

ĐÁNH GIÁ VÀ CHỌN LỌC DÒNG TỰ PHỐI NGÔ CHỊU HẠN DỰA TRÊN KIỂU HÌNH VÀ CHỈ THỊ PHÂN TỬ

**Nguyễn Thị Hân¹, Đồng Huy Bình², Nguyễn Văn Giang²,
Vũ Văn Liết^{3*}, Phạm Quang Tuấn⁴, Vũ Thị Bích Hạnh⁴**

¹*NCS Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

²*Khoa Công nghệ sinh học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

³*Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

⁴*Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

Email*: vvliet@vnua.edu.vn

Ngày gửi bài: 22.03.2016

Ngày chấp nhận: 22.06.2016

TÓM TẮT

Hạn là một yếu tố bất thuận phi sinh học chính hạn chế năng suất trong sản xuất ngô. Cải tiến chống chịu hạn là ưu tiên hàng đầu trong các chương trình chọn giống ngô. Ba mươi hai dòng tự phối ngô và hai đối chứng đã được đánh giá trong điều kiện đồng ruộng và sàng lọc dòng chịu hạn dưới điều kiện quản lý bất thuận hạn trong nhà kính. Thí nghiệm thứ nhất thực hiện trong nhà kính là phương pháp đánh giá chịu hạn bằng thí nghiệm trồng trong chậu plastic. Thí nghiệm thứ hai trồng trên luống trong nhà kính với 4 thời điểm trồng, thời điểm thứ nhất trồng ngày 2 tháng 3 năm 2013, sau đó cứ 10 ngày trồng một thời điểm tiếp theo, gây hạn khi thời điểm gieo thứ nhất bắt đầu vào chốc, thời điểm 2 trở cò - phun râu, thời điểm 3 giai đoạn xoắn nõn và thời điểm 4 cây có 7 - 9 lá. Kết quả nghiên cứu cho thấy, 32 dòng sinh trưởng, phát triển tốt trong điều kiện miền Bắc, Việt Nam. Đánh giá sàng lọc chịu hạn trong thí nghiệm chậu nhựa nhận biết 11 dòng có khả năng chịu hạn, thí nghiệm trong nhà kính trồng 4 thời điểm gây hạn khi cây thời điểm thứ nhất bắt đầu vào chốc nhận biết 14 dòng có khả năng chịu hạn. Sử dụng chỉ thị phân tử dò tìm QTL liên quan đến chịu hạn đã xác định có 20 dòng mang QTL liên quan đến chịu hạn. Phối hợp đánh giá kiểu hình và chỉ thị phân tử nhận biết 11 dòng có đặc điểm phù hợp và chịu hạn là dòng H4, H6, H14, H15, H17, H20, H23, H24, H28, H29 và H30. Những dòng chịu hạn nhận biết trong nghiên cứu có thể sử dụng cho các chương trình chọn tạo giống ngô chịu hạn.

Từ khóa: Chỉ thị phân tử, chịu hạn, dòng tự phối, kiểu hình, ngô.

Evaluation and Screening of Maize Inbred Lines for Drought Tolerance Based on Phenotype and Molecular Markers

ABSTRACT

Drought is one among the major abiotic stress factors severely limits maize grain yield production. Improving drought tolerance in maize has become one of the top priorities in maize breeding programs. Thirty two maize inbred lines and two check varieties were evaluated under field conditions and screened for drought tolerance under water stress conditions in the greenhouse. For drought evaluation, the first experiment was carried out using plastic pots exposed to drought stress conditions. In the second experiment, thirty two inbred lines were planted at four planting dates starting from 2 March and successive planting after very ten days, in soil bed conditions and drought was imposed when plants of the first planting were at dough stage and the plants of other plantings were at tassel and silking stage, at 12 collars stage and at 6 collars stage. Eleven and 14 inbred lines were identified as drought tolerant in pots experiment and in greenhouse soil bed, respectively. With the use of molecular marker, 20 inbred lines containing QTL related to drought tolerance were identified. Combining phenotypic evaluation and molecular markers, 11 inbred lines possessed desirable characters and drought tolerance, i.e. H4, H6, H14, H15, H17, H20, H23, H24, H28, H29 and H30. Drought tolerant inbred lines identified in this study can be utilized for future breeding programme.

Keywords: Drought tolerance, inbred line, maize, molecular marker, phenotype.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hạn là bất thuận quan trọng nhất đối với các vùng núi và đất thấp canh tác nhờ nước trời, chiếm khoảng 70% diện tích đất trồng ngô của châu Á. Giống ngô chịu hạn cũng là ưu tiên cao nhất đối với sản xuất ngô thương mại khu vực trung du á nhiệt đới ở Nam và Đông Nam Á, vấn đề này được cải thiện hiệu quả thông qua đầu tư nghiên cứu (Gerpacio and Pingali, 2007; Gulati and Dixon, 2008). Cải tiến di truyền khả năng chịu hạn có thể giảm thiệt hại năng suất từ 20 - 25% trong điều kiện hạn so với điều kiện thuận lợi. Chọn giống ngô chịu hạn truyền thống của Trung tâm cải tiến ngô và lúa mì quốc tế (CIMMYT) tập trung vào chọn năng suất và tính trạng gián tiếp ảnh hưởng đến năng suất của quần thể ngô nhiệt đới. Ngày nay chọn lọc nhờ chỉ thị phân tử (MAS) tác động có ý nghĩa đến chọn giống ngô chịu hạn (Edmeades, 2013).

Sự mở rộng nền di truyền bằng phát triển nguồn vật liệu chống chịu bất thuận, phục vụ công tác tạo giống chống chịu môi trường khắc nghiệt là mục tiêu ở hầu hết các nước đang phát triển (Wen *et al.*, 2011). Để phát triển nguồn vật liệu di truyền chống chịu bất thuận, nguồn vật liệu của CIMMYT được đánh giá dưới nhiều điều kiện môi trường với quản lý của nhà nghiên cứu và người dân. Biến đổi khí hậu gây tác động không ổn định, đặc biệt tăng tần suất của hạn, do vậy CIMMYT tập trung phát triển giống ngô chịu hạn và điều kiện thiếu hụt nước.

Biến đổi khí hậu tác động đến Việt Nam ngày càng rõ nét, những ảnh hưởng tiêu cực như nước biển dâng, nhiệt độ cao, các kiểu thời tiết khí hậu khác, đặc biệt hạn hán ngày càng khốc liệt ảnh hưởng đến sinh kế của người dân và tác động tiêu cực đến nông nghiệp (Nguyễn Văn Thắng và cs., 2010). Một trong những giải pháp ứng phó với biến đổi khí hậu là chọn giống cây trồng chống chịu và thích nghi với các điều kiện bất thuận.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu gồm 32 dòng tự phối đời S3 đến S5 kí hiệu từ H1 đến H32 trong đó có 24 dòng tự phối phát triển từ các giống ngô địa phương gồm H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8,

H9, H10, H11, H12, H18, H19, H20, H21, H22, H23, H24, H25, H26, H27, H29 và H30; 3 dòng từ nguồn gen ngô của Mỹ là H13, H14 và H15; 5 dòng từ nguồn gen ngô của Trung Quốc là H16, H17, H28, H31, H32. Đối chứng so sánh đánh giá chịu hạn là LCH9 và VN9860. Nghiên cứu thực hiện tại Viện Nghiên cứu và Phát triển cây trồng - Học viện Nông nghiệp Việt Nam trong 2 vụ Thu Đông năm 2012 và vụ Xuân năm 2013.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thí nghiệm đánh giá các đặc điểm nông sinh học, năng suất và yếu tố cấu thành năng suất của các dòng thuần trên đồng ruộng Thí nghiệm bố trí mạng lưới (Lattice design) cân đối 4 x 8 bao gồm cả 2 đối chứng, 2 lần lặp lại theo phương pháp thí nghiệm đánh giá ngô chịu hạn của Bänziger *et al.* (2000), diện tích ô thí nghiệm 14m² trồng 2 hàng khoảng cách 70cm và cây cách cây 25cm.

Đánh giá khả năng chịu hạn của các dòng tự phối trong nhà có mái che theo phương pháp của Pervez (2003), các dòng trồng trong nhà mái che ở 4 thời vụ, thời vụ 1 gieo ngày 2/3 và cứ sau 10 ngày gieo các thời vụ tiếp theo. Mỗi thời vụ trồng 2 hàng chiều dài 5m, thí nghiệm bố trí tuần tự không lặp lại. Gây hạn tại một thời điểm trong 10 ngày khi thời vụ 1 đã vào chắc, thời vụ 2 vào giai đoạn trổ cờ - phun râu và thời vụ 3 giai đoạn cây xoắn nõn và thời vụ 4 giai đoạn 7 - 9 lá, sau gây hạn tưới trở lại. Đánh giá khả năng chịu hạn dựa trên các chỉ tiêu chính gồm độ cuốn lá, độ tàn lá, chênh lệch trổ cờ phun râu, năng suất và yếu tố tạo thành năng suất.

Đánh giá chịu hạn của các dòng tự phối trồng trong chậu plastic theo phương pháp của Camacho and Caraballo (1994). Các dòng tự phối được trồng trong chậu plastic có thể rút được nước (chậu cao 35cm, đường kính 20cm), mỗi vật liệu được trồng trong 3 chậu, mỗi chậu 3 cây, giá thể trồng là cát sạch. Các chậu đặt trong nhà có mái che, sau 4 tuần thu mẫu đánh giá, tưới nước ẩm đến trước thu mẫu 10 ngày rút nước và ngừng tưới gây hạn. Thu hoạch mẫu cây sau gieo 4 tuần bằng cách nhổ cả cây và rễ để đánh giá các chỉ tiêu: Diện tích lá/cây; Thể tích rễ = cho rễ vào ống đong, đổ nước ngập ghi thể tích, vớt rễ ra ghi thể tích; RV (thể tích rễ) = V (tổng) - V (nước); Chiều dài rễ dài nhất; Chiều

cao cây; Khối lượng rễ tươi; Khối lượng rễ khô; Khối lượng thân khô; Tỷ lệ RDW/SDW (khối lượng rễ khô/khối lượng thân tươi). Kiểu gen nào trong thí nghiệm có chỉ tiêu cao hơn, khả năng chịu hạn tốt hơn.

Thí nghiệm xác định các dòng tự phối có chứa các QTL kiểm soát một số tính trạng chịu hạn bằng chỉ thị phân tử SSR. Sử dụng chỉ thị phân tử đặc hiệu dò tìm QTL điều khiển các tính trạng chính là năng suất dưới điều kiện hạn, chỉ số chịu hạn, chỉ số chịu bất thuận hạn, năng suất trung bình dưới điều kiện hạn, chỉ số chịu bất thuận và khả năng chịu hạn tham khảo phương pháp và mô hình của Mohammadreza (2011). Tên và trình tự mỗi được trình bày ở bảng 2.

Tách chiết DNA từ 3 lá non của cây ở giai đoạn 4 - 5 lá thật bằng phương pháp CTAB (cetyl trimethylammonium bromide - CTAB) cải tiến của Kobayashi *et al.*, 1998; Số lượng và chất lượng DNA đánh giá trên máy quang phổ UV - spectrophotometer. Sử dụng 10 µl hỗn hợp DNA của các cá thể, 10 µl tổng số thể tích DNA phản ứng PCR cho vào đệm phản ứng 1X PCR chứa 2,0 mM MgCl₂; 0,2 mM dNTP mix; 0,4µM mỗi bộ primer 0,5 U Taq DNA polymerase (SIGMA) và điều chỉnh đến 10 µl bằng nước cất 2 lần

(dd H₂O). Khuếch đại trong máy PCR với chu kỳ nhiệt như sau chu kỳ 1: làm biến tính tại 94°C trong 5 phút, tiếp theo 35 chu kỳ tại nhiệt độ 94°C trong 30 giây, nhiệt độ 55°C trong 1 phút và 72°C trong 1 phút và 30 giây, cuối cùng là chu kỳ mở rộng tại 72°C trong 10 phút. Sản phẩm khuếch đại đưa vào các giếng của bản agarose 2,0% trong đệm 1X TBE (89 mM Tris, 89 mM Boric acid và 2,5 mM EDTA pH 8,0), chứa 0,15 µg/µl Ethidium Bromide. Điện di ở hiệu điện thế 100 V, thời gian 90 phút, soi bản gel trên đèn UV và chụp ảnh.

2.3. Phân tích kết quả nghiên cứu

Kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phương pháp phân tích phương sai, sử dụng chương trình IRRISTAT 5.0. Phân tích các chỉ số chịu hạn và mẫn cảm hạn.

Chỉ số mẫn cảm hạn (Stress Susceptibility Index) của Fischer và Maurer, 1978.

$$SSI = \left[1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p} \right) \right] / SI ;$$

$$\text{Trong đó: } SI = 1 \left(\bar{Y}_s / \bar{Y}_p \right)$$

Bảng 1. Danh sách vật liệu nghiên cứu

Ký hiệu	Đời tự phối	Nguồn vật liệu phát triển dòng thuần	TT	Ký hiệu	Đời tự phối	Nguồn vật liệu phát triển dòng thuần
H1	S4	Lào Cai, Việt Nam	18	H18	S5	Hà Giang, Việt Nam
H2	S4	Yên Bái, Việt Nam	19	H19	S3	Nguồn dòng của Việt Nam
H3	S4	Yên Bái, Việt Nam	20	H20	S3	Nguồn dòng của Việt Nam
H4	S4	Lào Cai, Việt Nam	21	H21	S3	Nguồn dòng của Việt Nam
H5	S5	Lào Cai, Việt Nam	22	H22	S3	Lào Cai, Việt Nam
H6	S5	Lào Cai, Việt Nam	23	H23	S4	Lào Cai, Việt Nam
H7	S5	Lào Cai, Việt Nam	24	H24	S5	Hà Giang, Việt Nam
H8	S5	Điện Biên, Việt Nam	25	H25	S5	Nguồn dòng của Việt Nam
H9	S5	Hà Giang, Việt Nam	26	H26	S5	Nguồn dòng của Việt Nam
H10	S4	Hà Giang, Việt Nam	27	H27	S4	Địa phương, Điện Biên, Việt Nam
H11	S5	Hà Giang, Việt Nam	28	H28	S5	Địa phương, Điện Biên, Việt Nam
H12	S4	Hà Giang, Việt Nam	29	H29	S4	Địa phương, Điện Biên, Việt Nam
H13	S5	Mỹ	30	H30	S4	Địa phương, Cao Bằng, Việt Nam
H14	S5	Mỹ	31	H31	S4	Trung Quốc
H15	S5	Mỹ	32	H32	S4	Trung Quốc
H16	S5	Trung Quốc	33	ĐC1	LCH9	Giống lai
H17	S4	Trung Quốc	34	ĐC2	VN9860	Giống lai

Bảng 2. Tên và trình tự mỗi

Tên mỗi	Trình tự mỗi	Dò tìm QTL
<i>umc1719</i>	Forward: <u>CCTGGAAGCACCACTGATACTAGC</u> Reverse: <u>AGCTCCAGCCTGCCTACCAG</u>	Chỉ số chịu hạn
<i>nc133</i>	Forward: <u>AATCAAACACACACCTTGCG</u> Reverse: <u>GCAAGGGAATAAGGTGACGA</u>	Khả năng chịu hạn
<i>umc1432</i>	Forward: <u>GGCCATGATACAGCAAGAAATGAT</u> Reverse: <u>TACTAGATGATGACTGACCCAGCG</u>	Năng suất dưới điều kiện hạn
<i>umc1447</i>	Forward: <u>TAATACTCCTACTAACGGCGCTGC</u> Reverse: <u>TCTGTCTCCCATGCCTGAAATAAT</u>	Chỉ số chịu bất thuận hạn
<i>umc2359</i>	Forward: <u>CTGGATCAGATGAAAAAGAAGGGA</u> Reverse: <u>GCCTGACATGAATGTTACATGAGC</u>	Năng suất trung bình dưới điều kiện hạn, chỉ số chịu bất thuận
<i>umc1862</i>	Forward: <u>ATGGGCACATGAAAAAGAGACATT</u> Reverse: <u>CCCATGAGAAGAGTGAAGACAACA</u>	Năng suất dưới điều kiện hạn

Chỉ số chịu hạn: Theo CIMMYT (Fischer *et al.*, 1983; Zaidi, 2004). Có thể đánh giá khả

năng chịu hạn (DI) theo công thức: $DI = \frac{Y_s / Y_p}{Y_s / Y_p}$

Chỉ số chịu bất thuận hạn (Stress Tolerance Index) của Fernandez, 1992:

$$STI = \frac{(Y_p - Y_s)}{(\overline{Y_p})^2}$$

Trong đó: SSI = chỉ số mẫn cảm với hạn; STI = Chỉ số chịu bất thuận; Y_p = Năng suất trong điều kiện có tưới; Y_s = Năng suất trong điều kiện bất thuận; $\overline{Y_p}$ = Năng suất trung bình trong điều kiện có tưới; $\overline{Y_s}$ = Năng suất trung bình trong điều kiện bất thuận.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá khả năng chịu hạn của các dòng tự phối thời kỳ cây con bằng thí nghiệm chậu vại vụ Xuân 2013

Kết quả đánh giá khả năng chịu hạn thời kỳ cây con của các dòng tự phối trong thí nghiệm chậu vại vụ Xuân 2013 cho thấy hạn làm giảm mạnh nhất đến quá trình sinh trưởng của lá, thân và rễ. Thí nghiệm đánh giá các vật liệu trong chậu vại mục đích đánh giá một số chỉ tiêu bộ rễ liên quan chặt chẽ đến khả năng chống chịu hạn ở cây ngô. Trong điều kiện bất thuận hạn khối lượng tươi và khô của thân lá và rễ đều giảm, những giống chịu hạn có khối lượng rễ tăng hơn nhưng khối lượng thân lá

giảm dẫn đến tỷ lệ rễ/thân lá cao hơn dòng kém chịu hạn. Hạn làm giảm chiều cao cây và chiều dài rễ, giống chịu hạn có chiều dài rễ và khối lượng rễ tươi cao hơn là những chỉ tiêu nhận biết khả năng chịu hạn của các kiểu gen ngô (Aslam *et al.*, 2013)

Kết quả tại bảng 3 cho thấy, sau 10 ngày ngừng cung cấp nước, các chậu cây được gây hạn ở mức trung bình, cây đạt 4 - 5 lá thật. Các dòng H20, H22, H25, H26 và H29 có diện tích lá cao hơn đối chứng. Các dòng H4, H6, H15, H17, H20, H23, H24 có chiều cao cây hơn đối chứng. Chiều dài và thể tích rễ của các dòng liên quan đến số lượng rễ của cây. Trong điều kiện hạn quá trình sinh trưởng của bộ rễ giảm làm giảm số lượng rễ và làm giảm đáng kể thể tích của bộ rễ. Chiều dài và thể tích bộ rễ của các dòng H6, H14, H17, H23, H24, H28, H29 cao hơn đối chứng. Chiều dài rễ liên quan đến khả năng hút nước của cây, dòng nào có rễ càng dài thì có khả năng đâm xuyên và khả năng hút nước có hiệu quả hơn.

Tỷ lệ RDW/SDW có tương quan thuận với khả năng chịu hạn của cây, các dòng tự phối nghiên cứu chỉ tiêu này đều đạt tương đương hoặc cao hơn đối chứng, những dòng có tỷ lệ này cao hơn đối chứng là H14, H17, H24, H28 và H30 là những dòng có khả năng chịu hạn theo Aslam *et al.*, 2013. Bộ rễ phát triển tốt cho phép cây ngô hút được nhiều nước hơn trong điều kiện khô hạn. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của Blum (1988); Camacho and Caraballo (1994); Wu and Cosgrove (2000) cùng một số nhà khoa học khác của Việt Nam như Lê Quý Kha (2005): trong điều kiện hạn tỷ lệ rễ/thân lá có xu hướng tăng.

**Bảng 3. Các chỉ tiêu thân lá, rễ của các dòng
trong chậu vại vụ Xuân 2013 tại Gia Lâm, Hà Nội**

Dòng/ giống ĐC	Diện tích lá/cây (cm ²)	Chiều cao cây(cm)	Khối lượng thân tươi(g)	Khối lượng thân khô(g)	Chiều dài rễ (cm)	Thể tích rễ(ml)	Khối lượng rễ tươi(g)	Khối lượng rễ khô (g)	Tỷ lệ RDW/ SDW
H1	128,00	36,50	2,02	0,48	35,70	2,60	2,49	0,55	1,15
H2	153,00	35,30	2,14	0,47	36,20	2,62	2,48	0,46	0,98
H3	124,09	38,46	2,78	0,45	34,10	2,94	3,89	0,43	0,96
H4	162,08	42,18	3,76	0,53	39,90	2,58	4,75	0,68	1,28
H5	130,30	28,12	1,85	0,39	30,70	2,77	3,07	0,45	1,15
H6	175,21	46,09	2,50	0,51	47,90	3,97	4,36	0,68	1,33
H7	130,29	31,08	3,74	0,33	40,10	3,51	3,09	0,37	1,12
H8	165,00	38,40	1,99	0,44	42,33	3,76	1,58	0,50	1,14
H9	172,00	38,30	3,20	0,56	31,09	2,20	2,52	0,49	0,88
H10	164,00	30,70	2,88	0,58	33,60	3,11	3,64	0,48	0,83
H11	182,04	27,26	2,99	0,41	38,60	2,37	2,18	0,35	0,85
H12	137,00	39,80	2,94	0,46	33,40	2,46	2,73	0,51	1,11
H13	166,00	38,80	2,43	0,48	38,70	3,08	3,40	0,63	1,31
H14	179,87	41,32	3,55	0,50	45,20	4,15	4,53	0,82	1,64
H15	100,04	53,30	3,04	0,53	41,30	4,27	3,50	0,75	1,42
H16	122,21	22,29	2,58	0,39	37,20	2,44	2,49	0,36	0,92
H17	182,21	48,09	3,06	0,50	47,00	4,40	4,58	0,77	1,54
H18	178,63	25,41	2,58	0,37	29,20	2,49	1,77	0,20	0,54
H19	118,19	3,71	2,36	0,43	35,80	3,10	3,17	0,29	0,67
H20	191,87	42,93	2,40	0,34	35,10	3,03	2,37	0,38	1,12
H21	101,10	37,97	2,91	0,30	41,00	3,59	3,78	0,23	0,77
H22	197,14	25,97	2,04	0,29	36,30	4,17	3,07	0,25	0,86
H23	164,96	44,90	3,72	0,50	46,30	4,74	4,61	0,71	1,42
H24	175,46	46,98	3,12	0,49	45,60	4,39	4,38	0,79	1,61
H25	189,01	30,01	3,06	0,25	41,90	3,57	3,49	0,25	1,00
H26	201,00	36,60	3,66	0,45	35,00	3,38	3,93	0,54	1,20
H27	145,00	35,60	2,33	0,46	34,60	2,17	3,87	0,60	1,30
H28	170,63	44,24	3,47	0,53	43,40	3,03	3,34	0,73	1,38
H29	185,00	38,60	2,48	0,46	42,90	2,84	2,03	0,52	1,13
H30	182,00	36,50	2,57	0,48	35,70	2,60	1,56	0,72	1,50
H31	130,08	34,37	3,30	0,27	33,40	2,54	3,37	0,27	1,00
H32	103,27	29,11	2,31	0,48	35,40	2,62	2,57	0,57	1,19
ĐC1	185,20	41,50	3,47	0,48	45,50	3,52	3,46	0,69	1,44
ĐC2	180,01	44,12	3,13	0,56	40,30	4,33	3,57	0,75	1,34

Ghi chú: RDW = khối lượng rễ khô, SDW = khối lượng thân khô

3.2. Đánh giá khả năng chịu hạn của các dòng tự phối trong nhà có mái che gây hạn nhân tạo và điều kiện có tưới trên đồng ruộng vụ Xuân 2013

Trong điều kiện gây hạn, cây ngô có xu hướng rút ngắn thời gian sinh trưởng hơn trong

điều kiện đủ nước. Thời gian sinh trưởng của các dòng gieo ở thời vụ 1 thay đổi không ở mức có ý nghĩa, thời vụ 4 có 10 dòng rút ngắn thời gian sinh trưởng từ gieo đến trổ cờ từ 10 đến 13 ngày là H4, H5, H6, H7, H10, H12, H13, H13, H17, H21 và H29. Tương ứng tổng thời gian

sinh trưởng cũng đã rút ngắn từ 12 đến 21 ngày, và trì hoãn trở cò - phun râu (ASI) đã dài hơn ở những dòng chịu hạn kém, những dòng trì hoãn trở cò dài hơn đối chứng là H3, H9, H11, H12, H21, H22, H23, H25, H28, H29, H30, H31 và H32 kéo dài từ 5 đến 6 ngày.

Khi gây hạn ở các giai đoạn khác nhau của quá trình sinh trưởng phát triển của cây ngô, thời gian sinh trưởng của mỗi giai đoạn cũng biến động khác nhau. Thời vụ 1 (gây hạn ở giai đoạn ngô vào chấu), thời gian chín sinh lý sau trở từ 38 - 51 ngày, ASI từ 0 - 3 ngày. Hạn ở thời kỳ này không ảnh hưởng đến thời gian sinh trưởng của các dòng tự phối ngô. Thời vụ 2 (gây hạn trong thời kỳ trở cò), cho thu hoạch bắp khô sau trở 36 - 50 ngày, ASI: 1 - 3 ngày. Hạn ở thời kỳ này gây ảnh hưởng nhỏ đến thời gian sinh trưởng của các vật liệu. Thời vụ 3 (gây hạn ở giai đoạn ngô xoắn nõn), chín sau trở 35 - 42 ngày, ASI: 2 - 4 ngày. Thời vụ 4 (gây hạn vào giai đoạn 7 - 9 lá đến sau trở 5 ngày), thời gian chín sau trở ngắn nhất dao động từ 32 - 38 ngày, ASI: 4 - 7 ngày. Hạn vào thời kỳ ngô xoắn

nón và 7 - 9 lá (thời vụ 3, 4) có ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh trưởng và phát triển của các dòng tự phối nghiên cứu.

Độ cuộn lá được đánh giá theo thang điểm từ 1 đến 5 điểm, tương ứng với tiêu chí không cuộn lá đến phiến lá cuộn tròn như lá hành. Dòng nào có điểm cuộn lá càng cao chứng tỏ lá cuộn sớm và thể hiện khả năng chịu hạn kém hơn so với những dòng có điểm cuộn lá thấp (lá cuộn muộn). Kết quả đánh giá trên đồng ruộng cũng như trong nhà mái che vào thời điểm gây hạn cho thấy, trong môi trường đầy đủ nước tưới trong suốt quá trình sinh trưởng, độ cuộn lá của các vật liệu ở mức nhẹ (điểm 1). Trong môi trường gây hạn, lá cuộn sớm hơn và nhiều hơn (lá cuộn sớm và nhiều nhất ở thời vụ 4 khi gây hạn trong thời kỳ ngô được 7 - 9 lá). Qua quan sát thấy sự cuộn lá của các vật liệu biểu hiện ở các mức độ khác nhau, sớm muộn ở các thời vụ khác nhau. Các dòng H2, H3, H4, H6, H8, H14, H17, H23, H24 và H28 có điểm cuộn lá nhỏ hơn đối chứng ở cả 4 thời vụ, thể hiện khả năng chịu hạn tốt hơn các dòng khác (1 - 2 điểm). Điểm

Bảng 4. Điểm cuộn lá, độ tàn lá của các dòng tự phối trong nhà có mái che ở 4 thời vụ trồng và đồng ruộng vụ Xuân 2013 tại Gia Lâm, Hà Nội

Dòng/ giống ĐC	Độ cuộn vào của lá (điểm)					Độ tàn của lá (điểm)					Dòng/ giống ĐC	Độ cuộn vào của lá (điểm)					Độ tàn của lá (điểm)				
	ĐR	I	II	III	IV	ĐR	I	II	III	IV		ĐR	I	II	III	IV	ĐR	I	II	III	IV
H1	1	1	1	3	4	1	1	1	2	3	H18	1	1	2	3	4	1	1	2	4	4
H2	1	1	1	2	3	1	1	2	3	3	H19	1	1	1	2	2	1	2	2	3	3
H3	1	1	1	1	3	1	2	2	3	3	H20	1	1	2	2	4	1	2	2	4	5
H4	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3	H21	1	1	2	2	4	1	1	2	3	4
H5	1	1	1	2	4	1	1	3	4	4	H22	1	1	2	3	4	1	1	2	4	5
H6	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	H23	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3
H7	1	1	1	3	4	1	1	2	4	4	H24	1	1	1	2	2	1	1	3	4	4
H8	1	1	1	2	3	1	1	3	3	4	H25	1	1	1	2	4	1	1	2	2	2
H9	1	1	1	2	4	1	1	2	2	3	H26	1	1	1	2	2	1	1	2	4	4
H10	1	1	1	2	3	1	1	2	3	3	H27	1	1	2	3	4	1	1	3	3	4
H11	1	1	1	2	3	1	2	2	4	4	H28	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3
H12	1	1	1	2	3	1	1	2	2	5	H29	1	1	2	2	3	1	1	2	2	3
H13	1	1	1	1	3	1	1	2	2	3	H30	1	1	2	2	4	1	2	2	2	4
H14	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	H31	1	1	2	3	4	1	1	2	2	5
H15	1	1	1	2	3	1	1	2	2	3	H32	1	1	2	3	3	1	1	2	2	3
H16	1	1	1	2	4	1	1	2	4	4	ĐC 1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	2
H17	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	ĐC 2	1	1	1	2	3	1	1	2	2	5

Ghi chú: ĐR: đồng ruộng, I: thời vụ 1, II: thời vụ 2; III: thời vụ 3; IV: thời vụ 4

Bảng 5. Các chỉ số chịu hạn của các dòng tự phối phân tích ở 4 thời vụ gieo trồng khác nhau trong vụ Xuân 2013 tại Gia Lâm, Hà Nội

Dòng/ giống ĐC	SSI				STI				DI			
	TV1	TV2	TV3	TV4	TV1	TV2	TV3	TV4	TV1	TV2	TV3	TV4
H1	0,253	0,431	1,093	2,038	0,004	0,006	0,011	0,015	0,96	0,98	0,86	0,95
H2	0,181	0,361	1,130	1,958	0,003	0,005	0,011	0,013	1,03	1,05	0,82	1,06
H3	0,329	0,611	1,097	1,899	0,006	0,009	0,012	0,015	0,89	0,81	0,85	1,14
H4	0,202	0,357	0,989	1,868	0,005	0,008	0,016	0,022	1,01	1,06	0,96	1,19
H5	0,277	0,492	0,948	2,004	0,005	0,008	0,011	0,017	0,94	0,93	1,00	0,99
H6	0,151	0,382	0,854	1,91	0,004	0,009	0,014	0,023	1,06	1,03	1,10	1,13
H7	0,233	0,439	1,046	1,998	0,005	0,008	0,015	0,020	0,98	0,98	0,90	1,00
H8	0,176	0,342	0,959	2,063	0,002	0,003	0,007	0,011	1,04	1,07	0,99	0,91
H9	0,320	0,443	0,931	1,955	0,005	0,005	0,009	0,013	0,89	0,97	1,02	1,06
H10	0,198	0,393	0,912	1,931	0,002	0,004	0,006	0,009	1,01	1,02	1,04	1,10
H11	0,228	0,476	0,963	2,078	0,003	0,005	0,007	0,011	0,98	0,94	0,99	0,89
H12	0,136	0,452	0,884	1,983	0,001	0,004	0,006	0,010	1,07	0,96	1,07	1,02
H13	0,352	0,469	1,062	2,182	0,006	0,007	0,011	0,016	0,86	0,95	0,89	0,74
H14	0,214	0,446	0,956	1,943	0,006	0,01	0,017	0,024	1,00	0,97	1,00	1,08
H15	0,22	0,366	0,884	2,016	0,006	0,008	0,015	0,024	0,99	1,05	1,07	0,98
H16	0,201	0,517	0,965	2,062	0,003	0,006	0,008	0,013	1,01	0,90	0,99	0,91
H17	0,07	0,300	0,792	2,047	0,002	0,008	0,015	0,028	1,14	1,11	1,16	0,93
H18	0,211	0,420	1,003	1,900	0,004	0,007	0,012	0,016	1,00	1,00	0,95	1,14
H19	0,234	0,403	0,872	1,852	0,004	0,006	0,009	0,014	0,98	1,01	1,08	1,21
H20	0,231	0,374	0,825	2,008	0,006	0,008	0,013	0,023	0,98	1,04	1,13	0,99
H21	0,257	0,495	0,926	1,986	0,005	0,009	0,012	0,018	0,96	0,92	1,03	1,02
H22	0,287	0,545	1,138	1,956	0,005	0,009	0,013	0,016	0,93	0,87	0,81	1,06
H23	0,165	0,331	0,738	2,011	0,005	0,008	0,014	0,027	1,05	1,08	1,22	0,98
H24	0,118	0,291	0,841	1,933	0,003	0,007	0,015	0,025	1,09	1,12	1,11	1,10
H25	0,140	0,288	0,796	1,844	0,002	0,004	0,008	0,012	1,07	1,13	1,16	1,22
H26	0,188	0,418	0,93	1,978	0,003	0,005	0,009	0,013	1,02	1,00	1,02	1,03
H27	0,211	0,450	0,977	2,157	0,003	0,006	0,01	0,016	1,00	0,97	0,97	0,78
H28	0,184	0,388	0,893	1,989	0,005	0,009	0,015	0,024	1,03	1,03	1,06	1,02
H29	0,318	0,464	1,042	2,161	0,007	0,009	0,015	0,022	0,90	0,95	0,91	0,77
H30	0,177	0,496	1,047	1,981	0,003	0,007	0,012	0,016	1,03	0,92	0,90	1,03
H31	0,286	0,609	1,046	1,976	0,005	0,008	0,011	0,014	0,93	0,81	0,90	1,03
H32	0,245	0,423	1,038	1,904	0,005	0,008	0,014	0,018	0,97	0,99	0,91	1,14
ĐC1	0,229	0,440	0,968	2,038	0,008	0,012	0,02	0,03	0,98	0,98	0,98	0,95
ĐC2	0,163	0,348	0,828	2,053	0,005	0,009	0,015	0,027	1,06	1,08	1,13	0,92

tàn lá được theo dõi 2 - 3 thời kỳ trong khoảng cách 7 - 10 ngày của thời gian kết hạt, cho thấy các dòng H6, H14, H17, H25 và đối chứng 1 có điểm tàn lá thấp nhất ở cả 4 thời vụ (1 - 2 điểm) thể hiện tàn lá muộn nhất, bộ lá xanh lâu hơn nên khả năng tích lũy vật chất vào hạt tốt hơn. Chỉ số miễn cảm hạn SSI ở thời vụ 1 dao động từ 0,14 - 0,35. Trong đó 18 dòng là H2, H4, H6, H7, H8, H10, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H25, H26, H27, H28 và H30 có chỉ số

miễn cảm hạn nhỏ hơn ĐC1. Thời vụ 2 dao động từ 0,29 - 0,61. Trong đó có 16 dòng có chỉ số miễn cảm hạn nhỏ hơn ĐC1. Thời vụ 3 dao động từ 0,72 - 1,1. Thời vụ 4 dao động từ 1,57 - 1,9. Ở thời vụ 3 và 4 gây hạn chỉ số này càng tăng cao. Chỉ số miễn cảm SSI càng nhỏ, chứng tỏ giống có khả năng chịu hạn tốt, năng suất trong điều kiện có tưới (Y_p) và trong điều kiện hạn (Y_s) gần ngang nhau, SSI sẽ càng tiến dần về 0. Chỉ số chịu bất thuận hạn STI càng nhỏ, giống có khả

năng chịu hạn tốt, chỉ số STI của các dòng dao động từ 0,001 - 0,008. H12 có STI là nhỏ nhất, ĐC1 có STI lớn nhất. Ở các thời vụ 2, 3, 4 chỉ số này tăng lên, cao nhất ở thời vụ 4 là 0,025.

Chỉ số chịu hạn (DI) của các dòng ở thời vụ 1 dao động từ 0,88 - 1,1 (có khả năng chịu hạn tốt). Trong đó H2, H4, H5, H6, H7, H8, H10, H11, H12, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H23, H24, H25, H26, H27, H28, H30, ĐC1 và ĐC2 có DI > 1. Ở thời vụ 2, chỉ số chịu hạn của các dòng thí nghiệm dao động từ 0,86 - 1,1 cao nhất là H6. Trong đó có 17/34 dòng có chỉ số chịu hạn cao > 1. Ở thời vụ 3, chỉ số chịu hạn của các dòng dao động từ 0,83 - 1,21. Trong đó có 15/34 dòng có chỉ số chịu hạn cao > 1. Ở thời vụ 4, chỉ số chịu hạn của các dòng trong thí nghiệm dao động từ 0,80 - 1,16, trong đó có 19/34 dòng có chỉ số chịu hạn cao > 1. Kết quả phân tích dựa vào năng suất và chỉ số chịu hạn, ta chọn được 15 dòng có khả năng chịu hạn khá, năng suất khá là H4, H6, H7, H14, H15, H17, H18, H19, H20, H21, H23, H24, H27, H28, H29. Những dòng có chỉ số chịu hạn càng cao càng có khả năng chịu hạn cao có thể sử dụng cho chương trình chọn tạo giống ngô chịu hạn.

3.3. Dò tìm QTL kiểm soát một số tính trạng chịu hạn bằng chỉ thị phân tử SSR

Dò tìm QTL liên quan đến khả năng chịu hạn của 32 dòng tự phối và 2 đối chứng với 6 cặp môi đặc hiệu là *umc1862 umc1432*, *umc1719* dò tìm QTL điều khiển năng suất ngô dưới điều kiện bất thuận nước (Ys), cặp môi *nc133* dò tìm QTL điều khiển di truyền khả năng chống chịu bất thuận nước (TOL), cặp môi *umc2359*, *umc1447* dò tìm QTL điều khiển chỉ số chống chịu bất thuận nước (STI), Chỉ số miễn cảm hạn (SSI) trên cơ sở tham khảo kết quả nghiên cứu của của Mohammadreza (2011). Kết quả điện di trên gel agarose đối chứng là LCH9 và VN8960, Ladder (M) 10.000 bp (Hình 1).

Chỉ thị *umc1862* dò tìm QTL điều khiển năng suất dưới điều kiện bất thuận nước cho thấy có 31 dòng và đối chứng (+) xuất hiện band với kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 200bp, hầu hết kích thước khoảng 150 bp. Kết quả phù hợp với nghiên cứu của tác giả cho

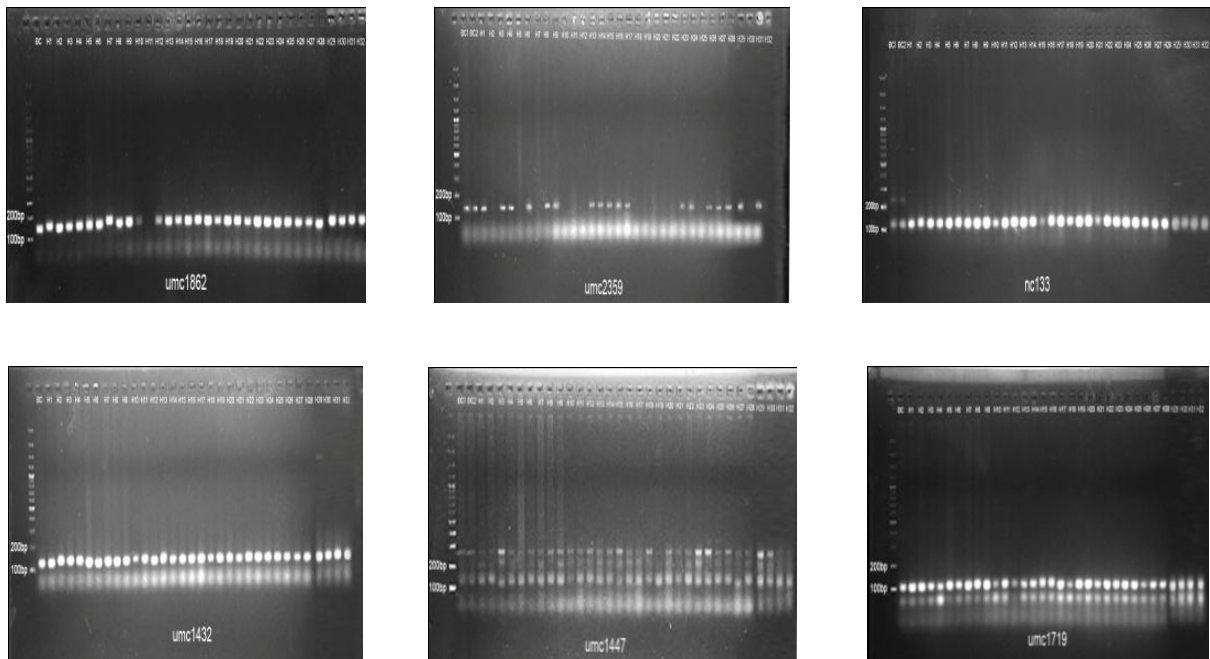
phép kết luận các dòng nghiên cứu đều mang QTL điều khiển năng suất dưới điều kiện hạn. Theo Mohammadreza (2011), QTL này nằm trên nhiễm sắc thể số 1 và bin 11, giải thích 30% phương sai kiểu hình. Dòng duy nhất không xuất hiện band là H11.

Chỉ thị *umc2359* dò tìm QTL liên quan đến chỉ số chống chịu bất thuận nước (STI). Sử dụng chỉ thị *umc2359* cho thấy có 19 dòng và đối chứng (+) xuất hiện band với kích thước 150 bp là H1, H3, H4, H6, H8, H9, H13, H14, H15, H16, H17, H23, H24, H26, H27, H28, H29, H30, H31, ĐC1 và ĐC2. Kích thước này phù hợp với nghiên cứu của tác giả, do đó có thể kết luận 20 dòng này đều mang QTL điều khiển chỉ số chống chịu bất thuận nước. QTL nằm trên nhiễm sắc thể số 9 và bin 07.

Chỉ thị *nc133* liên kết với QTL điều khiển TOL, chỉ thị này cũng liên kết với chỉ số miễn cảm với điều kiện bất thuận (SSI). Sử dụng marker *nc133* dò tìm QTL này trên NST số 2 của 32 vật liệu nghiên cứu cũng đã nhận biết tất cả 32 dòng và đối chứng (+) mang QTL chống chịu hạn (TOL), kích thước các QTL trong khoảng 100 đến 180 bp, kết quả phù hợp với nghiên cứu của các tác giả khác (Quarrie, 1999; Mohammadreza, 2011; Guo *et al.*, 2008) cho phép kết luận 32 dòng mang QTL điều khiển tính trạng chống chịu bất thuận. QTL này nằm trên NST số 2 và bin 05.

Chỉ thị *umc1432* dò tìm QTL điều khiển năng suất dưới điều kiện bất thuận nước cho thấy cả 32 dòng và đối chứng (+) đều xuất hiện band với kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 150bp, kết quả phù hợp với kết quả của Mohammadreza (2011) đã công bố, cho phép kết luận các dòng nghiên cứu đều mang QTL điều khiển năng suất dưới điều kiện hạn. QTL này nằm trên nhiễm sắc thể số 10 và bin 02.

Chỉ thị *umc1447* dò tìm QTL điều khiển chỉ số chống chịu bất thuận nước (STI) cho thấy cả 32 dòng và đối chứng (+) đều xuất hiện band với kích thước nằm trong phạm vi 100 - 180bp, hầu hết các band đều có kích thước khoảng 150bp, phù hợp với kết quả mà tác giả đã công bố cho phép kết luận 32 vật liệu nghiên cứu đều mang QTL điều khiển chỉ số chống chịu bất thuận nước.



Hình 1. Sản phẩm PCR với mỗi *umc1862*, *umc2359*, *nc133*, *umc1432*, *umc1447*, *umc1719* của 32 dòng tự phối và 2 đối chứng trên gel Agarose 2%

Chỉ thị *umc1719* dò tìm QTL điều khiển năng suất dưới điều kiện bất thuận nước cho thấy cả 32 dòng và đối chứng (+) đều xuất hiện band với kích thước nằm trong phạm vi 100 đến 150 bp, kết quả phù hợp với kết quả của Mohammadreza (2011) đã công bố cho phép kết luận các dòng nghiên cứu đều mang QTL điều khiển năng suất dưới điều kiện hạn. QTL này nằm trên nhiễm sắc thể số 4 và bin 10 - 11.

Kết quả dò tìm QTL liên quan đến chỉ số chịu hạn đã nhận biết 20 dòng tự phối mang QTL là H1, H3, H4, H6, H7, H13, H14, H15, H17, H18, H19, H20, H21, H23, H24, H26, H27, H28, H29 và H31. Kết hợp với đánh giá dựa trên kiểu hình chọn được 11 dòng có khả năng chịu hạn tốt nhất là H4, H6, H14, H15, H17, H20, H23, H24, H28, H29 và H30 có thể sử dụng cho chương trình chọn giống ngô chịu hạn.

4. KẾT LUẬN

Các dòng tự phối trong nghiên cứu sinh trưởng, phát triển tốt trong cả vụ Thu Đông và vụ Xuân, hai vụ trồng ngô chính ở miền Bắc, có

đặc điểm nông sinh học phù hợp, thời gian sinh trưởng thuộc nhóm chín trung ngày, chênh lệch trở cờ phun râu ngắn 0 - 3 ngày, chiều cao cây dao động từ 143 đến 194 cm

Kết quả dò tìm QTL liên quan đến chỉ số chịu hạn đã nhận biết 20 dòng tự phối mang QTL là H1, H3, H4, H6, H7, H13, H14, H15, H17, H18, H19, H20, H21, H23, H24, H26, H27, H28, H29 và H31.

Kết hợp phân tích chỉ thị phân tử với đánh giá dựa trên kiểu hình chọn được 11 dòng có khả năng chịu hạn tốt nhất là H4, H6, H14, H15, H17, H20, H23, H24, H28, H29 và H30 có thể sử dụng cho chương trình chọn giống ngô chịu hạn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aslam M., M.S.I. Zamir, I. Afzal, M. Yaseen, M. Mubeen, A. Shoaib (2013). Drought stress, It's effect on maize production and development of drought tolerance through potassium application, *Cercetări Agronomice în Moldova*, 154(2): 99-114.
- Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck, and M. Bellon. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress

- Tolerance in Maize: From Theory to Practice. Mexico, D.F.
- Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, FL. 223p.
- Camacho, R.S.G. and D.F. Caraballo (1994). "Evaluation of morphological characteristics in Venezuelan maize (*Zea mays* L.) genotypes under drought stress", *Scientia Agricola*, 51: 453-458.
- Cloyce G. Coffman (1998). Critical Growth Stages of Corn, The Texas A&M University System.
- Chen J. Chen, W. Xu, J. Velten, Z. Xin and J. Stout (2012). Characterization of maize inbred lines for drought and heat tolerance, *Journal of soil and water conservation*, Vol. 67, No. 5. 2489/jswc.67.5.354
- Dương Thị Loan, Trần Thị Thanh Hà, Vũ Thị Bích Hạnh, Vũ Văn Liết (2014). Đánh giá khả năng chịu hạn của các dòng tự phối và tổ hợp lai ngô nếp, *Tạp chí Khoa học và Phát triển* 2014, 12(8): 1202-1212.
- Edmeades, G.O. (2013). Progress in Achieving and Delivering Drought Tolerance in Maize - An Update, ISAAA: Ithaca, NY.
- Fernandez, G.C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo C.G. (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Publication, Tainan, Taiwan.
- Fischer, R.A., R. Maurer (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I., Grain yield response. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897-907.
- Fischer, K.S, E.C, Johnson, and G.O. Edmeades (1983). Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. El batran, Mexico, DF: CIMMYT.
- Gemenet D.C., Wachira F.N., Pathak R.S. and Munyiri S.W (2010). Identification of molecular markers linked to drought tolerance using bulked segregant analysis in Kenyan maize (*Zea mays* L.) landraces, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 9(1): 1122-1134.
- Gerpacio RV, Pingali PL (2007). Tropical and subtropical maize in Asia: production systems, constraints, and research priorities. CIMMYT, Mexico DF.
- Gulati A, Dixon J (Eds.) (2008). Maize in Asia: changing markets and incentives. Academic Foundation, New Delhi.
- IPGRI. (2001). The design and analysis of evaluation trials of genetic resources collections. A guide for genebank managers. IPGRI Technical Bulletin No. 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 20-23.
- Kobayashi N, Horikoshi T, Katsuyama H, Takayanagi K (1998). A simple and efficient DNA extraction method for plants, especially woody plants, *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 4: 77-81.
- Lê Quý Kha (2005). "Nghiên cứu khả năng chịu hạn và một số biện pháp kỹ thuật phát triển giống ngô lai cho vùng canh tác bằng nước trời", *Luận văn Tiến sĩ Nông nghiệp*, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.
- Mohammadreza Shiri (2011). "Identification of informative simple sequence repeat (SSR) markers for drought tolerance in maize", *African Journal of Biotechnology*, 10(73): 16414-16420.
- N.H. Tinh (1997). Management and breeding Approach to Alleviate The Effects of Drought on Maize in Viet Nam; Developing Drought and Low N-Tolerant Maize, *Proceedings of a Symposium, CIMMYT, El batán, Mexico, D.F: CIMMYT*.
- Nguyễn Văn Thắng, Nguyễn Trọng Hiệu, Trần Thực, Phạm Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Lan, Vũ Văn Thắng (2010). Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam, Viện Khoa học Khí tượng, thủy văn và Môi trường.
- Nathinee Ruta (2008). "Quantitative trait loci controlling root and shoot traits of maize under drought stress", *Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Doctore od Science*.
- Pervez H. Zaidi (2003). Drought Tolerance in Maize: Theoretical considerations & Practical implications, Maize Program, CIMMYT, Mexico, D.F., MEXICO.
- Prasanna B. M., Kevin Pixley (2010). Molecular marker-assisted breeding options for maize improvement in Asia, *Mol Breeding*, 26: 339-356.
- Shadakshari T.V. and G. Shathakumar (2015). Evaluation of maize inbred lines for drought tolerance under contrasting soil moisture regimes, *Karnataka J. Agric. Sci.*, 28(2): 142-146
- Phan Đức Thịnh, Hoàng Thị Thùy, Phạm Quang Tuấn, Vũ Thị Bích Hạnh, Nguyễn Thị Hân, Vũ Văn Liết (2013). Chọn lọc dòng ngô có khả năng chịu hạn dựa trên kiểu hình và marker phân tử, *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 11(2): 184-193
- Wen Weiwei, Jose Luis Araus, Trushar Shah, Jill Cairns, George Mahuku, Marianne Bänziger, Jose Luis Torres, Ciro Sánchez, and Jianbing Yan (2011). Molecular Characterization of a Diverse Maize Inbred Line Collection and its Potential Utilization for Stress Tolerance Improvement, *Crop Sci.*, 51.

- Wu Y, Cosgrove DJ (2000). Adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. *J Exp Bot.*, 51: 1543-1553.
- Zaidi P., Srinivasan G., Cordova H. S., Sanchez C. (2004). Gains from improvement for mid-season drought tolerance in tropical maize (*Zea mays* L). *Field Crops Res.*, 89: 135-152.
- Zhang J.J., X.Q. Zhang, Y.H. Liu, H.M. Liu, Y.B. Wang, M.L. Tian, Y.B. Huang (2010). Variation characteristics of the nitrate reductase gene of key inbred maize lines and derived lines in China, *Genet. Mol. Res.*, 9(3): 1824-1835.