

Nghiên cứu khả năng chịu hạn liên quan đến hình thái rễ và cấu trúc khí khổng của 12 giống lúa mùa (*Oryza sativa* L.) trong điều kiện hạn nhân tạo

Trần Ngọc Sơn*, Võ Công Thành, Võ Lan Hương, Đặng Thị Yến Nhi,
Trần Thị Thùy Dương, Nguyễn Lam Đình, Từ Thị Diễm My

Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 25/9/2020; ngày chuyển phân biện 29/9/2020; ngày nhận phân biện 13/11/2020; ngày chấp nhận đăng 20/11/2020

Tóm tắt:

Chọn giống lúa chịu hạn để canh tác là biện pháp hiệu quả nhất hiện nay nhằm tránh những ảnh hưởng do hạn hán đang có những diễn biến phức tạp. Thí nghiệm được bố trí kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên một nhân tố, gồm 12 giống lúa mùa trong điều kiện gây hạn nhân tạo, 3 lần lặp lại. Các chỉ tiêu được đánh giá qua hình thái, cấu trúc giải phẫu rễ và khí khổng cây lúa phù hợp với môi trường hạn. Kết quả cho thấy 3 giống (Sophinh, Xương gà đỏ và Bằng nâu) có khả năng chịu hạn tốt nhất trong giai đoạn sinh trưởng dinh dưỡng (28 ngày sau khi ngắt nước). Giống Sophinh có mật độ và diện tích khí khổng nhỏ nhất (tương ứng 529,3 kk/mm^2 và 88,6 μm^2), giúp giảm mất nước qua quá trình thoát hơi nước khi cây thiếu nước. Giống Xương gà đỏ có tỷ lệ rễ sâu cao nhất (58,7%), có thể tăng khả năng lấy nước từ tầng đất sâu. Giống Bằng nâu có đường kính rễ dày 876,3 μm và diện tích lỗ lớn (đạt 54,4 $\times 10^3 \mu\text{m}^2$), chứa nhiều hậu môc và tổng diện tích hậu môc lớn nhất (tương ứng 5,6 và 12 $\times 10^3 \mu\text{m}^2$), giúp tăng lực dẫn nước lên chồi. Mối quan hệ giữa số rễ, số mạch hậu môc và mật độ khí khổng là tương quan nghịch; trong khi tương quan giữa đường kính rễ, số hậu môc và tổng diện tích hậu môc là tương quan thuận. Kết quả này sẽ giúp định hướng phát triển giống lúa theo cơ chế chịu hạn.

Từ khóa: chịu hạn, khí khổng, lúa mùa, rễ.

Chỉ số phân loại: 4.1

Đặt vấn đề

Được dự báo là một trong số những quốc gia bị ảnh hưởng nhiều nhất của biến đổi khí hậu, Việt Nam nói chung và Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) nói riêng đã phải gánh chịu những tổn thất nặng nề do hạn hán và lũ lụt gây ra. Kể từ năm 2000 đến nay, tình trạng hạn hán đã liên tục xảy ra vào các năm 2002, 2004, 2005, 2006, 2009, 2015 và 2016 [1]. Đặc biệt, đợt hạn hán và xâm nhập mặn năm 2016 đã gây thiệt hại nặng nề nhất, toàn vùng ĐBSCL có đến 208.000 ha lúa bị thiệt hại, trong đó 60% bị thiệt hại nặng và nhiều vùng mất trắng.

Từ thực tế cho thấy, chọn tạo và sử dụng giống lúa chịu hạn trong canh tác là một trong những giải pháp hiệu quả và bền vững đối với những vùng sinh thái thường xuyên bị hạn hán như ĐBSCL. Tuy có tiềm năng đa dạng về số lượng và chủng loại giống lúa mùa địa phương nhưng việc đánh giá cải tiến giống lúa chịu hạn còn rất ít, chưa đáp ứng kịp yêu cầu sản xuất hiện nay. Đối với cây lúa, thiếu nước có ảnh hưởng lớn đến hình thái ở giai đoạn sinh trưởng và sinh sản. Tuy nhiên, nhiều báo cáo đã cho rằng, để chống chịu hạn, một số giống lúa đã phát triển kiểu hình có bộ rễ dài ăn sâu,

giúp tăng cường khả năng hút nước từ tầng đất sâu và giảm mất nước qua lá bằng cách thay đổi cấu trúc khí khổng [2, 3]. Để nâng cao chất lượng và sản lượng nhằm giảm thiệt hại do hạn hán gây ra, việc nghiên cứu chọn tạo giống lúa chịu hạn mới dựa trên hình thái nhằm bổ sung vào nguồn vật liệu di truyền lúa chịu hạn là vấn đề cấp thiết hiện nay. Nghiên cứu này nhằm đánh giá những đặc điểm hình thái rễ và khí khổng trên nhiều giống lúa mùa khác nhau để chọn ra giống mang tính trạng thích nghi với môi trường hạn, phục vụ công tác lai tạo và chọn giống lúa chịu hạn tốt cho vùng ĐBSCL.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu, địa điểm, thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng 12 giống lúa mùa có nguồn gốc tại Tây Ninh (Xương gà đỏ, Xương gà trắng, Ông từng đỏ, Lãng nhây trắng, Bằng nâu, Tiêu mỡ đỏ) và An Giang (Một bụi đỏ, Thái Lan, Sophinh, Macri 1, Bông gừng trắng, Nàng coi) được trồng từ tháng 8/2019 tại nhà lưới có mái che thuộc Bộ môn Di truyền và Chọn giống cây trồng, Trường Đại học Cần Thơ.

* Tác giả liên hệ: Email: ngocsonbiotech5011@gmail.com

Drought tolerance related to root morphology and stomatal structure of the 12 seasonal rice varieties (*Oryza sativa* L.) under artificial drought conditions

Ngoc Son Tran*, Cong Thanh Vo, Lan Huong Vo, Thi Yen Nhi Dang, Thi Thuy Duong Tran, Lam Dinh Nguyen, Thi Diem My Tu

College of Agriculture and Applied Biology, Can Tho University

Received 25 September 2020; accepted 20 November 2020

Abstract:

Drought-tolerant rice varieties are one of the best choices to avoid the effects of drought. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications was used for the experiment. 12 seasonal rice were tested under artificial drought conditions. The criteria were assessed through the morphology, root anatomical structure, and stomatal leaves that were suitable for the drought environment. The results showed that 3 seasonal rice were well adapted to this condition. Sophinh had the smallest density and area of stomata (529.3 stomata/mm² and 88.6 μm² respectively), they helped reduce water loss. Xuong ga do had the highest ratio of deep roots 58.7% which could increase the ability to take water from the deep soil layer. Bang nau had a thick root diameter of 876.3 μm and a stele root area of 54.4x10³ μm² containing a high number and more areas of late metaxylems (5.6 and 12x10³ μm² respectively). These factors helped increase water flux from root to shoot. Correlation among the density of stomata, number of roots, and the number of late metaxylem were negative while correlation among diameter of roots, number of late metaxylem, and total areas of late metaxylem were positive. These results were useful for developing drought-tolerant rice varieties.

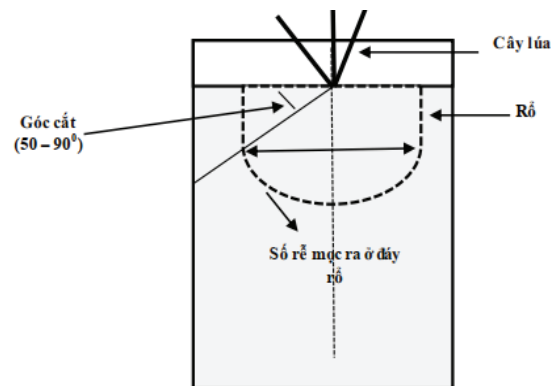
Keywords: drought avoidance, root, seasonal rice, stomata.

Classification number: 4.1

Phương pháp nghiên cứu

Bố trí thí nghiệm:

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên một nhân tố (giống lúa), 3 lần lặp lại. Tiến hành ngắt nước xử lý hạn sau 40 ngày gieo bằng cách ngưng tưới nước đến khi 50% số lá bị khô thì tưới nước phục hồi. Thí nghiệm được thực hiện theo phương pháp rổ nhựa (basket) (hình 1) [4, 5].



Hình 1. Sơ đồ mô tả phương pháp rổ nhựa (basket).

Đất được phơi khô, làm nhuyễn, rây loại bỏ tạp chất, sau đó bổ sung thêm cát (tỷ lệ 6 đất/4 cát). Hỗn hợp đất cát pha được cho vào chậu kích thước 28x22x30 cm, đặt rổ nhựa cách mặt chậu 2 cm, các chậu sau đó được làm ẩm bằng cách tưới 4 ngày một lần với lượng nước đồng nhất đủ độ ẩm đồng ruộng (độ ẩm >80%) cho đến 40 ngày sau gieo. Hạt lúa sau khi ủ nảy mầm được gieo vào chậu, 1 cây/chậu. Các chậu được bổ sung lượng phân bón 20 g urea, 35 g super lân và 10 g KCl tại 2 thời điểm bón lót và 15 ngày sau khi gieo.

Chỉ tiêu theo dõi:

Độ ẩm đất được đo 7 ngày 1 lần ở tất cả các chậu vào giờ trưa mỗi ngày bằng máy Takemura.

Tổng số rễ (T_R) được tính dựa trên tổng số rễ chính của một bụi xuyên qua rổ nhựa. Tỷ lệ rễ sâu (RDR) được định nghĩa là số rễ xuyên qua phần mắt lưới 2 mm của rổ nhựa (tức là phần được xác định bởi một góc 50-90° theo phương ngang mặt đất tính từ gốc lúa) chia cho tổng số rễ. Thời điểm ghi nhận sau khi cây được tưới nước phục hồi 14 ngày.

Cấu trúc rễ và các mạch xylem rễ được quan sát ($n=5$ rễ) phân tích theo phương pháp Terashima, et al. (1987) [6]. Quan sát mặt cắt ở vị trí cách gốc 3 cm để đo đường kính rễ (D_R), số mạch hậu mộc (latemetaxylem - LMX), diện tích lõi (S_{stele}) và tổng diện tích hậu mộc (S_{LMX}).

Mật độ và kích thước khí khổng trên biểu bì lá lúa được khảo sát theo phương pháp Baloch, et al. (2013) [7] khi cây có biểu hiện cuộn lá trên thị trường vật kính 40X. Quan sát sự phân bố và đếm số lượng khí khổng thấy được trong

diện tích tại 3 vị trí đầu, giữa và chóp lá của 2 mặt lá. Mật độ khí khổng (D_{kk}) được tính theo số lượng khí khổng/mm². Đo kích thước chiều dài (L_{kk}) và chiều rộng (W_{kk}) tế bào khí khổng (n=30 khí khổng). Diện tích khí khổng tính bằng cách nhân chiều dài và rộng trung bình của khí khổng.

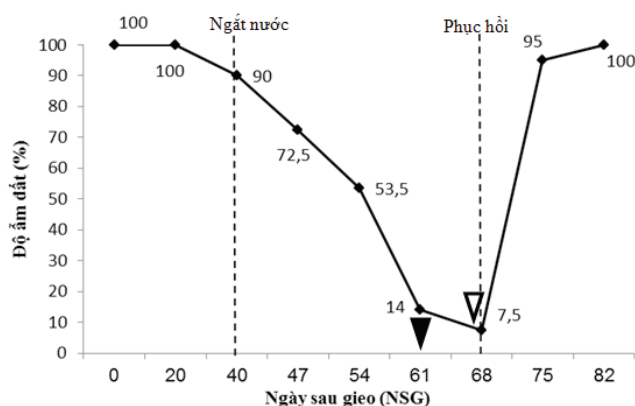
Phân tích thống kê:

Số liệu giải phẫu khí khổng và rễ được đo bằng phần mềm OptikalSview. Dữ liệu được phân tích thống kê bằng SPSS 23.0 dùng kiểm định Duncan ở mức ý nghĩa 5% để so sánh các giá trị trung bình và phân tích hệ số tương quan Pearson.

Kết quả và thảo luận

Diễn biến độ ẩm đất

Diễn biến độ ẩm của đất được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Diễn biến giá trị trung bình độ ẩm đất.

Ghi chú: ▼: Thời điểm cuốn lá; ▽: Thời điểm cháy lá.

Kết quả ở hình 2 cho thấy, diễn biến giá trị trung bình độ ẩm đất giữa các chậu thay đổi giảm dần tại thời điểm ngắt nước kể từ 40 NSG. Theo đó, độ ẩm bắt đầu giảm nhanh xuống còn 72,5% vào 47 NSG, sau đó độ ẩm tiếp tục giảm đến mức thấp nhất ghi nhận được là 7,5% tại thời điểm 68 NSG. Trong đó với mức độ ẩm đạt 14% cây bắt đầu cho thấy có biểu hiện cuốn lá. Đến mức độ ẩm còn 7,5% sự tổn thương do hạn gây ra các vết cháy lá trên cây lúa biểu hiện thấy rõ. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Trần Nguyên Thập (2001) [8] khi thực hiện thí nghiệm hạn trên lúa, rằng cây biểu hiện stress hạn bằng biểu hiện cuốn lá khi độ ẩm dưới 14%. So sánh kết quả nghiên cứu lúa chịu hạn, Zu, et al. (2017) [9] cũng thấy rằng khi độ ẩm đất đạt 15% những giống lúa rẫy bắt đầu cuốn lá, đạt 10% lá héo khô và lá tổn thương nặng khi độ ẩm đất đạt 5%. Độ ẩm đất có vai trò quan trọng trong việc kiểm soát hạn hán, khi độ ẩm đất thấp hơn một giới hạn nào đó, thực vật không hút đủ nước thì sẽ bị hạn [1]. Giới hạn này phụ thuộc vào khả năng giữ nước của đất và khả năng lấy nước của cây.

Cấu trúc khí khổng lá lúa trong điều kiện hạn

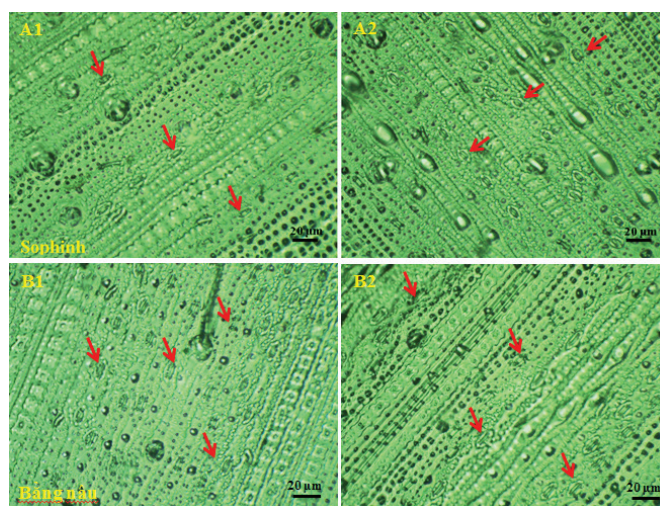
Cấu trúc khí khổng lá lúa trong điều kiện hạn được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Mật độ phân bố và kích thước khí khổng của 12 giống lúa mùa trong điều kiện hạn.

TT	Giống	D_{kk} (kk/mm ²)	L_{kk} (μm)	W_{kk} (μm)	S_{kk} (μm ²)
1	Xương gà đỏ	577,3 ^{def}	14,6 ^{bcd}	6,3 ^c	91,6 ^{de}
2	Xương gà trắng	547,0 ^{ef}	14,3 ^{cd}	6,4 ^{de}	91,3 ^{de}
3	Ông từng đỏ	662,3 ^{abc}	14,1 ^d	6,5 ^{cde}	91,5 ^{de}
4	Lăng nhây trắng	616,7 ^{a-d}	16,2 ^a	6,9 ^{ab}	109,6 ^{ab}
5	Bằng nâu	620,3 ^{a-d}	15,5 ^{ab}	6,7 ^{bcd}	103,4 ^{bc}
6	Tiểu mỡ đỏ	604,3 ^{cde}	16,4 ^a	6,8 ^{bc}	110,8 ^{ab}
7	Sophinh	529,3 ^f	14,3 ^{cd}	6,3 ^c	88,6 ^e
8	Một bụi đỏ	675,7 ^{ab}	15,0 ^{bcd}	6,7 ^{bcd}	98,8 ^{cd}
9	Thái Lan	608,7 ^{b-e}	15,2 ^{bc}	6,6 ^{cde}	99,1 ^{cd}
10	Năng coi	644,0 ^{a-d}	16,2 ^a	7,1 ^a	114,8 ^a
11	Macri 1	683,0 ^a	14,5 ^{bcd}	6,9 ^{ab}	100,1 ^c
12	Bông gừng trắng	652,0 ^{abc}	16,4 ^a	7,1 ^a	115,6 ^a
F		*	*	*	*
CV(%)		5,9	3,5	2,7	4,2

Chú thích: *: khác biệt mức ý nghĩa 5%. Trong cùng một cột, các số theo sau có cùng ký tự chữ cái thì khác biệt không ý nghĩa qua phép thử Duncan. D_{kk} : mật độ khí khổng, L_{kk} : dài khí khổng, W_{kk} : rộng khí khổng, S_{kk} : diện tích khí khổng.

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, mật độ và kích thước khí khổng khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5% giữa các giống lúa. Mật độ khí khổng trung bình phân bố trên bề mặt lá dao động từ 529,3-683 kk/mm². Giống có mật độ phân bố khí khổng cao nhất là Macri 1 (683 kk/mm²) và ít nhất là Sophinh (529,3 kk/mm²), khác biệt có ý nghĩa so với các giống còn lại (hình 3).



Hình 3. Cấu trúc khí khổng mặt trên (A1-B1) và mặt dưới (A2-B2) lá của Sophinh và Bằng nâu.

Nghiên cứu của Xiong, et al. (2002) [10] cho rằng, trong điều kiện hạn lá cây cần giảm bớt việc thoát hơi nước khi đóng mở khí khổng, vì vậy giảm số lượng khí khổng ở 2 mặt biểu bì lá góp phần hạn chế mất nước khi cây đang trong điều kiện thiếu nước. Sự gia giảm mật độ khí khổng để đối phó với hạn hán khác nhau giữa các loài thực vật và phụ thuộc vào mức độ nghiêm trọng của tình trạng thiếu nước [11]. Để đối phó với sự thay đổi môi trường, thực vật có thể điều chỉnh sự phát triển của khí khổng ở những chiếc lá mới [12]. Khi lá trưởng thành cảm nhận được điều kiện môi trường thay đổi, mật độ khí khổng sẽ được điều chỉnh ngay trong quá trình phát triển lá [13]. Đã có nhiều báo cáo cho rằng, những đột biến làm giảm mật độ khí khổng đã giúp tăng cường khả năng chịu hạn của thực vật [14, 15]. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Lưu Hoài Nam (2019) [16], sự giảm khí khổng ở biểu bì trên và dưới lá giúp cho lá lúa hạn chế được sự mất nước qua khí khổng, đồng thời tích trữ nước cung cấp cho hoạt động trao đổi chất của lá.

Xét về kích thước khí khổng ở bảng 1 cho thấy, trung bình chiều dài khí khổng biến thiên từ 14,1-16,4 μm và chiều rộng từ 6,3-7,1 μm . Trong đó 2 giống Bông gừng trắng và Nàng coi có chiều dài khí khổng dài nhất (tương ứng 16,4 và 16,2 μm) và chiều rộng cũng lớn nhất (7,1 μm). Chính vì vậy mà cả 2 giống có diện tích khí khổng (tương ứng 115,6 và 114,8 μm^2) lớn hơn so với các giống còn lại. Riêng giống Sophinh, bên cạnh mật độ khí khổng thấp là kích thước chiều dài, chiều rộng (tương ứng 14,3 và 6,3 μm) và cả diện tích khí khổng đạt nhỏ nhất (88,6 μm^2) so với các giống lúa mùa được khảo sát.

Sự trao đổi khí qua lá bị ảnh hưởng rất lớn bởi số lượng cũng như kích thước khí khổng [17]. Độ ẩm trong đất giảm, làm giảm lượng nước trong lá, các tế bào bảo vệ bị mất nước gây mất áp lực sức trương, từ đó làm cho kích thước khí khổng giảm xuống hoặc gây đóng khí khổng [18]. Sự suy giảm kích thước khí khổng là sự thích nghi của thực vật để đáp ứng với sự thiếu hụt nước và nhiệt độ cao [19]. Theo Gupta (1997) [20], thực vật trong điều kiện khô hạn thường có khí khổng nhỏ hơn so với thực vật sống trong điều kiện đủ nước. Như vậy, để tối đa hóa hoạt động quang hợp đồng thời giảm thiểu sự mất nước trong điều kiện khô hạn, cây trồng cần phải điều chỉnh cả về số lượng và kích thước của khí khổng cũng như khả năng đóng mở [21]. Có thể thấy Sophinh có đặc điểm khí khổng gần như phù hợp trong việc hạn chế mất nước trong điều kiện hạn khi có mật độ và kích thước khí khổng nhỏ nhất so với các giống khác.

Hình thái rễ lúa trong điều kiện hạn

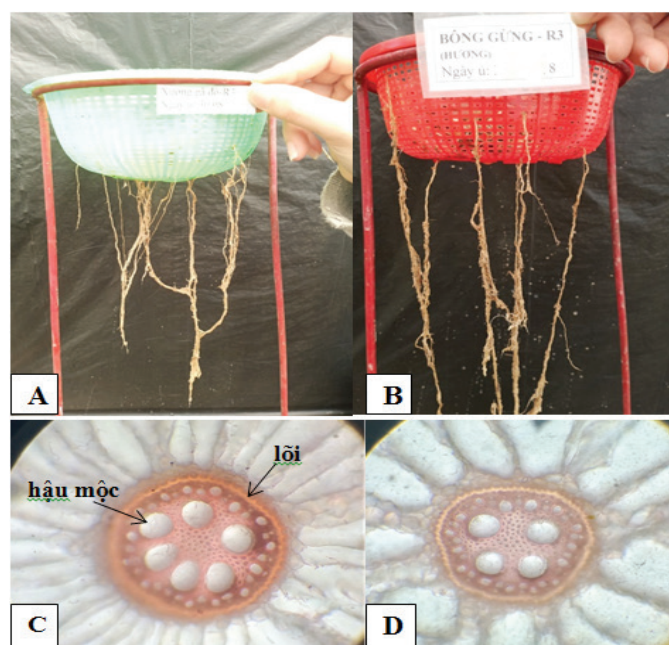
Hình thái cũng như số lượng và sự phân bố rễ của các giống lúa mùa trong điều kiện hạn được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Số lượng, sự phân bố và hình thái giải phẫu rễ của 12 giống lúa mùa trong điều kiện hạn.

TT	Giống	T_R	RDR (%)	D_R (μm)	S_{stele} ($\times 10^3 \mu\text{m}^2$)	LMX	S_{LMX} ($\times 10^3 \mu\text{m}^2$)
1	Xương gà đỏ	19,3 ^{bc}	58,7 ^a	867,7 ^a	41,2 ^{cd}	4,5 ^{bc}	7,9 ^{def}
2	Xương gà trắng	19,7 ^{bc}	45,8 ^{bc}	389,9 ^c	29,5 ^c	5,6 ^a	3,9 ^b
3	Ông từng đỏ	11,0 ^e	33,5 ^d	888,2 ^a	42,7 ^{cd}	4,5 ^{bc}	7,6 ^{ef}
4	Lăng nháy trắng	21,0 ^b	50,7 ^b	827,5 ^a	41,7 ^{cd}	5,1 ^{ab}	8,8 ^{cd}
5	Bằng nâu	25,3 ^a	23,8 ^e	876,3 ^a	54,4 ^a	5,6 ^a	12,0 ^a
6	Tiểu mỡ đỏ	14,0 ^d	35,8 ^d	703,4 ^b	38,1 ^{de}	4,4 ^c	8,4 ^{de}
7	Sophinh	18,3 ^c	25,5 ^c	844,5 ^a	47,4 ^{ab}	5,1 ^{ab}	11,4 ^a
8	Một bụi đỏ	8,0 ^f	37,9 ^{cd}	906,1 ^a	49,7 ^{abc}	4,4 ^c	9,8 ^{bc}
9	Thái Lan	14,7 ^d	45,6 ^{bc}	851,3 ^a	45,6 ^{abc}	4,6 ^{bc}	9,9 ^b
10	Nàng coi	19,3 ^{bc}	44,9 ^{bc}	866,3 ^a	41,7 ^{cd}	4,3 ^c	7,1 ^f
11	Macri 1	14,7 ^d	25,0 ^e	709,4 ^b	33,6 ^{de}	3,3 ^d	6,1 ^g
12	Bông gừng trắng	16,0 ^d	21,0 ^e	911,5 ^a	45,3 ^{abc}	4,3 ^c	7,9 ^{def}
F		*	*	*	*	*	*
CV(%)		6,7	11,6	7,7	13,1	8,1	7,4

Chú thích: *: khác biệt mức ý nghĩa 5%. Trong cùng một cột, các số theo sau có cùng ký tự chữ cái thì khác biệt không ý nghĩa qua phép thử Duncan. T_R : tổng số rễ, RDR: tỷ lệ rễ sâu, D_R : đường kính rễ, LMX: số mạch hậu mội, S_{stele} : diện tích lõi, S_{LMX} : tổng diện tích mạch hậu mội.

Kết quả bảng 2 cho thấy, các đặc điểm hình thái rễ có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5%. Tổng số rễ ghi nhận trong môi trường hạn biến thiên từ 8,0-25,3, giống lúa Bằng nâu có nhiều rễ nhất với số rễ đạt 25,3 và Một bụi đỏ có số rễ ít nhất là 8,0. Tuy nhiên, sự phân bố rễ sâu lại có sự khác biệt nhau, cụ thể Xương gà đỏ có sự phân bố rễ sâu nhất với tỷ lệ 58,7%, riêng nhóm Bằng nâu (23,8%), Sophinh (25,5%), Macri 1 (25%) và Bông gừng trắng (21%) có mức độ phát triển rễ sâu thấp (hình 4).



Hình 4. Hình thái rễ giống lúa Xương gà đỏ (A), Bông gừng trắng (B) và cấu trúc giải phẫu rễ giống lúa Bằng nâu (C), Một bụi đỏ (D).

Nghiên cứu cho thấy, cấu trúc và sự phát triển của hệ thống rễ lúa quyết định phần lớn chức năng của cây lúa khi bị hạn [22]. Để tránh hạn, nhiều cây trồng đã thay đổi sự phân bố từ rễ cạn thành rễ sâu để có thể lấy nước từ các lớp đất sâu hơn [23]. Nguyễn Thị Bích Vân (2018) [24] đánh giá sự thích nghi môi trường hạn về tỷ lệ rễ sâu của 4 giống lúa cao sản cho thấy, cây lúa khi thiếu nước sẽ tập trung phát triển rễ theo chiều sâu tạo một góc 50-90° tính từ gốc rễ nhiều hơn môi trường đủ nước. Ngoài ra, Price, et al. (1999) [25] nhận thấy lúa mùa ở vùng cao có hệ thống rễ sâu có thể góp phần tăng khả năng chịu hạn nhờ tăng khả năng hút nước. Một gen kiểm soát tỷ lệ rễ sâu đã được phát hiện trên nhiễm sắc thể số 9 bằng cách sử dụng 117 dòng RILs từ tổ hợp lai IR64 x Kinanang Patong [26]. Kết quả cho thấy, gen Dro1 liên quan đến việc vận chuyển auxin tới đầu rễ, giúp kéo dài những tế bào ở đây, chính sự biểu hiện cao của Dro1 làm rễ phát triển theo chiều sâu và những dòng mang gen đều tăng tỷ lệ rễ sâu nên tránh được hạn và duy trì được năng suất [27]. Như vậy, đặc điểm phát triển nhiều rễ sâu của Xương gà đỏ sẽ có nhiều thuận lợi trong môi trường thiếu nước so với những giống khác.

Kết quả về cấu trúc giải phẫu ở bảng 2 cho thấy, đường kính rễ các giống dao động từ 389,9-911,5 μm , riêng Xương gà trắng có đường kính rễ nhỏ nhất là 389,9 μm , kể đến là Tiêu mỡ đỏ và Macri 1 lần lượt 703,4 và 709,4 μm . Lõi là nơi chứa toàn bộ mạch dẫn và là vị trí quan trọng của cây. Kết quả bảng 2 cho thấy, diện tích lõi biến thiên từ 29,5-54,4 μm^2 , trong đó diện tích lõi lớn nhất là Bằng nâu (54,4x10³ μm^2) và nhỏ nhất là Xương gà trắng (29,5x10³ μm^2). Xét về số hậu mộc và tổng diện tích hậu mộc cho thấy, với kích thước lõi lớn nên Bằng nâu có số hậu mộc nhiều và tổng diện tích hậu mộc lớn nhất (tương ứng 5,6 và 12x10³ μm^2) (hình 4). Ngoài ra, Sophinh cũng có tổng diện tích hậu mộc lớn (11,4x10³ μm^2) tương đương với Bằng Nâu. Đặc biệt, riêng Xương gà trắng tuy có kích thước lõi nhỏ nhưng số hậu mộc nhiều (5,6) và tổng diện tích hậu mộc nhỏ (3,9x10³ μm^2). Có thể thấy ở Xương gà trắng có sự phát triển nhiều mạch hậu mộc nhưng do giới hạn bởi lõi nên kích thước các mạch sẽ nhỏ.

Độ dày rễ là một trong những tính trạng quan trọng trong cơ chế tránh hạn của cây trồng, vì rễ có đường kính lớn hơn có liên quan đến khả năng xuyên sâu vào đất [28, 29], phân nhánh, có cấu trúc mạch dẫn lớn và có công suất lớn cho sự hấp thu nước từ các lớp đất sâu [30]. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cây trồng chịu hạn chỉ tập trung vào độ dày rễ hơn là cấu trúc lõi và mạch hậu mộc bên trong. Uga, et al. (2008) [31] cho rằng, không giống với độ dày rễ, đặc điểm cấu trúc lõi và mạch hậu mộc khác biệt ở những giống khác nhau bởi sự kết hợp nhiều allens trên những QTL khác nhau. Kích thước và số lượng mạch hậu mộc ảnh hưởng lớn đến vận chuyển nước lên chồi [32]. Đường kính hậu mộc lớn ảnh hưởng đến dòng chảy dẫn nước trong cây, giúp tăng cường hấp thu nước [33]. Như vậy, đối với tính trạng giải phẫu rễ, Bằng nâu và Sophinh cho thấy có những đặc điểm độ dày cũng như cấu trúc lõi và mạch hậu mộc tốt, phù hợp với khả năng tăng cường vận chuyển nước trong điều kiện hạn.

Mối tương quan giữa hình thái rễ và khí khổng

Mối tương quan giữa hình thái rễ và khí khổng của các giống lúa được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Hệ số tương quan Pearson giữa đặc điểm hình thái rễ và khí khổng của 12 giống lúa mùa trong điều kiện hạn.

	T_R	D_R	LMX	S_{stole}	S_{LMX}	D_{kk}	L_{kk}	W_{kk}	S_{kk}
T_R	1,00								
D_R	-0,14 ^{ns}	1,00							
LMX	0,52 ^{**}	-0,17 ^{ns}	1,00						
S_{stole}	0,08 ^{ns}	0,71 ^{**}	0,15 ^{ns}	1,00					
S_{LMX}	0,11 ^{ns}	0,63 ^{**}	0,24 ^{ns}	0,75 ^{**}	1,00				
D_{kk}	-0,42 [*]	0,31 ^{ns}	-0,52 ^{**}	0,03 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	1,00			
L_{kk}	0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,00		
W_{kk}	-0,02 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,35 [*]	0,03 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,49 ^{**}	0,56 ^{**}	1,00	
S_{kk}	0,14 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,93 ^{**}	0,81 ^{**}	1,00

Chú thích: **: khác biệt mức ý nghĩa 1%; *: khác biệt mức ý nghĩa 5%; ns: khác biệt không ý nghĩa. T_R : tổng số rễ, D_R : đường kính rễ, LMX: số mạch hậu mộc, S_{stole} : diện tích lõi, S_{LMX} : tổng diện tích mạch hậu mộc, D_{kk} : mật độ khí khổng, L_{kk} : dài khí khổng, W_{kk} : rộng khí khổng, S_{kk} : diện tích khí khổng.

Kết quả bảng 3 cho thấy, có mối quan hệ tương quan có ý nghĩa thống kê giữa đặc điểm hình thái rễ và khí khổng cây lúa trong điều kiện hạn. Đối với rễ cho thấy, có sự tương quan thuận cao giữa tổng số rễ với số hậu mộc ($r=0,52^{**}$), đường kính rễ với diện tích lõi ($r=0,71^{**}$) và tổng diện tích hậu mộc ($r=0,63^{**}$), diện tích lõi với tổng diện tích hậu mộc ($r=0,75^{**}$). Đối với khí khổng có thể thấy sự tương quan thuận cao giữa diện tích với chiều dài ($r=0,93^{**}$) và chiều rộng ($r=0,81^{**}$), chiều dài với chiều rộng ($r=0,56^{**}$), riêng mật độ với chiều rộng ($r=0,49^{**}$) có sự tương quan thuận trung bình. Xét cả hình thái rễ và khí khổng cho thấy, có sự tương quan nghịch cao giữa mật độ khí khổng với số hậu mộc ($r=-0,52^{**}$) và tương quan nghịch trung bình giữa tổng số rễ với mật độ khí khổng ($r=-0,42^{*}$) và số hậu mộc với chiều rộng khí khổng ($r=-0,35^{*}$).

Khả năng chịu hạn là một tính trạng số lượng kết hợp nhiều tính trạng liên quan và không phải giống nào cũng có tất cả những đặc điểm thích nghi với hạn hán. Việc đánh giá mức độ tương quan có thể giúp định hướng cho việc lai tạo và chọn giống mang nhiều đặc điểm thích nghi tốt với hạn hán. Nhiều nghiên cứu cho rằng, rễ phát triển sâu hơn giúp tăng khả năng hút nước từ những tầng đất sâu, từ đó cải thiện thể năng nước bên trong chồi tại thời điểm hạn hán [34, 35]. Phát triển rễ nhiều cũng đã được chứng minh là tương quan với tình trạng nước trong chồi dưới áp lực hạn hán [36]. Do đó, sự tương quan nghịch giữa hình thái rễ với cấu trúc khí khổng cho thấy cây lúa thay đổi để tăng khả năng lấy nước từ đất và giảm mất nước để đáp ứng với môi trường hạn hán.

Kết luận

Nghiên cứu đã chọn ra được 3 giống lúa mùa có khả năng chịu hạn tốt, mỗi giống có đặc tính nổi bật riêng, nhất là hệ rễ. Giống Xương gà đỏ có hệ rễ phát triển ăn sâu, phù

hợp cho việc tăng cường khả năng lấy nước từ tầng đất sâu; trong khi 2 giống Bằng nân và Sophinh có đường kính rễ dày và diện tích lõi rễ lớn, chứa nhiều mạch hậu mộc lớn, giúp tăng lực dẫn nước từ rễ lên chồi. Ngoài ra, cấu trúc lá cũng góp phần vào tính chịu hạn, giống Sophinh có mật độ và cấu trúc khí khổng nhỏ, có thể hạn chế mất nước qua quá trình thoát hơi nước, giúp duy trì sức trương tế bào và thể năng nước trong cây. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở quan trọng để các nhà khoa học chọn tạo các giống lúa mới có khả năng chống chịu hạn hán, đáp ứng nhu cầu của người dân vùng ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Huy Bá, Lương Văn Liệt và Nguyễn Xuân Hoàng (2017), *Khô hạn, xâm nhập mặn ở ĐBSCL: cơ sở lý luận và thực tiễn*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.
- [2] J.C. O'Toole, and T.T. Chang (1979), "Drought resistance in cereal. Rice: a case study", *Stress Physiology in Crop Plants*, Wiley, New York, pp.374-405.
- [3] J.S. Boyer (1996), "Advances in drought tolerance in plants", *Avances in Agronomy*, **56**, pp.187-218.
- [4] A. Oyanagi, T. Nakamoto and M. Wada (1993), "Relationship between root growth angle of seedlings and vertical distribution of roots in the field in wheat cultivars", *Japanese Journal of Crop Science*, **62**, pp.565-570.
- [5] Y. Uga, K. Ebana, J. Abe, S. Morita, K. Okuno and M. Yano (2009), "Variation in root morphology and anatomy among accessions of cultivated rice (*Oryza sativa* L.) with different genetic backgrounds", *Breeding Science*, **59**, pp.87-93.
- [6] K. Terashima, H. Hiraoka and I. Nishiyama (1987), "Varietal difference in the root of rice plant", *Jpn. J. Crop Sci.*, **56**, pp.521-529.
- [7] M.J. Baloch, J. Dunwell, N.U. Khan and W.A. Jat (2013), "Morpho-physiological characterization of spring wheat genotypes under drought stress", *International Journal of Agriculture and Biology*, **15**(5), pp.945-950.
- [8] Trần Nguyễn Tháp (2001), *Nghiên cứu xác định một số đặc trưng của các giống lúa chịu hạn và chọn tạo giống lúa chịu hạn CH5*, Luận án tiến sĩ nông nghiệp ngành chọn và nhân giống, Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp, Hà Nội.
- [9] X. Zu, Y. Lu, Q. Wang, P. Chu, W. Miao, H. Wang and H. La (2017), "A new method for evaluating the drought tolerance of upland rice cultivars", *The Crop Journal*, **5**(6), pp.488-498.
- [10] L. Xiong, K.S. Schumaker and J.K. Zhu (2002), "Cell signaling during cold, drought and salt stress", *Plant Cell*, **14**, pp.165-183.
- [11] E.T. Hamanishi, B.R. Thomas and M.M. Campbell (2012), "Drought induces alterations in the stomatal development program in populus", *Journal of Experimental Botany*, **63**(13), pp.4959-4971.
- [12] S.A. Casson and A.M. Hetherington (2010), "Environmental regulation of stomatal development", *Curr. Opin. Plant Biol.*, **13**, pp.90-95.
- [13] J.A. Lake, W.P. Quick, D.J. Beerling and F.I. Woodward (2001), "Plant development: signals from mature to new leaves", *Nature*, **411**, p.154.
- [14] H. Yu, X. Chen, Y.Y. Hong, Y. Wang, P. Xu, S.D. Ke, H.Y. Liu, J.K. Zhu, D.J. Oliver, and C.B. Xiang (2008), "Activated expression of an Arabidopsis HD-START protein confers drought tolerance with improved root system and reduced stomatal density", *The Plant Cell*, **20**, pp.1134-1151.
- [15] P.J.W. Franks, T. Doherty-Adams, Z.J. Britton-Harper and J.E. Gray (2015), "Increasing water-use efficiency directly through genetic manipulation of stomatal density", *New Phytologist*, **207**, pp.188-195.
- [16] Lưu Hoài Nam (2019), *Khả năng chịu hạn của 6 giống lúa mùa giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng trong điều kiện hạn nhân tạo*, Luận án thạc sĩ ngành di truyền và chọn giống cây trồng, Trường Đại học Cần Thơ.
- [17] L.S. Meng, and S.Q. Yao (2015), "Transcription co-activator arabidopsis ANGUSTIFOLIA3 (AN3) regulates water-use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density and improving root. architecture by the transrepression of YODA (YDA)", *Plant Biotechnol. J.*, **13**, pp.893-902.
- [18] W. Tezara, V. Mitchell, S.P. Driscoll and D.W. Lawlor (2002), "Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower", *Journal of Plant Biology*, **53**, pp.1781-1791.
- [19] E.C. Silva, R.J.M.C. Nogueira, F.H.A. Vale, F.P. de Araújo and M.A. Pimenta (2009), "Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes", *Braz. J. Plant Physiol.*, **21**(1), pp.33-42.
- [20] U.S. Gupta (1997), "Stress tolerance", *Crop Improvement*, **2**, p.303.
- [21] D.C. Bergmann (2004), "Integrating signals in stomatal development", *Curr. Opin. Plant Biol.*, **7**, pp.26-32.
- [22] T.C. Hsiao and L.K. Xu (2000), "Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport", *Journal of Experimental Botany*, **51**, pp.1595-1616.
- [23] V.R.P. Gowda, A. Henry, A. Yamauchi, H.E. Shashidhar and R. Serraj (2011), "Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice", *Field Crops Res.*, **122**(1), pp.1-13.
- [24] Nguyễn Thị Bích Vân (2018), *Nghiên cứu sự thích nghi của 4 giống/ dòng lúa (*Oryza sativa* L.) trong điều kiện khô hạn nhân tạo*, Luận án thạc sĩ ngành di truyền và chọn giống cây trồng, Trường Đại học Cần Thơ.
- [25] A. Price and B. Courtois (1999), "Mapping QTLs associated with drought resistance in rice: progress, problems, and prospects", *Plant Growth Regulation*, **29**, pp.123-133.
- [26] Y. Uga, K. Okuno and M. Yano (2011), "Dro1 a major QTL involved in deep rooting of rice under upland field conditions", *J. Exp. Bot.*, **62**, pp.2485-2494.
- [27] Y. Uga, K. Sugimoto, S. Ogawa, J. Rane, M. Ishitani, N. Hara, Y. Kitomi, Y. Inukai, K. Ono, N. Kanno, H. Inoue, H. Takehisa, R. Motoyama, Y. Nagamura, J. Wu, T. Matsumoto, T. Takai, K. Okuno and M. Yano (2013), "Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions", *Nature Genetics*, **45**(9), pp.1097-1102.
- [28] H.T. Nguyen, C.R. Babu and A. Blum (1997), "Breeding for drought in rice, physiology and molecular genetic consideration", *Crop Science*, **37**, pp.1426-1434.
- [29] L.J. Clark, A.H. Price, K.A. Steele and W.R. Whalley (2008), "Evidence from near-isogenic lines that root penetration increases with root diameter and bending stiffness in rice", *Functional Plant Biology*, **35**(11), pp.1163-1171.
- [30] E.B. Yambao, K.T. Ingram and J.G. Real (1992), "Root xylem influence on the water relations and drought resistance of rice", *J. Exp. Bot.*, **43**(7), pp.925-932.
- [31] Y. Uga, K. Okuno and M. Yano (2008), "QTLs underlying natural variation in stele and xylem structures of rice root", *Breeding Science*, **58**, pp.7-14.
- [32] M. Kondo, M.V.R. Murty and D.V. Aragones (2000), "Characteristics of root growth and water uptake from soil in upland rice and maize under water stress", *Soil Sci. Plant Nutr.*, **46**, pp.721-732.
- [33] S. Fukai and M. Cooper (1995), "Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice", *Field Crops Res.*, **40**, pp.67-86.
- [34] S. Yoshida and S. Hasegawa (1982), "The rice root system, its development and function", *Drought resistance in crops with the emphasis on rice*, IRRI, pp.83-96.
- [35] B. Mambani and R. Lal (1983), "Response of upland rice varieties to drought stress", *Plant and Soil*, **73**, pp.59-72.
- [36] I.J. Ekanayake, D.P. Garrity, T.M. Masajo and J.C. O'Toole (1985), "Root pulling resistance in rice: inheritance and association with drought tolerance", *Euphytica*, **34**, pp.905-913.