư và kháng viêm nhiễm khác có lợi cho sức khỏe. Thay đổi màu sắc đã được nghiên cứu trong tạo giống. Hơn nữa tinh bột ngô nếp duy nhất và có hàm lượng amylopectin cao có thể sử dụng làm nguyên liệu cho công nghiệp (Zheng & cs., 2013; Luo & cs., 2020). Ngô có sự đa dạng rất cao về màu sắc hạt như trắng, vàng, đen, tím. Một số giống mang sắc tố đặc thù tạo ra các giống ngô hạt có màu đen và màu tím. Màu đen và màu tím ở ngô do hàm lượng anthocyanins cao nằm ở lớp vỏ hạt pericarp và lõi ngô. Sắc tố Anthocyanin được tìm thấy ở tất cả các phần của ngô tím, nhưng hàm lượng cao nhất ở lõi và lá bi (Baseggio & cs., 2020).

Chọn giống ngô nếp tím thực hiện ở Học viện Nông nghiệp Việt Nam Nghiên cứu thực hiện đánh giá và chọn lọc các dòng ngô nếp tím tự phối đời S3 đến S6 tốt nhất có năng suất hạt, năng suất bắp tươi thương phẩm, hàm lượng anthocyanin cao, chất lượng ăn uống tốt và đặc điểm nông sinh học phù hợp. Những dòng nghiên cứu phát triển từ nguồn gen trong nước và nhập nội. Số liệu kiểu hình thu thập trong thí nghiệm đồng ruộng gồm các đặc điểm sinh trưởng phát triển, năng suất, yếu tố cấu thành năng suất, năng suất bắp tươi thương phẩm. Phân tích hàm lượng anthocyanin bằng phương pháp pH vi sai, độ dày vỏ hạt đo bằng vi trắc kế, hàm lượng đường bằng máy đo độ brix, đánh giá chất lượng ăn uống độ mềm, độ đậm bằng thử nếm. Chọn lọc dòng ưu tú dựa trên chỉ số chọn lọc mô hình cây lý tưởng với 12 tính trạng. Kết quả đã chọn được 18 dòng ưu tú nhất cho nghiên cứu tiếp theo. Các dòng này có hàm lượng anthocyanin cao từ 22,4 to 260,10 µg/L, năng suất hạt từ 2,0 đến 3,5 t/ha và năng suất bắp tươi thương phẩm từ 3,8 đến 6,4 t/ha, chất lượng ăn uống tốt và đặc điểm nông sinh học phù hợp để tiếp tục tự phối phát triển dòng thuần cho tạo giống ngô nếp tím ưu thế lai. Nghiên cứu cũng cung cấp thông tin đầu tiên về hàm lượng anthocyanin trong vốn gen ngô nếp tím ở Việt Nam (Phạm Quang Tuan & cs., 2016).

VNUA141 là giống ngô nếp tím lai đơn giàu anthocyanin đầu tiên của Việt Nam được công nhận và triển khai sản xuất thử ở nhiều địa phương (Phạm Quang Tuấn & cs., 2018a). Giống ngô nếp tím VNUA141 chọn tạo từ dòng mẹ (♀) N2 được tự phối rút dòng từ giống ngô nếp lai Wax44 của công ty Syngenta. Dòng bố (♂) T141 được tự phối rút dòng từ tổ hợp lai GN141xTL2 (trong đó GN141 được phát triển từ giống ngô nếp thụ phấn tự do thu thập tại Tuần Giáo – Điện Biên; TL2 được tự phối rút dòng từ giống ngô nếp tím nhập nội từ Thái Lan). Đánh giá khả năng kết hợp cùng với các dòng ngô nếp khác do Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng phát triển từ các giống ngô địa phương OPVs và giống ngô lai đơn nhập nội từ Trung Quốc, Thái Lan.

**Bảng 8. Một số đặc điểm nông sinh học chính của giống VNUA141 (NT141) trong vụ Xuân và Thu Đông 2014 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Vụ	Giống	Gieo-thu hoạch (ngày)	Hình thái cây		Hình thái bắp	
			Chiều cao cây (cm)	Cao đóng bắp (cm)	Chiều dài bắp (cm)	Đường kính bắp (cm)
Xuân 2014	NT141	78	165,7	66,4	17,5	4,62
	Fancy111	83	182,6	88,9	18,1	4,34
Thu Đông 2014	NT141	74	175,3	74,6	16,8	4,48
	Fancy111	80	192,4	94,2	17,5	4,25

*Nguồn: Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng - Học viện Nông nghiệp Việt Nam*  
Qua kết quả khảo nghiệm tác giả, VCU, DUS và khảo nghiệm sản xuất chỉ ra rằng, giống VNUA141 có khả năng chống đổ rễ, kháng bệnh khô vằn, đóm lá nhỏ tốt hơn so với HN88 và Fancy111; năng

suất bắp tươi trong vụ Xuân là 93,44-94,62 tạ/ha, vụ Đông là 84,63 tạ/ha và thấp hơn so với HN88 trong khảo nghiệm VCU. Tuy nhiên, giống NT141 là giống ngô nếp tím có hàm lượng anthocyanin cao trong hạt, đem lại giá trị dinh dưỡng khác biệt so với ngô nếp trắng HN88, chất lượng ăn tươi thử nếm tương đương HN88 và Fancy111 (Bảng 8, 9). Giống được các địa phương khảo nghiệm sản xuất chấp nhận và mong muốn mở rộng quy mô diện tích gieo trồng nhằm phát triển sản xuất ngô theo hướng chất lượng dinh dưỡng cao, ngô quả đáp ứng được yêu cầu của thị trường hiện nay.

**Bảng 9. Một số chỉ tiêu chất lượng ăn tươi của giống VNUA141 (NT141) trong vụ Xuân và Thu Đông 2014 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Vụ	Giống	Độ ngọt (điểm 1-5)	Độ dẻo (điểm 1-5)	Hương thơm (điểm 1-5)	Vị đậm (điểm 1-5)	Màu sắc bắp luộc	Hàm lượng Anthocyanin (mg/100g)
Xuân 2014	NT141	2	2	2	2	Tím đậm	114,2
	Fancy111	2	3	3	2	Tím đậm	98,7
Thu Đông 2014	NT141	2	2	2	2	Tím đậm	103,2
	Fancy111	2	3	3	2	Tím đậm	95,1

Nguồn: Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng - Học viện Nông nghiệp Việt Nam

## 6. NGHIÊN CỨU CHỌN TẠO VÀ PHÁT TRIỂN NGÔ NGỌT

### 6.1. Phát triển các giống ngô ngọt vàng

Ngô ngọt (ngô đường) là một đột biến lặn của ngô thường, một số là đột biến lặn của gen điều khiển tổng hợp tinh bột (*su*) và những biến đổi khác và gen điều khiển độ ngọt là gen kéo dài mạch đường là ngô ngọt đậm (*se*) và gen siêu ngọt hay nhăn nheo (*sh2*) (Tracy & cs., 2019). Một số dạng chính là: *Ngô ngọt thường-Normal sugary (su)* là ngô tiêu chuẩn cho tiêu dung ăn tươi, nảy mầm được ở nhiệt độ 15 – 18°C. *Ngô ngọt đậm -Sugary enhanced (se)* độ đường cao hơn và thời gian chuyển đường thành tinh bột chậm hơn sau thu hoạch, nội nhũ rất mềm, nảy mầm được ở nhiệt độ 15 – 18°C. *Ngô siêu ngọt- Supersweet or shrunken-2 (sh2)* là ngô có hàm lượng đường cao gấp 2 – 3 lần ngô ngọt tiêu chuẩn, ngô cho thị trường ăn tươi, hạt nhỏ và nhẹ hơn hai loại trên, hạt nhăn nheo (Hu & cs., 2021). Sản lượng và giá trị, ngô ngọt là cây chế biến lớn thứ hai, chỉ sau cà chua. Sản lượng ngô ngọt chế biến (cả đông lạnh và đóng hộp) năm 2015 đạt 2,5 triệu tấn với giá trị cây trồng là 255,5 triệu USD (Revilla & cs., 2021).

Các giống ngô ngọt chủ yếu được chọn tạo bằng các phương pháp chọn tạo giống ngô truyền thống. Độ ngọt do gen "*shrunken 2*" ký hiệu *sh2* điều khiển được khám phá từ những năm 1960, gen *sh2* đã có độ ngọt cao ở thời điểm thu hoạch và nó còn cho ngọt hơn ở những giai đoạn sinh trưởng trước thu hoạch. Ngày nay, có một số giống ngô ngọt biến đổi gen (GMO) nhưng chỉ trong thí nghiệm nhỏ chưa có giống thương mại, một số giống thương mại chỉ là giống chuyển gen kháng bệnh ở các giống ngô thường. Ngô siêu ngọt mang đột biến *sh2*, duy trì lượng đường cao, có tốc độ tích lũy tinh bột ổn định và thích hợp cho mục đích thu hoạch và vận chuyển trong khoảng thời gian dài. *Shrunken2* mã hóa các tiểu đơn vị lớn của enzym ADP-glucose pyrophosphorylase (AGPase) có trong nội nhũ hạt ngô, giới hạn tốc độ trong quá trình sinh tổng hợp tinh bột. Sự đột biến ở locus *Sh2* làm cho bắp ngô có kích thước lớn và do đó đã được sử dụng rộng rãi để phát triển các giống ngô mới. Ngô có đột biến *sh2* có hàm lượng đường (29,9% sucrose) tăng gấp 3 và 8 lần so với ngô có đột biến *su1* (10,2% sucrose) và ngô bình thường, tương ứng. Điều tra sự kiểm soát di truyền của tính trạng ngọt, Ruanjaichon & cs. (2021) đã tiến hành một nghiên cứu liên kết toàn hệ gen (GWAS) trong một bảng kết hợp bao gồm 250 dòng lai cận huyết của ngô nếp, ngô ngọt và ngô sếp (RILs). Kết quả GWAS đã xác định được 12 SNP liên quan có ý nghĩa trên nhiễm sắc thể 3, 4, 5 và 7. SNP có liên kết chặt nhất là AX-91849634, được tìm thấy trên nhiễm sắc thể 3. Gen ứng viên được xác định trong sự mất cân bằng liên kết (LD) của điểm đánh dấu *sh2 (Zm00001d044129; sh2)*, mã hóa *ADP-glucose pyrophosphorylase (AGPase)*, một loại enzyme tiểu đơn vị 60 kDa ảnh hưởng đến chuyển hóa tinh bột trong nội nhũ ngô. Chỉ thị *Sh2\_rs844805326*, được phát triển trên cơ sở SNP ở vị trí 154 của exon 1, có hiệu quả cao trong việc phân loại ngô ngọt dựa trên *sh2* với các loại ngô

khác. Chỉ thị này cực kỳ hữu ích cho việc nhân giống có hỗ trợ của chọn lọc bộ gen trong cải tiến ngô siêu ngọt ngọt *sh2* và sản xuất hạt giống bán trên thị trường (Ruanjaichon & cs., 2021).

Chọn tạo giống ngô ngọt ở Việt Nam đã được quan tâm gần đây, tập trung chủ yếu chọn tạo giống ngô ngọt năng suất cao, chất lượng tốt và kháng bệnh. Nguồn gen ngô ngọt ở Việt Nam còn nghèo nên nghiên cứu chú trọng hơn vào nhập nội nguồn gen. Năm 2019 nhóm nghiên cứu của Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã thu thập được 25 nguồn vật liệu tiến hành tự phối và đánh giá 25 dòng tự phối cho thấy các dòng đều có thời gian từ gieo đến thu bắp tươi 84 – 88 ngày, chiều cao cây của các dòng trong khoảng 97,4 – 150,5 cm, chiều cao đóng bắp dao động từ 34,9 – 73,1 cm phù hợp cho chọn tạo giống ngô ngọt. Vật liệu nghiên cứu bao gồm 25 dòng ngô ngọt tự phối đời S4-S6 được phát triển từ các giống ngô thương mại nhập nội từ Hàn Quốc, Thái Lan, Trung Quốc, Nhật Bản, Mỹ và giống ngô địa phương của Việt Nam. Hai mươi lăm dòng ngô thí nghiệm được ký hiệu từ D1-D25, trong đó dòng D25 là dòng đối chứng được phát triển từ giống ngô ngọt Sugar75. Vụ Thu đông 2018 phá triển thêm dòng tự phối và đưa vào đánh giá 30 dòng thể hệ tự phối S4-S5 và chọn được 10 dòng ưu tú đưa vào thử KNKH theo mô hình Griffing 4. Nghiên cứu đã lai thử khả năng kết hợp xác định được các THL tiềm vọng đưa vào hệ thống khảo nghiệm Quốc gia (Bảng 10).

**Bảng 10. Năng suất và các yếu tố cấu thành năng suất của các dòng ngô ngọt trong vụ Xuân 2019 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Dòng	CDB (cm)	ĐKB (cm)	DĐC (cm)	H/B	H/H	Tỷ lệ H/B (%)	P1000 (g)	NSLT (tấn/ha)	NSTT (tấn/ha)
D1	12,9	3,5	0,9	13,0	20,8	71,6	104,0	1,6	1,4
D2	10,6	3,0	0,9	12,5	22,0	77,6	140,0	2,2	1,4
D3	12,5	3,6	0,8	14,5	27,8	67,4	100,0	1,9	1,8
D4	13,3	3,4	0,6	11,0	27,3	76,2	104,0	1,8	1,2
D5	10,6	3,5	0,8	13,0	23,0	72,4	98,0	1,7	1,4
D6	13,3	3,8	1,4	13,0	28,8	80,2	110,0	2,3	1,2
D7	14,1	3,3	1,3	12,0	33,0	69,5	110,0	2,4	1,2
D8	12,3	3,8	0,9	13,5	28,8	73,9	98,0	2,2	1,5
D9	10,8	4,2	0,4	13,5	29,8	74,7	128,0	2,5	1,6
D10	11,6	3,4	0,6	10,5	28,0	77,0	94,0	1,7	1,5
D11	13,9	3,9	1,2	12,5	29,3	65,2	100,0	2,1	1,6
D12	13,4	3,8	1,2	13,5	28,0	81,2	100,0	2,2	1,2
D13	11,6	3,3	0,6	11,5	27,3	81,2	132,0	2,4	2,0
D14	14,1	3,7	1,1	15,0	31,5	76,8	126,0	2,6	1,9
D15	13,0	3,3	0,8	10,5	30,3	81,7	126,0	2,5	1,7
D16	11,9	4,0	1,2	13,0	27,0	73,0	114,0	2,0	1,5
D17	11,1	3,8	0,6	13,5	26,5	69,2	100,0	1,8	1,4
D18	12,6	3,8	0,5	13,5	31,0	70,3	90,0	2,0	1,6
D19	10,8	2,8	0,3	12,5	22,8	81,6	82,0	1,4	1,1
D20	12,9	3,5	0,6	10,0	34,8	75,0	84,0	2,2	1,9
D21	12,3	3,9	1,2	12,5	29,5	73,8	100,0	2,1	1,9
D22	11,3	3,5	0,8	13,0	22,5	70,9	92,0	1,5	1,2
D23	10,5	3,1	0,6	11,5	22,3	67,0	120,1	1,8	1,5
D24	13,4	3,9	0,9	14,0	24,5	74,4	98,0	1,9	1,1
D25	11,6	3,4	0,7	11,5	27,0	80,3	128,0	2,3	1,9
CV%	9,0	5,8	-	8,6	6,0	-	4,4	10	9,9
LSD <sub>0,05</sub>	2,3	0,42	-	2,2	3,4	-	9,8	0,7	0,3

## 6.2. Ngô trái cây – Bước đột phá trong chọn tạo giống ngô thể hệ mới tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam



Với đời sống ngày một nâng cao, nhu cầu sử dụng ngô như một thực phẩm giàu dinh dưỡng, ít tồn công chế biến ngày một tăng. Chọn tạo giống ngô trái cây ưu thế lai là hướng đi mới đáp ứng nhu cầu thị hiếu người tiêu dùng ngô ăn tươi giàu dinh dưỡng, không chỉ giúp nâng cao sức đề kháng trong đại dịch Covid-19 diễn biến phức tạp toàn trên thế giới mà còn đem lại lợi ích to lớn cho người nông dân trồng ngô. Ngô trái cây là một khái niệm mới hiện nay để chỉ các loại ngô có thể ăn tươi trực tiếp ở giai đoạn chín sữa không cần qua chế biến. Đáp ứng được tiêu chí ngô trái cây thì đặc điểm của loại ngô này cần phải có bao gồm: độ ngọt cao tự nhiên, mỏng vỏ, dễ tiêu hóa, đường kính lõi nhỏ, kết hạt đều, hương vị tươi ngon và giàu dinh dưỡng. Để chọn tạo ra một giống ngô trái cây mới với mục tiêu chọn tạo như trên thì phát triển các nguồn vật liệu từ dạng ngô ngọt tím (*Zea mays saccharata* L.) là một hướng đi đúng đắn do loại ngô này có chứa hàm lượng đường và chất kháng oxy hóa anthocyanin cao trong hạt.

Ngô trái cây là khái niệm tương đối mới mẻ ở Việt Nam. Phần lớn ngô phục vụ nhu cầu ăn tươi hiện nay là ngô nếp và ngô ngọt phải qua chế biến như luộc, nướng, chiên. Các nghiên cứu về ngô trái cây hiện nay còn rất ít nhưng các nghiên cứu liên quan đến cải tiến chất lượng ngô thông qua các tính trạng độ mỏng vỏ, độ ngọt, hương thơm, vị đậm cùng với các đặc điểm của cấu trúc bắp được nhiều nhà khoa học trên thế giới như Lertrat & Pulam (2007), Choe (2010); Choe & Rocheford (2012) và ở Việt Nam như Vũ Văn Liết & cs. (2009), Trần Thị Thanh Hà & cs. (2013); Trần Thị Thanh Hà & cs. (2017); Trần Thị Thanh Hà & cs. (2020), Phạm Quang Tuan & cs. (2016), Phạm Quang Tuấn & cs. (2018b) và Nguyễn Trung Đức & cs. (2020) tiến hành. Các nghiên cứu này là cơ sở khoa học vững chắc để tiếp cận hướng chọn tạo giống ngô ăn tươi mới. Từ năm 2012 đến nay, nhóm các nhà khoa học thuộc Viện đã tiến hành thu thập và phát triển các nguồn gene ngô từ các nguồn gen ngô địa phương và tổ hợp lai nhập nội từ Mỹ, Thái Lan, Trung Quốc, Hàn Quốc và Nhật Bản. Qua công tác tạo vật liệu mới đã chọn được các dòng ngô ngọt tím thích ứng với điều kiện sinh thái vùng nhiệt đới. Đây là bước khởi đầu quan trọng tiến tới lai tạo, đánh giá và chọn các tổ hợp lai ngô trái cây mới.

Phát triển các dòng thuần ngô tím ngọt là bước quan trọng trong công tác chọn tạo giống ngô trái cây ưu thế lai. 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. Khoảng 140 kb (*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). Có một mối liên hệ di truyền cực kỳ chặt chẽ giữa đột biến *sh2* và gen sinh tổng hợp anthocyanin, *anthocyaninless-1* (*a1*). Vì khoảng cách giữa hai gen này chỉ là 0,1 cM, nên để phát triển các dòng ngô siêu ngọt màu tím phụ thuộc vào việc phá vỡ liên kết di truyền chặt chẽ này. Đồng hợp tử *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. Trong vụ Xuân 2021, kết quả bước đầu đánh giá các tổ hợp lai ngô trái cây đã cho kết quả rất khả quan. Tổ hợp lai ngô trái cây triển vọng VNUA181 với thời gian thu bắp tươi ngắn 65 ngày, thấp cây, chống đổ rất tốt, chỉ số đại diện độ ngọt °Brix đạt  $\geq 16$ , bắp trụ dài 22-25cm, và năng suất bắp tươi tiềm năng đạt 14-15 tấn/ha đã tạo ra một bước đột phá trong chọn tạo giống ngô thế hệ mới – ngô trái cây ở Việt Nam. Các tổ hợp lai ngô trái cây triển vọng do Học viện chọn tạo ngay lập tức được các công ty giống cây trồng như Công ty CP Đầu tư Thương mại và Phát triển Nông nghiệp ADI, Công ty cổ phần Tập đoàn Giống cây trồng Việt Nam Vinaseed sẵn đón.

## 7. NGHIÊN CỨU CHỌN TẠO VÀ PHÁT TRIỂN NGÔ SINH KHỐI

Ngô sinh khối là cây ngô được thu hoạch ở giai đoạn bắp ngô chín sấp để làm thức ăn cho gia súc ăn cỏ. Không thu hoạch để lấy hạt lúc bắp ngô đã chín hoàn toàn, cây ngô sinh khối thu hoạch làm thức ăn cho gia súc ở giai đoạn bắt đầu chín sấp, thân lá vẫn xanh để đảm bảo độ mềm, giàu dinh dưỡng và sự ngon miệng cho vật nuôi. Toàn bộ cây ngô (thân, lá, bắp) thường được băm/xay nhỏ để cho gia súc ăn trực tiếp, hoặc chế biến thành nhiều loại thức ăn cho gia súc như ủ chua, viên nén hoàn chỉnh cho gia súc ăn cỏ... trong những thời điểm khan hiếm thức ăn xanh trong năm. Lượng ngô tiêu dùng sẽ tăng 16% vào năm 2027 (FAO, 2018), trong đó ngô dùng làm thức ăn

chăn nuôi sẽ tăng từ 56% lên 58% vào năm 2027, chủ yếu tăng do nhu cầu thức ăn chăn nuôi ở các nước đang phát triển. Riêng Châu Á, tỷ lệ ngô làm thức ăn chăn nuôi sẽ chiếm khoảng 70% (Herrmann & cs., 2014; Taube & cs., 2020).

Trên thế giới dùng ngô là thức ăn chăn nuôi, trong đó các nước phát triển có tỷ lệ dùng ngô làm thức ăn chăn nuôi cao, một số nước có tỷ lệ rất cao như: Mỹ, Trung Quốc, Malaysia, Thái Lan. Theo báo cáo của QY Research về thị trường thương mại hạt giống ngô sinh khối toàn cầu 2018, căn cứ các tiêu chí về giá trị & khối lượng hạt giống thương mại, dựa trên số liệu loại sử dụng và khu vực của các công ty tham gia chính. Đó là các công ty quan trọng hàng đầu ở Bắc Mỹ, Châu Âu, Trung Quốc, Nhật Bản, Đông Nam Á, Ấn Độ và các khu vực khác (Trung Đông và Châu Phi, Trung & Nam Mỹ). Cụ thể là các công ty như DuPont Pioneer, Monsanto, Syngenta, KWS (KWS UK Ltd, 2017) và Limagrain. Hiện nay, DuPont Pioneer là công ty hàng đầu thế giới, chiếm giữ 26,36% thị phần hạt giống ngô sinh khối toàn cầu trong năm 2016. Tiêu thụ toàn cầu đối với hạt giống ngô sinh khối tăng từ 875,45 ngàn tấn vào năm 2012 lên 1.070,06 ngàn tấn vào năm 2016, với tốc độ tăng hàng năm hơn 5,15%. Thị trường hạt giống ngô sinh khối tăng lên chủ yếu do nhu cầu tăng lên của việc trồng ngô sinh khối ở trang trại, chiếm gần 62,84% tổng lượng tiêu thụ hạt giống ngô sinh khối trên toàn cầu (USDA, 2018). Hạt giống ngô sinh khối chủ yếu gồm 2 loại: ngô biến đổi gen (GMO) và ngô không biến đổi gen, trong đó GMO chiếm khoảng 67,74% thị trường hạt giống ngô sinh khối trong năm 2016. Theo kết quả điều tra, các nhà sản xuất tại Mỹ là một trong những nhà sản xuất chính của thị trường hạt giống ngô để phục vụ sản xuất ngô sinh khối. Xu hướng thị trường hạt giống ngô sinh khối sẽ mở rộng, vì nhu cầu dùng ngô sinh khối tăng lên. Trong vài năm tới, tiêu thụ hạt giống ngô sinh khối sẽ có xu hướng tăng trưởng mạnh. Dự báo vào năm 2023, tiêu thụ hạt giống ngô sinh khối ước đạt 1.247,23 ngàn tấn. Tổng giá trị thị trường hạt giống ngô sinh khối toàn cầu là 5.749 triệu USD vào năm 2016, tăng lên 6.190 triệu USD vào năm 2017 và sẽ đạt 8.400 triệu USD vào cuối năm 2025, với tốc độ tăng trưởng hàng năm 3,9% trong giai đoạn 2018–2025 (USDA, 2018).

Nhu cầu về thức ăn thô xanh cho ngành chăn nuôi ở Việt Nam hiện nay rất lớn nhưng tổng diện tích đất giành để trồng thức ăn thô xanh (bao gồm các loại cỏ chăn nuôi, ngô sinh khối và các cây thức ăn thô xanh khác...) cho gia súc nhai lại chỉ chiếm khoảng 2,0% diện tích đất gieo trồng của cả nước. Theo ông Tống Xuân Chinh, Phó Cục trưởng Cục Chăn nuôi “Dựa trên định mức kinh tế kỹ thuật trong chăn nuôi gia súc ăn cỏ, các chuyên gia cho rằng cần phải có tổng diện tích trồng cây thức ăn thô xanh vào năm 2025 lên gần 500 ngàn ha mới đủ tổng lượng thức ăn thô xanh (khoảng 43 triệu tấn) cho đàn gia súc ăn cỏ và sản phẩm thịt, sữa của chúng như mục tiêu phát triển đàn gia súc lớn (2.445 ngàn con trâu, 6.254 ngàn con bò thịt, 514 ngàn con bò sữa và 3.400 ngàn con dê). Cũng theo ông Chinh, về mặt hiệu quả kinh tế cho thấy việc trồng ngô sinh khối có hiệu quả gấp 2,5-3 lần so với trồng lúa. Ngô sinh khối là nguồn thức ăn có giá trị dinh dưỡng cao thứ 2 trong nhóm cây thức ăn thô xanh cho gia súc ăn cỏ. Trồng ngô lấy hạt trồng ở nước ta khó cạnh tranh về giá, chất lượng so với ngô hạt nhập khẩu. Trong khi tổng diện tích ngô sinh khối của cả nước còn rất thấp so với nhu cầu của ngành chăn nuôi. Nhằm đạt mục tiêu cho 500 ngàn ha trồng cây thức ăn thô xanh vào năm 2025, trong đó có ngô sinh khối cho gia súc ăn cỏ, cần áp dụng đồng bộ năm giải pháp quan trọng. Một trong năm giải pháp đó là: “Tập trung nghiên cứu phát triển hoặc nhập khẩu các giống ngô chuyên sinh khối năng suất cao... phục vụ chăn nuôi trong nước, thậm chí chế biến thức ăn thô xanh ủ chua xuất khẩu”.

Vụ Xuân 2021, 15 tổ hợp lai (kí hiệu từ THL1-THL15) được đánh giá sinh trưởng phát triển tốt trong đó có 15 tổ hợp lai đều thuộc nhóm chín sớm (98-105 ngày), giống đối chứng SSC586 thuộc nhóm ngô chín trung bình (106 ngày). Hai tổ hợp lai kí hiệu THL8 và THL3 với các ưu điểm như: năng suất chất xanh cao, lần lượt đạt 58,1 và 53,4 tấn/ha; hàm lượng vật chất khô từ 33,6-40,5%; năng suất chất khô đạt 19,6 -21,6 tấn/ha; hàm lượng protein thô đạt 6,67-8,2 % CK đang được nghiên cứu tiếp để đưa khảo nghiệm quốc gia.

**Bảng 11. Năng suất chất xanh, hàm lượng vật chất khô và năng suất chất khô của các dòng bố mẹ và tổ hợp lai trong vụ Xuân 2021 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Kí hiệu	Năng suất chất xanh (tấn/ha)	Hàm lượng vật chất khô (%)	Năng suất chất khô (tấn/ha)
THL1	38,7	33,2	12,8
THL2	51,0	33,5	17,1
THL3	53,4	40,5	21,6
THL4	34,6	29,3	10,1
THL5	33,0	27,6	9,1
THL6	41,3	37,1	15,3
THL7	30,5	33,1	10,1
THL8	58,2	33,6	19,6
THL9	46,2	30,2	14,0
THL10	43,6	35,8	15,6
THL11	40,2	39,7	16,0
THL12	37,3	29,7	11,1
THL13	34,2	30,2	10,3
THL14	37,1	31,4	11,6
THL15	47,2	32,7	15,4
SSC586 (đ/c)	55,6	38,2	21,2
D1	26,5	31,1	8,2
D2	29,8	32,5	9,7
D3	29,9	33,6	10,1
D4	27,6	30,2	8,3
D5	24,2	27,7	6,7
D6	17,7	26,3	4,7
CV%	12,2	2,2	12,3
LSD <sub>0,05</sub>	7,4	1,2	2,4

**Bảng 12. Kết quả phân tích hàm lượng protein thô và xơ thô có trong 100g vật chất khô của các tổ hợp lai trong vụ Xuân 2021 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Kí hiệu	Protein thô (% CK)	Xơ thô (% CK)
THL1	5,50	21,64
THL3	8,29	16,70
THL6	9,19	17,38
THL8	6,67	21,81
THL10	7,28	20,56
THL11	6,95	19,33
SSC586 (đ/c)	7,41	20,30

*Nguồn: Kết quả xác định theo vật chất khô (VCK) tại Phòng thí nghiệm Trung tâm- Khoa Chăn nuôi - Học Viện Nông nghiệp Việt Nam*

## 8. NHỮNG KHÓ KHĂN THÁCH THỨC

### 8.1. Hạ tầng

Nghiên cứu còn chưa được quan tâm đầy đủ về kinh phí và thời gian, như rất khó hợp tác với nước ngoài để đẩy mạnh nghiên cứu và trao đổi nguồn vật liệu di truyền.

### 8.2. Nhân lực

Đội ngũ cán bộ nghiên cứu ít được hợp tác để nâng cao kiến thức chuyên môn và kỹ năng trong nghiên cứu tạo giống.

### 8.3. Cơ chế, chính sách

Các văn bản hướng dẫn và công nhận giống phức tạp gây tổn kém cho nhà tạo giống, các công ty chưa đủ mạnh để đầu tư cùng nhà khoa học.

## 9. CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN NGÔ THỰC PHẨM, NGÔ THỨC ĂN XANH

Để sử dụng hiệu quả, bền vững nguồn gen ngô và phát triển các giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh để phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu với tầm nhìn giai đoạn 2021-2030: số hóa toàn bộ nguồn gene ngô, làm chủ các công nghệ chọn tạo giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh; và tầm nhìn đến năm 2045: chuyển từ chọn lọc sang dự đoán và thiết kế các giống ngô thực phẩm, ngô thức ăn xanh theo vùng sinh thái cần thực hiện tổng thể các chiến lược sau:

### **9.1. Chuyển đổi số trong lưu trữ, quản lý, khai thác nguồn gen ngô**

CIMMYT là trung tâm lớn nhất thế giới làm nhiệm vụ bảo tồn nguồn gen ngô và lúa mì. Tuy nhiên, tại Việt Nam, để chủ động nắm giữ, quản lý, khai thác nguồn gen có hiệu quả cần tiến hành chuyển đổi số trong lưu trữ, quản lý, khai thác nguồn gen ngô bao gồm xây dựng và chuẩn hóa hệ thống bảo tồn, lưu trữ, phân bố và sử dụng nguồn gen; phân phối nguồn vật liệu an toàn; thúc đẩy quản lý khoa học và đảm bảo truy cập mở vào dữ liệu và thông tin thu được thông qua phần mềm mở; phát triển các công cụ và phương pháp mới để khai thác nguồn gen và cải tiến cây trồng.

### **9.2. Áp dụng công nghệ mới trong chọn tạo giống ngô**

#### **9.2.1. Giải trình tự nguồn gen ngô Việt Nam**

Các nghiên cứu đa dạng ở các cấp độ di truyền, phân tử và chức năng đã cho thấy rằng, các nguồn gen ngô nhiệt đới có phổ di truyền rộng. Trong số tất cả các chỉ thị phân tử, đa hình đơn nucleotide, single-nucleotide polymorphism, SNP - là sự thay thế của một nucleotide đơn tại một vị trí cụ thể trong bộ gen có trong một phần đủ lớn của quần thể ngày càng trở nên phổ biến. SNP là loại biến thể di truyền phổ biến nhất, mỗi SNP đại diện cho một sự khác biệt chỉ một đơn vị cấu trúc ADN duy nhất, được gọi là nucleotide. Ví dụ, một SNP có thể thay thế nucleotide cytosine (C) bằng nucleotide thymine (T) trong một đoạn ADN nhất định. SNP được lựa chọn cho tất cả các ứng dụng hệ gen trong nhân giống ngô. Lập bản đồ di truyền đã được phát triển thông qua lập bản đồ liên kết thông thường (QTL mapping) và gần đây hơn là thông qua các phân tích liên kết toàn hệ gen (GWAS). Những tiến bộ đáng kể đã được thực hiện trong những năm gần đây qua các phương pháp chọn giống có sự hỗ trợ của bộ gen, nâng cao sự tiến bộ về năng suất cũng như khả năng chống stress phi sinh học và sinh học đã cho thấy tầm quan trọng của việc giải trình tự bộ gen. Nhiều cơ sở dữ liệu di truyền và các công cụ tin học đã được phát triển, trong đó MaizeGDB là loại được phát triển và sử dụng rộng rãi nhất bởi cộng đồng nghiên cứu ngô. Bộ gen ngô nếp đã được giải trình tự tại Trung Quốc (Luo & cs., 2020). Bộ gen ngô ngọt đã được giải trình tự tại Mỹ (Hu & cs., 2021) và Thái Lan (Ruanjaichon & cs., 2021). Kết quả phân tích bộ gen quần thể đã xác định được các vùng của bộ gen đang được chọn lọc và các gen ứng viên liên quan đến các tính trạng của ngô ngọt, chẳng hạn như ra thời gian tung phân-phun râu, thành phần nội nhũ, cấu trúc cò, số hàng hạt trên bắp và xác định được SNP liên kết với gen *sul* và *sh2*. Các nghiên cứu này cung cấp trình tự bộ gen tham chiếu chất lượng cao để tạo điều kiện thuận lợi cho việc so sánh gen, nghiên cứu chức năng và chọn giống hỗ trợ bộ gen đối với ngô ngọt. Như vậy, để thúc đẩy các nghiên cứu bộ gen học, xác định gen chức năng và tiến tới chọn lọc dựa trên bộ gen, Việt Nam cần sớm xây dựng quần thể và tiến hành giải trình tự nguồn gen ngô.

#### **9.2.2. Chọn lọc dựa trên bộ gen**

Chọn lọc bộ gen (Genomics Selection - GS) là một cách tiếp cận đầy hứa hẹn khai thác các chỉ thị di truyền phân tử để thiết kế các chương trình nhân giống mới và phát triển các mô hình dựa trên chỉ thị phân tử mới để đánh giá di truyền (Bhat & cs., 2016). Trong tạo giống cây trồng, nó tạo cơ hội để tăng khả năng di truyền của các tính trạng phức tạp trên một đơn vị thời gian và chi phí. Công nghệ giải trình tự gen thế hệ mới (Next Generation Sequencing) là công nghệ cho phép giải mã đồng thời hàng triệu trình tự DNA cùng lúc, qua đó giúp nâng cao hiệu suất của quá trình giải mã bộ gen của sinh vật nói chung và bộ gen ngô nói riêng. Kiểu gen giải trình tự dựa trên NGS đã làm tăng độ chính xác dự đoán giá trị chọn giống ước tính theo bộ gen so với nền tảng chỉ thị phân tử SSR truyền thống, đồng thời biến ước mơ của chọn lọc dựa trên bộ gen thành hiện thực trong chọn giống cây trồng. Để khai thác những lợi ích thực sự từ GS, những công nghệ giải trình tự này nên được kết hợp với đánh giá kiểu hình hiệu năng cao để đạt được lợi ích di truyền nhiều hơn.

#### **9.2.3. Đánh giá kiểu hình hiệu năng cao (HTP)**

Kết hợp các công nghệ cảm biến và ứng dụng thuật toán máy tính, phương pháp đánh giá kiểu hình cây trồng hiệu năng cao (HTP) cung cấp các phép đo tự động, có hệ thống, tiết kiệm thời gian cùng với các lợi thế của phép đo, đếm không phá hủy, không xâm lấn, quan sát chính xác, khách quan, đánh giá thường xuyên theo chu kỳ sinh trưởng và lưu trữ dữ liệu trực tiếp (Zhao & cs., 2019; Yang & cs., 2020). HTP có bốn nhóm ứng dụng chính mà trong nghiên cứu ngô thực phẩm và ngô thức ăn xanh có thể khai thác như sau:

Nhóm 1: HTP cung cấp các phép đo hiệu quả và khách quan về các tính trạng cây trồng. Các hệ thống HTP có thể đánh giá kiểu hình trên các cánh đồng nhân giống một cách hệ thống, hiệu quả hơn và tiết kiệm chi phí hơn, điều này cho phép tăng hiệu suất của các chương trình chọn giống để sàng lọc một quần thể cây trồng có cỡ mẫu lớn và cải thiện cường độ chọn lọc. Ví dụ, các nền tảng HTP dựa trên UAV có thể sàng lọc các cánh đồng chọn giống trong một khoảng thời gian ngắn. Các thiết bị phản xạ quang phổ và thị giác máy tính cung cấp các tiêu chí nhất quán để ước tính các tính trạng cây trồng theo nhiều chiều, chẳng hạn như chiều cao cây, nhiệt độ cây và hàm lượng diệp lục.

Nhóm 2: HTP giúp xác định các tính trạng cây trồng mới. Các cảm biến tiên tiến (siêu phổ và hồng ngoại) ghi lại thông tin bước sóng phản xạ ngoài tầm nhìn và cảm nhận của con người. Các phương pháp phân tích dữ liệu tiên tiến và các mô hình trí tuệ nhân tạo (AI) sẽ giúp phát hiện những thông tin ẩn từ dữ liệu đồng thời có tiềm năng lớn trong việc khám phá các đặc điểm cây trồng mới. Các đặc điểm mới có thể dùng để mô tả năng suất cây trồng ở một giai đoạn sinh trưởng cụ thể hoặc để xác định phản ứng động của cây trồng đối với môi trường theo chu kỳ sinh trưởng. Các đặc điểm cây trồng mới phát sinh từ các biến dị có thể cung cấp thêm thông tin để định lượng các biến thể di truyền đặc biệt và có khả năng làm tăng phương sai di truyền.

Nhóm 3: HTP tích hợp dữ liệu kiểu hình và dữ liệu kiểu gen. Các kiểu hình dựa trên HTP có thể được tích hợp vào phân tích di truyền, chẳng hạn như lập bản đồ locus tính trạng số lượng (QTL) hoặc nghiên cứu liên kết toàn hệ gen (GWAS) để xác định các tính trạng di truyền quan trọng. Các gen, QTL triển vọng có thể được áp dụng thông qua chọn lọc có hỗ trợ của chỉ thị phân tử (MAS) để sàng lọc và phát triển các nguồn vật liệu cây trồng mới trong quá trình lai tạo. Việc tích hợp sẽ cho phép chọn lọc chính xác, giảm chu kỳ nhân giống và tăng lợi ích di truyền.

Nhóm 4: HTP cho phép các mô hình hóa  $G \times E \times M$  để dự đoán P chính xác hơn. Công nghệ HTP cho phép thu thập dữ liệu lớn về cây trồng ở độ phân giải cao, đa chiều và khám phá các đặc điểm cây trồng mới để làm sáng tỏ các tương tác  $G \times E \times M$ . Các mô hình, thuật toán tiên tiến dựa trên công nghệ học máy và học sâu, AI sẽ chuyển đổi chương trình chọn giống từ mô tả kiểu hình sang dự đoán kiểu hình cho phép thiết kế các đặc điểm cây trồng dựa trên nhu cầu.

#### **9.2.4. Chọn lọc tăng tiến**

Chọn lọc tăng tiến (speed breeding) một tập hợp các kỹ thuật liên quan đến việc điều chỉnh các điều kiện môi trường mà theo đó các kiểu gen cây trồng được phát triển, nhằm mục đích đẩy nhanh quá trình ra hoa và thiết lập hạt giống, để tiến tới thế hệ nhân giống tiếp theo càng nhanh càng tốt. Phương pháp này giúp tiết kiệm thời gian và nguồn lực nhân giống thông qua việc tiến bộ nhanh chóng (Watson & cs., 2018; Wang & cs., 2021). Chọn giống tăng tiến được cho là có tiềm năng lớn để tích hợp với các công nghệ nhân giống cây trồng hiện đại khác, bao gồm chỉnh sửa bộ gen và chọn lọc dựa trên bộ gen, để đẩy nhanh tốc độ cải thiện cây trồng. Việt Nam cần sớm nghiên cứu các phương pháp chọn lọc tăng tiến trong các nghiên cứu ngô một cách có hệ thống và bài bản để tăng tốc chọn giống và giảm chu kỳ lai tạo.

#### **9.2.5. Ứng dụng công nghệ chỉnh sửa gen**

Chỉnh sửa gen (Genome Editing) là quá trình sử dụng kỹ thuật CRISPR cho phép các nhà khoa học cắt đoạn ADN chứa nhân tố gây bệnh ra khỏi bản mạch di truyền rồi viết lại các thông tin di truyền của chúng dựa trên những nghiên cứu về tế bào gốc (Masset & cs., 2021). CRISPR/Cas9 là hệ thống được mô tả lần đầu tiên và được dùng phổ biến (Dong & cs., 2018). Hệ thống CRISPR/Cas9 bao gồm 2 thành phần: enzyme Cas9 nuclease và RNA dẫn đường. Nhờ đoạn trình tự bổ sung của RNA dẫn đường với trình tự đích mà phức hợp này có thể tìm thấy vị trí cần chỉnh sửa trên hệ gen. Để có thể hoạt động, hệ thống CRISPR còn yêu cầu một trình tự ngắn từ 2-5 nucleotides trên DNA đích được gọi là protospacer associated motif (PAM) ngay sau đoạn bổ sung của RNA dẫn đường (đối với CRISPR/Cas9 của vi khuẩn *S.pyogenes* thì trình tự này là 5'-NGG,

trong đó N là bất kỳ nucleotide nào). Khi phức hợp Cas9 và guide RNA bám vào trình tự đích, enzyme Cas9 sẽ dùng 2 tiểu phần HNH và RuvC của mình để cắt đoạn DNA trên cả 2 mạch tại vị trí nucleotide thứ 3-4 phía trước PAM. Công nghệ chỉnh sửa gene bước đầu đã được ứng dụng thành công nâng cao năng suất ngô thông qua cải tiến số hàng hạt. Sự phát triển của tế bào gốc, cần thiết cho sự phát triển của hạt, được kiểm soát ở ngô bởi một bộ gen được gọi là CLEs. Nhưng làm thế nào những gen này thay đổi ngô rất phức tạp. Sử dụng chỉnh sửa bộ gen CRISPR, có thể thay đổi năng suất hàng hạt và kích thước bắp bằng cách tinh chỉnh hoạt động của một trong các gen CLE, ZmCLE7 (Liu & cs., 2021). Công nghệ chỉnh sửa gene được cho là công cụ mạnh mẽ trong nghiên cứu chọn tạo giống ngô mà các nhà khoa học Việt Nam cần quan tâm, nghiên cứu.

### **9.2.6. Ứng dụng công nghệ kích tạo đơn bội**

Ngô là một loài cây trồng điển hình cho hiện tượng ưu thế lai, và việc áp dụng các giống ngô lai đã cải thiện đáng kể tổng sản lượng ngô trên toàn thế giới. Tạo dòng thuần là phần quan trọng nhất của việc sử dụng ưu thế lai. Công nghệ nhân giống đơn bội kép (DH) là cách tiếp cận đang nổi lên gần đây trong việc lai tạo các dòng thuần; so với phương pháp tự lặp lại thông thường, nó có thể đẩy nhanh đáng kể quá trình nhân giống cây trồng. Tương tự như kỹ thuật nhân giống phân tử và kỹ thuật chuyển gen, nhân giống ngô DH ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nhân giống thương mại và đang trở thành kỹ thuật cốt lõi trong chọn giống ngô hiện đại. Sự ra đời của công nghệ kích tạo đơn bội (DH) là một cột mốc đánh dấu sự phát triển của công nghệ chọn giống cây trồng hiện đại và những đột phá của công nghệ này sẽ tạo thành một bước ngoặt mới trong việc ứng dụng ưu thế lai của ngô. Do vậy, việc làm chủ công nghệ này sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy cuộc cách mạng công nghệ nông nghiệp ở Việt Nam.

Tại Việt Nam, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 429/QĐ-TTg ngày 24/03/2021 về việc phê duyệt Đề án phát triển công nghiệp sinh học ngành nông nghiệp đến năm 2030 trong đó ưu tiên nhóm sản phẩm giống cây trồng, nhằm nâng cao tiềm lực nghiên cứu phát triển, ứng dụng và làm chủ công nghệ sinh học nông nghiệp hiện đại của khu vực và thế giới. Đồng thời, đưa Việt Nam trở thành quốc gia có trình độ công nghệ sinh học nông nghiệp ngang bằng các nước tiên tiến trong khu vực và trên thế giới. Đây là thời cơ hiếm có để các nhà chọn giống cây trồng nghiên cứu làm chủ công nghệ kích tạo đơn bội và ứng dụng chúng trong chọn tạo giống cây trồng góp phần tạo thành một bước ngoặt mới trong việc ứng dụng ưu thế lai của ngô và tạo tiền đề phát triển các giống ngô nội địa mới.

### **9.3. Nâng cao năng suất và chất lượng phù hợp với thị trường và vùng sinh thái**

Do có nhiều lợi ích cho sức khỏe như chống ung thư và chống viêm nhiễm nên các hợp chất phenol và hoạt tính của các chất kháng oxy hóa (antioxidant) được tất cả các nhà chọn giống ngô thực phẩm quan tâm, cải tiến, phát triển phục vụ nhu cầu người tiêu dùng. Sự đa dạng di truyền của ngô biểu thị rất rõ ở màu sắc hạt bao gồm màu đỏ, xanh và tím. Các sắc tố này chứa nhiều hoạt chất thực vật như hợp chất phenol và các chất kháng oxy hóa được sản sinh ra từ quá trình chuyển hóa thứ cấp. Hàm lượng phenolic của ngô ngọt gần bằng với ngô thông thường (15,55  $\mu\text{mol GAE/g}$  = 264 mg GAE/100g trọng lượng khô) chiếm gần 80% hàm lượng nước trong ngô ngọt tươi và cao hơn các loại ngũ cốc khác, bao gồm lúa mì (135,8 mg GAE/100g), yến mạch (111,0mg GAE/100g), và gạo (94,5mg GAE/100g). Di truyền số lượng đối với sắc tố màu đỏ, tím, vàng và trắng ở ngô đã được thực hiện trong các nghiên cứu di truyền cổ điển nhưng các nghiên cứu về sự biến đổi của chúng ở các điều kiện, môi trường khác nhau phần lớn vẫn chưa được khám phá. Các gene số lượng quy định anthocyanin (đỏ và tím), carotenoid (vàng) và sắc tố trắng chủ yếu được kiểm soát bởi các alen trội đối với red aleurone (*pr1*), colored aleurone (*c1*), colored (*r1*) và white (*y1*). Các yếu tố bổ sung kiểm soát sự biểu hiện của màu sắc hạt bao gồm anthocyaninless-1 (*a1*), anthocyaninless-2 (*a2*), bronze-1 (*bz1*), bronze-2 (*bz2*), colorless-2 (*c2*), defective kernel-1 (*dek1*), và viviparous-1 (*vp1*). Ngoài ra, gene P (pericarp – vỏ) trong các tổ hợp alen như P-rr (vỏ và lõi ngô đỏ), P-wr (vỏ không màu và lõi ngô đỏ), P-rw (vỏ đỏ và lõi trắng) và P-ww (cả vỏ và lõi ngô không màu) có thể tạo ra các kiểu hình bắp riêng biệt. 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. Sự di truyền màu sắc theo dòng mẹ ở cây ngô, đặc biệt là ở lớp vỏ cần có thêm nhiều nghiên cứu để làm sáng tỏ. Đánh giá khả năng kết hợp được cho là có hiệu quả để xác định các dòng thuần tốt nhất và các tổ hợp lai có triển vọng trong nghiên cứu ngô. Khả

năng kết hợp chung, khả năng kết hợp riêng và ưu thế lai đã được đánh giá trên tính trạng hàm lượng phenol tổng số và các tính trạng thứ cấp ở ngô màu dạng hạt đá nhưng các nghiên cứu này trên dạng ngô ngọt có dạng hạt nhão vẫn có một khoảng trống tri thức cần được nghiên cứu chuyên sâu. Như vậy, hoạt chất phenol, các chất kháng oxy hóa và các tính trạng thứ cấp có thể được điều chỉnh về mặt di truyền và có thể được cải thiện thông qua chọn lọc và kết hợp với tính trạng năng suất cao. Các dòng thuần và con lai F1 mang tính trạng tốt này có thể được chọn lọc thông qua các phương pháp đánh giá khả năng kết hợp. Do đó, cơ hội phát triển và thương mại hóa các giống ngô thực phẩm có hàm lượng phenol và anthocyanin cùng các hoạt chất dinh dưỡng khác tại Việt Nam là rất lớn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Andorf C., Beavis W. D., Hufford M., Smith S., Suza W. P., Wang K., Woodhouse M., Yu J. & Lübberstedt T. (2019). Technological advances in maize breeding: past, present and future. *Theoretical and Applied Genetics*. 132(3): 817-849.
- Anirban A. & O'hare T. (2020). Super-sweet purple sweetcorn: breaking the genetic link. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*. 36(1): 6134.
- Báo Nông Nghiệp (2021). <https://nongnghiep.vn/ngo-nhap-khau-ve-viet-nam-vuot-moc-12-trieu-tan-d284486.html>. Truy cập ngày 10 tháng 9 năm 2021.
- Baseggio M., Murray M., Magallanes-Lundback M., Kaczmar N., Chamness J., Buckler E. S., Smith M. E., Dellapenna D., Tracy W. F. & Gore M. A. (2020). Natural variation for carotenoids in fresh kernels is controlled by uncommon variants in sweet corn. *Plant Genome*. 13(1): e20008.
- Bhat J. A., Ali S., Salgotra R. K., Mir Z. A., Dutta S., Jadon V., Tyagi A., Mushtaq M., Jain N., Singh P. K., Singh G. P. & Prabhu K. V. (2016). Genomic Selection in the Era of Next Generation Sequencing for Complex Traits in Plant Breeding. *Frontiers in Genetics*. 7: 221.
- Bộ Nông Nghiệp Và Phát Triển Nông Thôn (2011). 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.
- Brewbaker J. L. (2003). *Corn production in the tropics: The Hawaii experience*. University of Hawaii. trang trang.
- Brewbaker J. L. & Martin I. (2015). Breeding tropical vegetable corns. *Plant Breeding Reviews: Volume 39*. 125-198.
- 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. 1-135.
- Choe E. & Rocheford T. R. (2012). Genetic and QTL analysis of pericarp thickness and ear architecture traits of Korean waxy corn germplasm. *Euphytica*. 183(2): 243-260.
- Darwin C. (1895). *Cross and self fertilisation in the vegetable kingdom*. AMS Press. trang trang.
- Dhasarathan M., Babu C., Iyanar K. & Velayudham K. (2012). Studies on genetic potential of baby corn (*Zea mays* L.) hybrids for yield and quality traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 3: 853-860.
- Dong L., Li L., Liu C., Liu C., Geng S., Li X., Huang C., Mao L., Chen S. & Xie C. (2018). Genome Editing and Double-Fluorescence Proteins Enable Robust Maternal Haploid Induction and Identification in Maize. *Mol Plant*. 11(9): 1214-1217.
- Faostat (2021). <http://www.fao.org/faostat/en/> [Online]. Truy cập từ ngày 10 tháng 9 năm 2021.
- Herrmann A., Claus S., Loges R., Kluß C. & Taube F. (2014). Can arable forage production be intensified sustainably? A case study from northern Germany. *Crop and Pasture Science*. 65(6): 538-549.
- Hu Y., Colantonio V., Müller B. S., Leach K. A., Nanni A., Finegan C., Wang B., Baseggio M., Newton C. J. & Juhl E. M. (2021). Genome assembly and population genomic analysis provide insights into the evolution of modern sweet corn. *Nature Communications*. 12(1): 1-13.

- Jacquier N. M. A., Gilles L. M., Pyott D. E., Martinant J.-P., Rogowsky P. M. & Widiez T. (2020). Puzzling out plant reproduction by haploid induction for innovations in plant breeding. *Nature Plants*. 6(6): 610-619.
- Kusmec A., Zheng Z., Archontoulis S., Ganapathysubramanian B., Hu G., Wang L., Yu J. & Schnable P. S. (2021). Interdisciplinary strategies to enable data-driven plant breeding in a changing climate. *One Earth*. 4(3): 372-383.
- Lertrat K. & Pulam T. (2007). Breeding for increased sweetness in sweet corn. *International Journal of Plant Breeding*. 1(1): 27-30.
- Liu L., Gallagher J., Arevalo E. D., Chen R., Skopelitis T., Wu Q., Bartlett M. & Jackson D. (2021). Enhancing grain-yield-related traits by CRISPR–Cas9 promoter editing of maize CLE genes. *Nature Plants*. 7(3): 287-294.
- Luo M., Shi Y., Yang Y., Zhao Y., Zhang Y., Shi Y., Kong M., Li C., Feng Z., Fan Y., Xu L., Xi S., Lu B. & Zhao J. (2020). Sequence polymorphism of the waxy gene in waxy maize accessions and characterization of a new waxy allele. *Scientific Reports*. 10(1): 15851.
- Massel K., Lam Y., Wong A. C. S., Hickey L. T., Borrell A. K. & Godwin I. D. (2021). Hotter, drier, CRISPR: the latest edit on climate change. *Theoretical and Applied Genetics*. 134(6): 1691-1709.
- Meng D., Liu C., Chen S. & Jin W. (2021). Haploid induction and its application in maize breeding. *Molecular Breeding*. 41(3): 20.
- 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 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.
- Pautasso M. (2013). Ten simple rules for writing a literature review. *PLOS Computational Biology*. 9(7): e1003149.
- Phạm Quang Tuấn, Đồng Huy Giới, Nguyễn Việt Long, Vũ Văn Liết, Nguyễn Thị Nguyệt Anh, Nguyễn Văn Hà, Đoàn Thị Yến & Nguyễn Trung Đức (2016). Khai thác vật liệu kích tạo đơn bội tự nhiên UH400 phục vụ chọn tạo giống ngô ưu thế lai. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 14(11): 1695-1706.
- Phạm Quang Tuấn, Nguyễn Thế Hùng, Nguyễn Việt Long, Nguyễn Thị Nguyệt Anh, Nguyễn Trung Đức & Vũ Văn Liết (2018a). Kết quả chọn tạo và khảo nghiệm giống ngô nếp tím lai VNUA 141 tại vùng đồng bằng sông Hồng và Bắc Trung Bộ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*. 11: 17-28.
- Phạm Quang Tuấn, Nguyễn Thế Hùng, Nguyễn Việt Long, Nguyễn Thị Nguyệt Anh & Vũ Văn Liết (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 Liết, Nguyễn Trung Đức & Nguyễn Thị Nguyệt Anh (2018b). 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.
- Phạm Quang Tuấn, Vũ Văn Liết, Nguyễn Việt Long & Nguyễn Thị Nguyệt Anh (2015). Đánh giá khả năng thích ứng và khả năng kết hợp của dòng ngô Mo17 và B73 trong điều kiện Gia Lâm, Hà Nội. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 13(5): 705-716.
- Revilla P., Anibas C. M. & Tracy W. F. (2021). Sweet Corn Research around the World 2015–2020. *Agronomy*. 11(3).
- Ruanjaichon V., Khammona K., Thunnom B., Suriharn K., Kerdsri C., Aesomnuk W., Yongsuwan A., Chaomueang N., Thammaphichai P., Arikrit S., Wanchana S. & Toojinda T. (2021). Identification of Gene Associated with Sweetness in Corn (*Zea mays* L.) by Genome-Wide Association Study (GWAS) and Development of a Functional SNP Marker for Predicting Sweet Corn. *Plants (Basel)*. 10(6).
- Shull G. H. (1908). The composition of a field of maize. *Journal of Heredity*. 4(1): 296-301.
- Simla S., Lertrat K. & Suriharn B. (2009). Gene effects of sugar compositions in waxy corn. *Asian Journal of Plant Sciences*. 8(6): 417.



- Stamp P., Renlai W., Le-Huy H., Jompuk C. & Jampatong S. (2014). Quality protein introduced into waxy maize landraces of ethnic minorities. *Maydica*. 59(3): 257-260.
- Stojakovic M., Ivanovic M., Jockovic D. & Vasic N. (2007). Characteristics of reselected Mo17 and B73 inbred lines of maize. *Maydica*. 52(3): 257-260.
- Sukto S., Lomthaisong K., Sanitchon J., Chankaew S., Scott M. P., Lübberstedt T., Lertrat K., Suriharn B. & Serrano M. (2020). Variability in prolificacy, total carotenoids, lutein, and zeaxanthin of yellow small-ear waxy corn germplasm. *International Journal of Agronomy*. 2020: 1-12.
- Taube F., Vogeler I., Kluß C., Herrmann A., Hasler M., Rath J., Loges R. & Malisch C. S. (2020). Yield progress in forage maize in nw Europe—breeding progress or climate change effects? 11(1214).
- Tian M., Tan G., Liu Y., Rong T. & Huang Y. (2009). Origin and evolution of Chinese waxy maize: evidence from the Globulin-1 gene. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56(2): 247-255.
- Tổng Cục Thống Kê (2021). <https://www.gso.gov.vn/nong-lam-nghiep-va-thuy-san/> [Online]. Truy cập từ ngày 20 tháng 08 năm 2021.
- Tracy W. F., Shuler S. L. & Dodson-Swenson H. (2019). The Use of Endosperm Genes for Sweet Corn Improvement. Trong: *Plant Breeding Reviews*. 215-241 trang.
- Trần Thị Thanh Hà, Nguyễn Thị Hồng Ngát, Nguyễn Văn Hà, Dương Thị Loan, Vũ Thị Bích Hạnh & Vũ Văn Liết (2013). Chọn lọc vật liệu có tính trạng vỏ hạt mỏng phục vụ tạo giống ngô nếp ăn tươi chất lượng cao. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 11(2): 135-144.
- 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.
- Vũ Văn Liết, Vũ Thị Bích Hạnh & Nguyễn Văn Hà (2009). Đánh giá đa dạng di truyền nguồn giống ngô tẻ địa phương dựa trên các đặc điểm hình thái. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 7(5): 604-611.
- Vu Van Liet, Vu Thi Bich Hanh, Pham Quang Tuan, Nguyen Van Ha, Tran Thi Thanh Ha, Hoang Thi Thuy, Duong Thi Loan, Nguyen Van Viet, Nguyen Trung Duc, Nguyen Thi Nguyet Anh, Le Minh Thao, Khuat Huu Trung & Tran Dang Khanh (2017). Breeding Waxy Maize Hybrid for Fresh Quality : Integration between Domestic and Exotic Germplasm. *Journal of Scientific and Engineering Research*. 4(9): 254-270.
- Wanga M. A., Shimelis H., Mashilo J. & Laing M. D. (2021). Opportunities and challenges of speed breeding: A review. *Plant Breeding*. 140(2): 185-194.
- Watson A., Ghosh S., Williams M. J., Cuddy W. S., Simmonds J., Rey M.-D., Asyraf Md Hatta M., Hinchliffe A., Steed A., Reynolds D., Adamski N. M., Breakspear A., Korolev A., Rayner T., Dixon L. E., Riaz A., Martin W., Ryan M., Edwards D., Batley J., Raman H., Carter J., Rogers C., Domoney C., Moore G., Harwood W., Nicholson P., Dieters M. J., Delacy I. H., Zhou J., Uauy C., Boden S. A., Park R. F., Wulff B. B. H. & Hickey L. T. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*. 4(1): 23-29.
- World Bank Group & Asian Development Bank (2020). Climate risk country profile: Vietnam.
- Yang W., Feng H., Zhang X., Zhang J., Doonan J. H., Batchelor W. D., Xiong L. & Yan J. (2020). Crop Phenomics and High-Throughput Phenotyping: Past Decades, Current Challenges, and Future Perspectives. *Molecular Plant*. 13(2): 187-214.
- Yao H., Zhou Q., Li J., Smith H., Yandeu 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.

- Zandalinas S. I., Fritschi F. B. & Mittler R. (2021). Global warming, climate change, and environmental pollution: Recipe for a multifactorial stress combination disaster. *Trends in Plant Science*. 26(6): 588-599.
- Zhao C., Zhang Y., Du J., Guo X., Wen W., Gu S., Wang J. & Fan J. (2019). Crop Phenomics: Current Status and Perspectives. *Frontiers in Plant Science*. 10(714).
- Zheng H., Wang H., Yang H., Wu J., Shi B., Cai R., Xu Y., Wu A. & Luo L. (2013). Genetic Diversity and Molecular Evolution of Chinese Waxy Maize Germplasm. *PLOS ONE*. 8(6): e66606.