

Ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến sự phát triển của hạt phấn và năng suất lúa**Châu Thanh Nhã¹, Võ Thị Trà My², Phạm Thị Bé Tư¹, Huỳnh Kỳ^{1*}**¹*Khoa Di truyền và Chọn giống cây trồng, Trường Nông nghiệp,**Đại học Cần Thơ, phường Ninh Kiều, TP. Cần Thơ, Việt Nam*²*Công ty TNHH Faeger Vietnam, 72 Lê Thánh Tôn,**Phường Sài Gòn, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Ngày nhận bài 13/3/2026; ngày chuyển phản biện 16/3/2026;

ngày nhận phản biện 23/3/2026; ngày chấp nhận đăng 1/4/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến sức sống hạt phấn, quá trình tung phấn, hàm lượng amylose và năng suất của hai dòng lúa triển vọng TNN162 và TNN156. Kết quả chỉ ra rằng, nhiệt độ cao tác động tiêu cực đến tất cả các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất. Cụ thể, trong điều kiện bất lợi này, tỷ lệ thụ phấn, năng suất trên khóm cũng như hàm lượng amylose của các dòng đều bị suy giảm. Tuy nhiên, hai dòng TNN162 và TNN156 thể hiện khả năng chịu nhiệt tốt hơn so với giống nhạy cảm IR64, với mức giảm năng suất thấp hơn đáng kể. Trong điều kiện stress nhiệt độ cao, đỉnh điểm tung phấn của TNN162 và TNN156 dịch chuyển sớm hơn 1 giờ (khoảng 9-10 giờ sáng) so với điều kiện bình thường. Điều này giúp hạt phấn tránh được thời điểm nhiệt độ cực đoan nhất trong ngày, từ đó duy trì khả năng nảy mầm và tỷ lệ thụ phấn. Phân tích tương quan cho thấy, tỷ lệ nảy mầm của hạt phấn có mối liên hệ thuận chặt chẽ với tỷ lệ thụ phấn ($r^2=0,92^{***}$). Kết quả nghiên cứu ghi nhận hai dòng lúa triển vọng TNN162 và TNN156 là những nguồn vật liệu di truyền quý giá cho công tác chọn tạo giống lúa thích ứng với biến đổi khí hậu tại Đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: cây lúa, stress nhiệt độ cao, sức sống hạt phấn, tung phấn sớm.**Chỉ số phân loại:** 4.1, 4.6**Effects of high temperature on pollen development and rice yield****Thanh Nha Chau¹, Thi Tra My Vo², Thi Be Tu Pham¹, Ky Huynh^{1*}**¹*Faculty of Genetics and Plant Breeding, College of Agriculture,**Can Tho University, Ninh Kieu Ward, Can Tho City, Vietnam*²*FAEGER Co., Ltd, 72 Le Thanh Ton Street, Sai Gon Ward, Ho Chi Minh City, Vietnam*

Received 13 March 2026, revised 23 March 2026, accepted 1 April 2026

^{*}Tác giả liên hệ: Email: hky@ctu.edu.vn

Abstract:

This study was conducted to evaluate the impact of high temperature on pollen viability, early anthesis, amylose content and yield components of two promising rice lines, TNN162 and TNN156. The results indicated that high temperature negatively impacted all growth and yield parameters. Specifically, the pollination rate, yield per hill, and amylose content of both lines decreased under high-temperature conditions. However, TNN162 and TNN156 demonstrated superior heat tolerance compared to the sensitive check variety IR64, exhibiting substantially lower yield reductions. Under high-temperature stress, the peak anthesis of TNN162 and TNN156 shifted one hour earlier (9-10 h) compared to normal conditions. This heat escape mechanism allowed the pollen to avoid the most extreme temperatures of the day, thereby maintaining higher pollen germination rates and spikelet fertility. Pearson correlation analysis further confirmed a strong positive relationship between pollen germination rate and pollination rate ($r^2=0.92^{***}$). These findings identify TNN162 and TNN156 as valuable genetic resources for developing climate-resilient rice varieties in the Mekong Delta.

Keywords: early anthesis, heat stress, pollen viability, rice (*Oryza sativa* L.)

Classification numbers: 4.1, 4.6

1. Đặt vấn đề

Nhiệt độ cao đã trở thành một mối đe dọa đáng báo động đối với hệ thống lương thực toàn cầu. Lúa gạo, một loại cây lương thực quan trọng nuôi sống gần một nửa dân số thế giới, rất dễ bị tổn thương trước tình trạng stress nhiệt độ cao. Dưới tác động của nhiệt độ cao, cây lúa biểu hiện các triệu chứng sinh lý và hình thái khác nhau, làm tăng tỷ lệ bất thụ, giảm năng suất và thậm chí gây mất trắng mùa màng. Từ 1992-2003, kết quả ghi nhận từ Viện Nghiên cứu Lúa gạo Quốc tế (IRRI) báo cáo rằng: cứ mỗi khi nhiệt độ tăng 1°C sẽ dẫn đến sự sụt giảm năng suất tới 10% dựa trên nghiên cứu của S. Peng và cs (2004) [1]. Trong thế kỷ 21, hiện tượng nóng lên toàn cầu đã khiến nhiệt độ không khí tăng thêm 0,5°C, nhiệt độ được ước tính sẽ tăng từ 1,5 đến 4,5°C và các đợt nắng nóng sẽ trở nên thường xuyên hơn trong những năm tới [2]. Tại Việt Nam, nhiệt độ cực đoan thường xuyên vượt ngưỡng 35°C vào mùa vụ Hè thu, gây áp lực lớn lên năng suất lúa. Nhìn chung, các giống lúa gạo được canh tác chủ yếu là các giống thuộc hai nhóm phụ *Indica* và *Japonica*. Mặc dù nhóm lúa *Indica* có khả năng chịu nhiệt tốt hơn *Japonica*, nhưng cả hai đều đang đối

mặt với thách thức lớn trước xu hướng gia tăng của các hiện tượng nhiệt độ cực đoan tại Việt Nam trong những năm qua và sắp tới.

Theo T. Matsui và cs (2005) [3] cũng như S.V.K. Jagadish và cs (2010) [4], nhiệt độ trên 35°C tại thời điểm tung phấn và kéo dài hơn một giờ có thể dẫn đến tỷ lệ bất thụ cao ở lúa. Tình trạng bất lợi do nhiệt độ cao làm tăng tỷ lệ lép hạt chủ yếu là do quá trình thụ phấn bị suy giảm và khả năng nảy mầm của hạt phấn kém. Trong cấu trúc hoa nhỏ (floret), bao phấn và hạt phấn nhạy cảm với nhiệt độ cao hơn so với noãn. Các nghiên cứu của K. Kobayashi và cs (2011) [5] và M. Farooq và cs (2011) [6] đã chỉ ra rằng, tình trạng bất thụ của hoa ở nhiệt độ trên 30°C có liên quan mật thiết đến việc suy giảm khả năng nứt bao phấn và giảm tỷ lệ nảy mầm của hạt phấn *in vivo*. Ở những bao phấn có độ nứt kém do bị tổn thương bởi nhiệt độ cao trong giai đoạn tung phấn, nghiên cứu đã ghi nhận sự sụt giảm về thể tích hạt phấn, kích thước hạt phấn và sự tích lũy tinh bột trong hạt phấn [7]. Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá sức sống hạt phấn, khả năng thụ phấn và năng suất của hai dòng lúa triển vọng TNN162 và TNN156 dưới điều kiện stress nhiệt. Đây là những dòng lúa đã được tuyển chọn dựa trên chỉ số chọn lọc đa tính trạng (MGIDI) và có tiềm năng chịu nhiệt tốt [8], hứa hẹn mang lại giải pháp thích ứng cho sản xuất lúa gạo trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Vật liệu cho nghiên cứu gồm 2 dòng lúa triển vọng TNN162 và TNN156 từ Ngân hàng gen, Đại học Cần Thơ (bảng 1). Ba giống đối chứng gồm: IR64 - nhạy cảm, N22 - chịu với nhiệt độ cao được nhập nội từ IRRI, và một dòng lúa hoang *Oryza officinalis* - chịu nóng nguồn gốc tại Việt Nam.

Bảng 1. Danh sách 2 dòng lúa triển vọng và 3 đối chứng được đánh giá trong vụ Hè thu 2025.

STT	Giống/dòng	Chỉ số MGIDI	STI	Xếp hạng	Nguồn
1	TNN162	1,61	0,91	1	Ngân hàng gen, Đại học Cần Thơ
2	TNN156	1,96	1,02	2	Ngân hàng gen, Đại học Cần Thơ
3	N22 (TH)	2,01	1	-	IRRI
4	IR64 (SH)	4,39	0,66	-	IRRI
5	<i>O. officinalis</i> (TH)	-	-	-	Việt Nam

STI: chỉ số chịu nhiệt; MGIDI: chỉ số chọn lọc đa tính trạng; TH: chống chịu nhiệt; SH: nhạy cảm với nhiệt độ.

2.2. Đánh giá kiểu hình

Nghiên cứu được bố trí kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên (Randomized Complete Block Design - RCBD) với 3 lần lặp lại, thực hiện trên các chậu cây (4 cây/chậu, 5 chậu/giống, kích thước chậu 15x20 cm). Sau 2 tuần phát triển trên khay, mạ được cấy vào chậu và chăm sóc theo quy chuẩn QCVN 01-55:2011/BNNPTNT [9] với công thức phân bón 0,31 g/chậu N - 0,44 g/chậu K₂O - 0,1 g/chậu P₂O₅. Khi bước vào giai đoạn sinh thực, các mẫu xử lý nhiệt được đưa vào nhà nilon có kiểm soát thông gió. Nhiệt độ và độ ẩm được ghi tự động 30 phút/lần bằng máy Elitech. Ngược lại, lô đối chứng được trồng trong điều kiện nhiệt độ môi trường bình thường. Tất cả thí nghiệm được thực hiện và đánh giá tại nhà lưới Đại học Cần Thơ trong vụ Hè thu năm 2025.

Phương pháp xác định khoảng thời gian tung phấn của các giống/dòng lúa từ những giờ sáng sớm nhiệt độ thấp đến khi nhiệt độ lên cao, thực hiện theo phương pháp của B. Ayyenar và cs (2023) [10] như sau: Vào thời điểm ra hoa, quan sát thời điểm bắt đầu tung phấn/ra hoa được ghi nhận ở 10 bông được gắn thẻ và số bông tung phấn ra cách nhau 30 phút cũng được tính từ 7 đến 13 giờ. Các bông lúa tung phấn ở những khoảng thời gian khác nhau được đánh dấu bằng bút có đầu nhọn màu khác nhau. Quá trình tung phấn được quan sát trong điều kiện thời tiết nắng ráo, không có mưa hoặc nhiều mây. Đối với mỗi giống lúa, dữ liệu được thu thập lặp lại trong 5 ngày liên tiếp nhằm đảm bảo tính đại diện và ổn định của kết quả. Dựa trên tổng số bông tung phấn thu thập được, nghiên cứu đã xác định tỷ lệ hoa nở và tung phấn. Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm được ghi nhận liên tục tại 6 khung giờ cố định trong ngày từ 7 đến 13 giờ với tần suất 1 giờ/lần. Trong điều kiện xử lý nhiệt cao (HT), nhiệt độ dao động từ 27 đến 40,5°C với độ ẩm trung bình đạt 66,8%. Đối với điều kiện đối chứng (NT), nhiệt độ biến thiên trong khoảng 24-33°C và độ ẩm trung bình duy trì ở mức 62,5%.

Đánh giá khả năng nảy mầm của hạt phấn *in vitro* (PG) được thực hiện theo phương pháp của S. Dai và cs (2007) [11]: Các bông lúa ở giai đoạn bắt đầu trổ (chọn các hoa chuẩn bị nở và chưa tung phấn) đã chọn được tách khỏi cây vào lúc 9-10 giờ 30 và ngâm giữ trong nước trong khi mang vào phòng thí nghiệm. Hạt phấn được thu thập bằng cách lắc nhẹ các gié hoa lên giấy trắng, sau đó gom lại một cách cẩn thận để phục vụ thí nghiệm. Hạt phấn được nuôi cấy trên lam kính chứa môi trường nảy mầm hạt phấn lỏng với thành phần như sau: 20% (w/v) sucrose, 10% (v/v) polyethylene glycol 4000, 3 mM Ca(NO₃)₂.4H₂O, 40 mg/l H₃BO₃, và 3 mg/l vitamin B1 tại các thời điểm sau khi thu hoạch và làm khô trong không khí ở nhiệt độ phòng. Các hạt phấn được nuôi cấy trong tối, sau đó được duy trì ở nhiệt độ 30°C và xử lý sốc nhiệt ở 38°C trong vòng 2 giờ bằng tủ ấm có điều khiển nhiệt độ. Sau khi xử lý nhiệt, các hạt phấn được đặt ở nhiệt độ phòng để hạt phấn phát triển thêm

2 giờ, trước khi đánh giá. Trong quá trình ủ, tất cả các mẫu được giữ trên khăn giấy ướt trong đĩa petri để duy trì độ ẩm cho mẫu. Hạt phấn được nhuộm với acetocarmine 1%, khoảng 1 phút trước khi quan sát. Số lượng hạt phấn nảy mầm được quan sát dưới kính hiển vi quang học với độ phóng đại 40X. Một hạt phấn được coi là nảy mầm khi chiều dài ống phấn lớn hơn đường kính của hạt phấn.

2.3. Các chỉ tiêu theo dõi

Các tính trạng nông học và phẩm chất được ghi nhận như: tỷ lệ thụ phấn (TLTP), tổng số hạt phấn (TSHP), số lượng hạt phấn nảy mầm (TLHPNM) và không nảy mầm (chết) (TLHPC), năng suất trên khóm (NSK) và hàm lượng amylose trong hạt theo quy trình và tiêu chuẩn của IRRI [12] như sau: tỷ lệ thụ phấn: hạt chắc và lép/bông cũng được xác định và được dùng để quy đổi thành tỷ lệ phần trăm, NS trên khóm: tổng số 5 khóm/khối được thu hoạch, phơi khô, làm sạch và đưa về độ ẩm ~14%, tổng số hạt phấn nảy mầm, số lượng hạt phấn nảy mầm và không nảy mầm (chết) được đếm trong mỗi trường nhìn với tổng số không dưới 100 hạt phấn cho mỗi dòng, với ba lần lặp lại. Tỷ lệ nảy mầm của hạt phấn được xác định bằng cách chia số lượng hạt phấn nảy mầm cho tổng số hạt phấn được quan sát bởi O. Coast và cs (2015) [13]. Hàm lượng amylose (AC) hay phần trăm amylose trong hạt gạo được xác định bằng phương pháp sinh hóa của B.O. Juliano (1971) [14].

2.4. Phân tích số liệu

Các thông số thống kê mô tả, phân tích phương sai (ANOVA) hai nhân tố và hệ số di truyền theo nghĩa rộng (H_{bs}^2) đối với các tính trạng nông học được thực hiện thông qua phần mềm Agricolae F.De. Mendiburu (2023) [15] trong môi trường R. Mô hình phân tích phương sai cho thí nghiệm hai nhân tố, bố trí theo kiểu khối ngẫu nhiên đầy đủ (RCBD), được xác định theo công thức sau:

$$H_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + m_{kj} + n_{ojk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (1)$$

trong đó: μ là trung bình chung, α_i là hiệu ứng của kiểu gen thứ I, β_j là hiệu ứng của mùa thứ j, m_{kj} là hiệu ứng của lần lặp thứ k trong nghiệm thức thứ j, n_{ojk} là hiệu ứng của khối thứ o trong nghiệm thức thứ j của lần lặp thứ k và ε_{ijkl} là sai số. Các kiểu gen được coi là cố định trong khi các lần lặp và các khối trong lần lặp được coi là ngẫu nhiên.

Mối tương quan giữa các tính trạng nông học được xác định thông qua hệ số tương quan Pearson bằng gói phần mềm metan của T. Olivoto và cs (2020) [16]. Hệ số di truyền theo nghĩa rộng (H_{bs}^2) cho mỗi tính trạng được tính theo công thức sau:

$$H_{bs}^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2} \text{ và } \delta_p^2 = \delta_g^2 + \frac{\delta_e^2}{r} \quad (2)$$

trong đó: δ_g^2 là phương sai do kiểu gen; δ_p^2 là phương sai do kiểu hình; δ_e^2 là phương sai do môi trường và r là số lần lặp lại.

Tất cả các gói phân tích dữ liệu nêu trên được xử lý và phân tích trên nền tảng ngôn ngữ của R Core Team (2021) [17].

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Khác biệt kiểu hình của các tính trạng dưới 2 điều kiện

Kết quả đánh giá 2 dòng TNN162 và TNN156 về 6 tính trạng liên quan đến hạt phân, năng suất và phẩm chất hạt dưới điều kiện nhiệt độ cao vụ Hè thu 2025 được thể hiện trong bảng 2. Hệ số biến thiên (CV) và hệ số di truyền theo nghĩa rộng (H_{bs}^2) đại diện cho biến thiên thực tế thí nghiệm. Thêm vào đó, phân tích thống kê khác biệt giữa các giống/dòng (G), giữa 2 môi trường (E), và tương tác giữa GxE cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa ít nhất ở $p \leq 0,05$ trên tất cả yếu tố tương tác. Các mức ý nghĩa này cho thấy rằng giống/dòng, môi trường xử lý nhiệt độ cao, không xử lý nhiệt, và tương tác của giống/dòng và môi trường đều đóng vai trò quan trọng trong việc ảnh hưởng đến hầu hết các thông số được đánh giá. Đối với hàm lượng amylose, hầu hết các giống/dòng đều cho thấy sự giảm nhẹ dưới điều kiện nhiệt độ cao so với đối chứng. TNN162 và TNN156 giảm từ 18,12 xuống 17,6% và 19,34 xuống 17,88%, tương tự N22 từ 27,2 xuống 24,4%. Tỷ lệ thụ phấn và số lượng hạt phân nảy mầm nhìn chung giảm dưới điều kiện nhiệt độ cao cho thấy tác động tiềm ẩn, TNN162 giảm từ 85,3 xuống 76,2% và TNN156 giảm từ 90,2 xuống 74,3%. Tổng số hạt phân cho thấy xu hướng tương tự với một số giống như TNN162 trải qua sự giảm, đặc biệt IR64 giảm đáng kể (65,2 xuống 27,4% và 80,6 xuống 45,1%) dưới điều kiện nhiệt độ cao. Cùng với xu hướng của tính trạng phẩm chất và liên quan đến năng suất, năng suất trên khóm giảm nhất quán dưới điều kiện nhiệt độ cao cho tất cả các giống/dòng. Năng suất trên khóm của TNN162 giảm từ 28,76 xuống 20,45 g, TNN156 giảm 30,2 xuống 19,45 g so với IR64 giảm đáng kể hơn từ 27,45 xuống 13,4 g. Nghiên cứu đã cho thấy nhiệt độ cao gây ra sự thay đổi và có ý nghĩa thống kê. Sự khác biệt giữa các dòng triển vọng (TNN) và dòng đối chứng mẫn cảm (IR64) là đủ lớn để cho thấy TNN162 và TNN156 có ưu thế về khả năng chịu nhiệt độ cao.

Bảng 2. Hệ số di truyền H^2_{bs} , CV, và phân tích ANOVA cho các tính trạng của 2 giống/dòng và 3 đối chứng dưới điều kiện đối chứng và xử lý nhiệt độ cao.

STT	Tên giống	AC (%)		TLTP (%)		TSHP (%)		TLHPNM (%)		TLHPC (%)		NSK (g)	
		NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS
1	TNN162	18,12	17,6	85,3	76,2	68,1	50,3	82,2	71,7	10,1	15,1	28,76	20,45
2	TNN156	19,34	17,88	90,2	74,3	72,3	52,2	79,7	68,4	12,3	18,2	30,2	19,45
Đ/C	N22 (TH)	27,2	24,4	90,2	82,4	75,8	70,2	85,1	76,8	11,2	14,2	25,78	20,3
Đ/C	IR64 (SH)	21,3	20,5	86,7	38,6	65,2	27,4	80,6	45,1	15,5	65,1	27,45	13,4
Đ/C	<i>O. officinalis</i> (TH)	-	20,4	91,3	85,1	82,1	68,4	88,3	65,7	13,3	23,4	-	-
CV (%)		15,6		18,7		19,1		16,3		20,1		23,2	
H^2_{bs} (%)			0,9		0,72		0,85		0,7		0,51		0,75
Giống/Dòng (G)			*		***		***		***		**		***
Môi trường(E)			***		***		***		***		**		*
Tương tác GxE			***		***		***		***		***		***

Đ/C: đối chứng; TH: chống chịu nhiệt; SH: nhạy cảm với nhiệt độ; NS: Không xử lý nhiệt; HS: Xử lý nhiệt độ cao; H^2_{bs} : hệ số di truyền theo nghĩa rộng, CV: hệ số biến thiên của số liệu. AC: hàm lượng amylose; TLTP: tỷ lệ thụ phấn; TSHP: tổng số hạt phấn; TLHPNM: số lượng hạt phấn nảy mầm; TLHPC: số lượng hạt phấn không nảy mầm (chết); NSK: năng suất trên khóm. *: Có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; **: có ý nghĩa ở mức 1%; ***: có ý nghĩa thống kê ở mức 0,1%; ns: không ý nghĩa.

3.2. Phân tích hệ số tương quan Pearson của các tính trạng dưới hai điều kiện

Kết quả phân tích hệ số tương quan Pearson cho thấy, hàm lượng amylose có mối tương quan dương trung bình và rất có ý nghĩa với tổng số hạt phấn ($r^2=0,5^{***}$), và mối tương quan dương yếu hơn nhưng có ý nghĩa với số lượng hạt phấn nảy mầm ($r^2=0,39^*$) (bảng 3). Tuy nhiên, hàm lượng amylose không có mối tương quan có ý nghĩa với các tính trạng còn lại như: tỷ lệ thụ phấn, số lượng hạt phấn không nảy mầm (chết) và năng suất trên khóm. Nhưng 3 tính trạng này, tỷ lệ thụ phấn, tổng số hạt phấn và số lượng hạt phấn nảy mầm có mối tương quan mạnh mẽ và dương với nhau (TLTP - TSHP: $r^2=0,9^{***}$; TLTP - TLHPNM: $r^2=0,92^{***}$; TSHP - TLHPNM: $r^2=0,86^{***}$), điều này cho thấy các tính trạng liên quan và xu hướng biến đổi theo cùng một hướng tạo điều kiện thuận lợi trong

việc lựa chọn đa tính trạng. Ngược lại, số lượng hạt phần không nảy mầm (chết) cho thấy mối tương quan âm và ý nghĩa với tỷ lệ thụ phấn ($r^2=-0,94^{***}$), tổng số hạt phần ($r^2=-0,79^{***}$), và số lượng hạt phần nảy mầm ($r^2=-0,9^{***}$), ngụ ý rằng khi một yếu tố tăng lên thì yếu tố kia có xu hướng giảm đáng kể, do đó cần phải chú ý nhiều hơn trong đánh giá và tuyển chọn thế hệ sau. Đối với tính quan trọng như năng suất trên khóm cho thấy mối tương quan dương và có ý nghĩa với tỷ lệ thụ phấn ($r^2=0,18^{***}$) và số lượng hạt phần nảy mầm ($r^2=0,3^{***}$), nhưng lại có mối tương quan âm và có ý nghĩa với tổng số hạt phần ($r^2=-0,02^{***}$) và số lượng hạt phần không nảy mầm (chết) ($r^2=-0,34^{***}$). Các mối tương quan có ý nghĩa cao được xác định trong nghiên cứu có thể làm nổi bật sự phụ thuộc lẫn nhau giữa các tính trạng, có thể đóng vai trò then chốt trong việc hiểu và cải thiện đồng thời nhiều tính trạng số lượng trong xu hướng chọn giống ngày nay.

Bảng 3. Hệ số tương quan Pearson (r^2) và giá trị ý nghĩa (p) cho các tính trạng trong hai điều kiện.

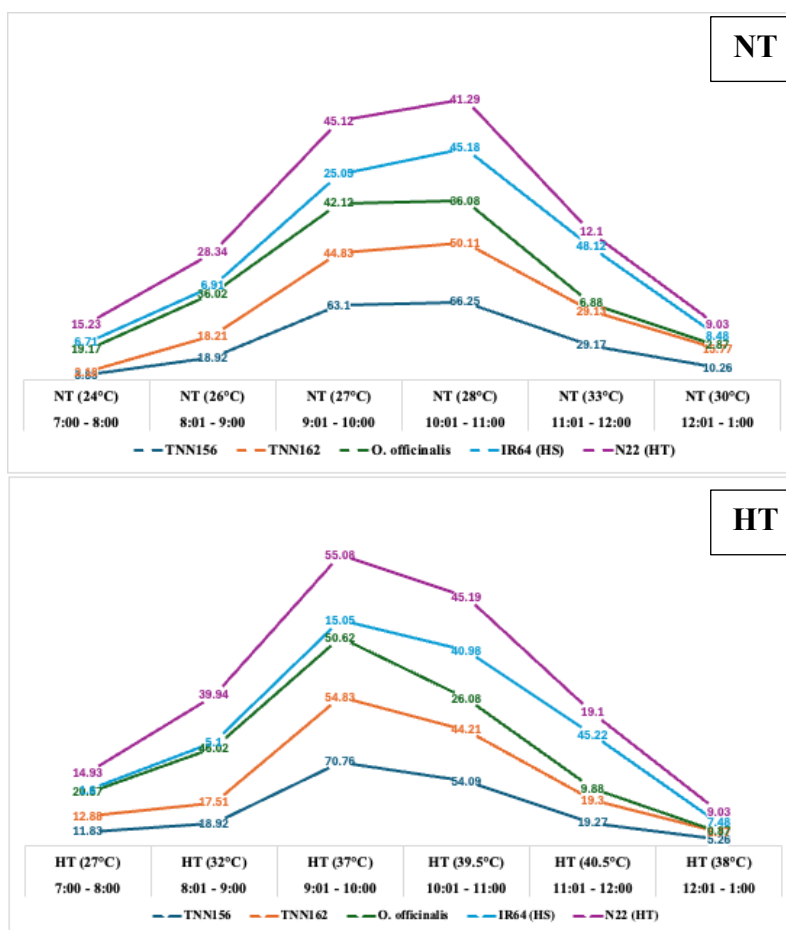
Tính trạng	AC (%)	TLTP (%)	TSHP (%)	TLHPNM (%)	TLHPC (%)	NSK (g/khóm)
AC	1	0,29ns	0,5***	0,39*	-0,13ns	-0,19ns
TLTP	0,29ns	1	0,9***	0,92***	-0,94***	0,18***
TSHP	0,5***	0,9***	1	0,86***	-0,79***	-0,02***
TLHPNM	0,39*	0,92***	0,86***	1	-0,9***	0,3***
TLHPC	-0,13ns	-0,94***	-0,79***	-0,9***	1	-0,34***
NSK	-0,19ns	0,18***	-0,02***	0,3***	-0,34***	1

*: có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; **: có ý nghĩa ở mức 1%; ***: có ý nghĩa thống kê ở mức 0,1%. ns: không ý nghĩa. AC: hàm lượng amylose; TLTP: tỷ lệ thụ phấn; TSHP: tổng số hạt phần; TLHPNM: số lượng hạt phần nảy mầm; TLHPC: số lượng hạt phần không nảy mầm (chết); NKS: năng suất trên khóm.

3.3. Quá trình tự điều chỉnh tung phần ở hai dòng lúa TNN156 và TNN162 dưới hai điều kiện nhiệt độ

Sự dịch chuyển đỉnh tung phần đối với hai dòng triển vọng TNN156 và TNN162 (hình 1), trong điều kiện bình thường (NT), tung phần rõ nhất vào khung giờ 10 giờ 1 phút - 11 giờ (lần lượt là 66,25 và 50,11%). Tuy nhiên, khi chịu stress nhiệt (HT), đỉnh tung phần đã dịch chuyển sớm hơn 1 giờ, rơi vào khung 9 giờ 1 phút - 10 giờ với tỷ lệ tung phần tăng cao (70,76 và 54,83%). Việc tung phần sớm giúp các dòng TNN hoàn thành quá trình thụ

phần trước khi nhiệt độ đạt mức vượt ngưỡng (trên 35°C) thường xảy ra sau 11 giờ. Ngược lại, giống nhạy cảm IR64 có xu hướng tung phần muộn, đạt đỉnh vào khung giờ 11 giờ 1 phút - 12 giờ (45,22% trong điều kiện HT), thời điểm mà nhiệt độ có thể lên tới 40,5°C, dẫn đến tỷ lệ bất thụ cao. Giống lúa hoang *O. officinalis* thể hiện đặc tính tung phần sớm nhất, bắt đầu ngay từ 7 giờ và đạt đỉnh từ 8 giờ 1 phút - 10 giờ trong cả hai điều kiện. Sự tương đồng trong việc đẩy sớm thời gian tung phần của TNN156 và TNN162 dưới điều kiện nhiệt so với *O. officinalis* là minh chứng cho khả năng né tránh nhiệt độ hiệu quả, giúp duy trì sức sống hạt phần và ổn định năng suất.



Hình 1. Biểu đồ quá trình tung phần (%) theo các khung giờ và nhiệt độ tương ứng của các giống/dòng lúa dưới điều kiện xử lý nhiệt độ cao (HT) và không xử lý nhiệt độ cao (NT).

Sự miễn cảm của cây lúa với nhiệt độ cao trong giai đoạn tung phần thường liên quan đến tiến trình tung phần. Ở hầu hết các giống lúa phổ biến, bông lúa thường tung phần từ khoảng 8 giờ 30 phút - 9 giờ đến 13 giờ 30 phút - 14 giờ, đạt đỉnh điểm vào khoảng 11 giờ 30 phút - 12 giờ. Những bông lúa tung phần sau 11 giờ thường phải đối mặt với nhiệt độ

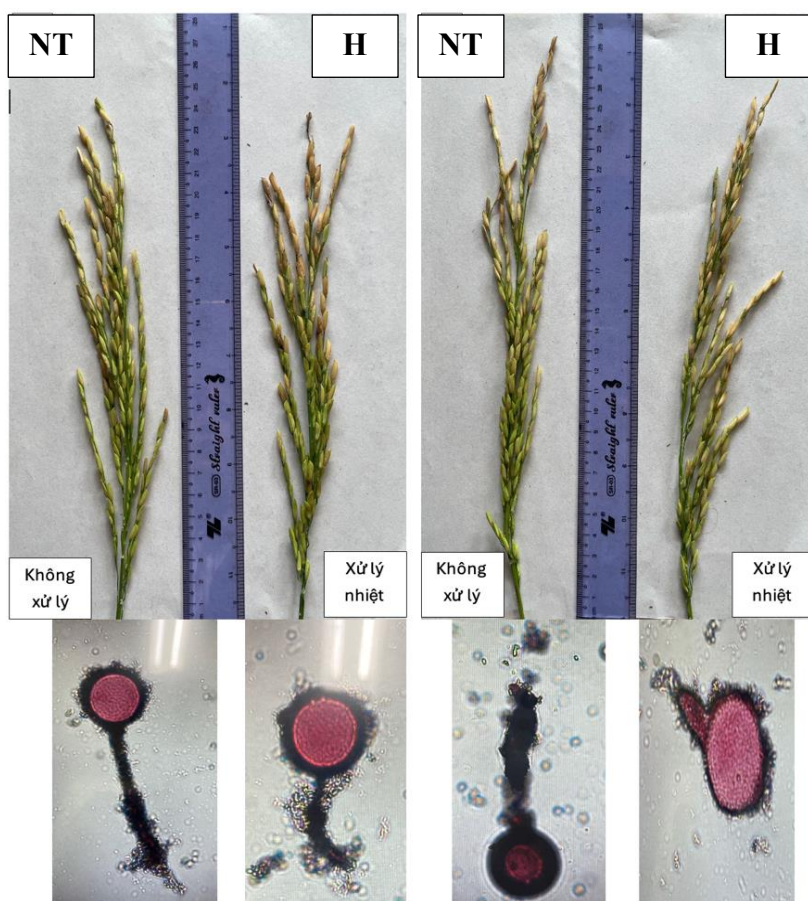
cao, dẫn đến tỷ lệ hạt phấn bắt thụ tăng đáng kể theo nghiên cứu của B. Ayyenar và cs (2023) [10]. Tuy nhiên, khung thời gian này có thể thay đổi tùy thuộc vào từng vùng khí hậu. Nghiên cứu này đã đánh giá tác động của nhiệt độ cao đến quá trình tung phấn ở hai dòng lúa triển vọng là TNN156 và TNN162. Kết quả cho thấy cả hai dòng này đều có kiểu tung phấn khác biệt dưới điều kiện xử lý nhiệt so với điều kiện không xử lý. Kết quả cho thấy TNN156, TNN162, IR64 và N22 đều bắt đầu tung phấn trong khoảng 8-9 giờ ở cả hai điều kiện (hình 2). Điểm khác biệt đáng chú ý là thời điểm tung phấn đạt đỉnh: dưới điều kiện xử lý nhiệt, quá trình tung phấn đạt đỉnh sớm hơn, vào khoảng 9-10 giờ. Ngược lại, dưới điều kiện không xử lý nhiệt, tung phấn đạt đỉnh muộn hơn và kéo dài sau 10 giờ. Đặc biệt, đối với giống lúa hoang *O. officinalis*, thời điểm tung phấn bắt đầu sớm hơn đáng kể, từ 6-8 giờ trong cả hai điều kiện. Khi xử lý nhiệt, thời gian tung phấn đạt đỉnh của *O. officinalis* cũng sớm hơn rõ rệt (khoảng 8-9 giờ) so với điều kiện không xử lý nhiệt (khoảng 8 giờ 30 phút - 9 giờ 30 phút). Điều này củng cố các nghiên cứu trước đây về ảnh hưởng của gen *qEMF3* liên quan đến tung phấn sớm có nguồn gốc từ *O. officinalis* [18]. Các nghiên cứu gần đây cũng chỉ ra rằng vùng gen *qEMF3* có thể làm thời gian tung phấn (FOT) sớm hơn 1,5-2,0 giờ trong cả mùa mưa và mùa khô. Các nghiên cứu của B. Ayyenar và cs (2023) [10], H. Hirabayashi và cs (2015) [18] và R. Bheemanahalli và cs (2017) [19] đều chỉ ra rằng, giống IR64 mang *qEMF3* có thời gian tung phấn sớm và tỷ lệ bắt thụ thấp. Do đó, việc hai dòng TNN156 và TNN162 sở hữu đặc điểm tung phấn đạt đỉnh sớm vào khoảng 10 giờ (sớm hơn 1 giờ so với điều kiện không xử lý) là một lợi thế quan trọng. Điều này giúp cây né tránh được nhiệt độ cao trong khoảng thời gian giữa trưa, từ đó giảm tỷ lệ hạt phấn bắt thụ và tăng khả năng nảy mầm của hạt phấn (bảng 2, hình 2).



Hình 2. Hình ảnh quá trình tung phấn và đạt đỉnh cao nhất của: TNN156, TNN162, IR64, N22 và *O. officinalis*. NT: Không xử lý nhiệt; HT: Xử lý nhiệt.

3.4. Tác động của nhiệt độ cao đến sức sống hạt phân

Hình ảnh quan sát thực tế cho thấy sự khác biệt rõ rệt về hình thái và sinh lý của cây lúa khi chịu tác động của stress nhiệt độ cao (hình 3). Trong điều kiện xử lý nhiệt, bông lúa có xu hướng bị khô đầu bông, màu sắc hạt kém tươi sáng hơn so với mẫu không xử lý, minh chứng cho việc nhiệt độ cao làm suy giảm các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất hạt. Trong điều kiện bình thường, hạt phân thể hiện sức sống mạnh mẽ với ống phấn dài, khỏe. Tuy nhiên, dưới tác động của nhiệt độ cao, hạt phân bị biến dạng hoặc ống phấn kém phát triển, dẫn đến tỷ lệ nảy mầm sụt giảm nghiêm trọng. Mặc dù nhiệt độ cao tác động tiêu cực lên tất cả các dòng, nhưng hai dòng triển vọng TNN162 và TNN156 vẫn duy trì được tỷ lệ nảy mầm hạt phân ổn định hơn (71,7 và 68,4%) so với mức giảm sâu của giống đối chứng nhạy cảm IR64 (45,1%) (bảng 2).



Hình 3. So sánh về bông lúa và sự nảy mầm của hạt phân của TNN156 và TNN162.
NT: Không xử lý nhiệt; HT: Xử lý nhiệt. Độ phóng đại 40X.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ cao gây tác động tiêu cực đến sức sống hạt phấn và năng suất của các dòng lúa. Tuy nhiên, hai dòng lúa triển vọng TNN162 và TNN156 thể hiện khả năng chịu nhiệt vượt trội hơn nhờ vào quá trình né tránh nhiệt độ cao thông qua việc thúc đẩy sớm thời điểm tung phấn (đạt đỉnh điểm vào khoảng 9 đến 10 giờ sáng). Đặc tính di truyền quý giá này giúp duy trì tỷ lệ hạt phấn nảy mầm và năng suất ổn định. Do đó, TNN162 và TNN156 có thể trở thành nguồn vật liệu quan trọng, mang gen chịu nhiệt độ cao phục vụ cho công tác lai tạo giống lúa thích ứng với biến đổi khí hậu tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Peng, J. Huang, J.E. Sheehy, et al. (2004), “Rice yields decline with higher night temperature from global warming”, *The Proceedings of The National Academy of Sciences*, **101(27)**, DOI: 10.1073/pnas.0403720101.
- [2] S. Peraudeau, T. Lafarge, S. Roques, et al. (2015), “Effect of carbohydrates and night temperature on night respiration in rice”, *Journal of Experimental Botany*, **66(13)**, pp.3931-3944, DOI: 10.1093/jxb/erv193.
- [3] T. Matsui, K. Kobayasi, H. Kagata, et al. (2005), “Correlation between viability of pollination and length of basal dehiscence of the theca in rice under a hot-and-humid condition”, *Plant Production Science*, **8**, pp.109-114, DOI: 10.1626/pp.8.109.
- [4] S.V.K. Jagadish, R. Muthurajan, R. Oane, et al. (2010), “Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.)”, *Journal of Experimental Botany*, **61(1)**, pp.143-156, DOI: 10.1093/jxb/erp289.
- [5] K. Kobayashi, T. Matsui, Y. Murata, et al. (2011), “Percentage of dehisced thecae and length of dehiscence control pollination stability of rice cultivars at high temperatures”, *Plant Production Science*, **14(2)**, pp.89-95, DOI: 10.1626/pp.14.89.
- [6] M. Farooq, H. Bramley, J. A. Palta, et al. (2011), “Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases”, *Critical Reviews in Plant Sciences*, **30(6)**, pp.491-507, DOI: 10.1080/07352689.2011.615687.
- [7] N. Kumar, N. Kumar, A. Shukla, et al. (2015), “Impact of terminal heat stress on pollen viability and yield attributes of rice (*Oryza sativa* L.)”, *Cereal Research Communications*, **43**, pp.616-626, DOI: 10.1556/0806.43.2015.023.
- [8] C.T. Nha, N.L. Hien, P.T.B. Tu, et al. (2025), “Effect of high temperature on the reproductive growth of rice varieties/lines”, *Journal of Vietnam Agricultural Science and Technology*, **6(166)** (in Vietnamese).

[9] Ministry of Agriculture and Rural Development (2011), *QCVN 01-55:2011/BNNPTNT, National Technical Standards on Surveying The Cultivation Value and Use of Rice Varieties* (in Vietnamese).

[10] B. Ayyenar, R. Kambale, S. Duraialagaraja, et al. (2023), “Developing early morning flowering version of rice variety CO51 to mitigate the heat-induced yield loss”, *Agriculture*, **13(3)**, DOI: 10.3390/agriculture13030553.

[11] S. Dai, T. Chen, K. Chong, et al. (2007), “Proteomics identification of differentially expressed proteins associated with pollen germination and tube growth reveals characteristics of germinated *Oryza sativa* pollen”, *Molecular and Cellular Proteomics*, **6**, pp.207-230, DOI: 10.1074/mcp.M600146-MCP200.

[12] Standard Evaluation System for Rice (2013), *International Rice Research Institute (IRRI)*, <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/rice-standard-evaluation-system.pdf>, accessed 2 February 2025.

[13] O. Coast, A.J. Murdoch, R.H. Ellis, et al. (2015), “Resilience of rice (*Oryza spp.*) pollen germination and tube growth to temperature stress”, *Plant, Cell & Environment*, **39(1)**, pp.26-37, DOI: 10.1111/pce.12475.

[14] B.O. Juliano (1971), “A simplified assay for milled-rice amylose”, *Cereal Science Today*, **16**, pp.334-340.

[15] F.De. Mendiburu (2023), “Agricolae: Statistical procedures for agricultural research”, *R- Project*, DOI: 10.32614/CRAN.package.agricolae.

[16] T. Olivoto, A.D. Lúcio (2020), “Metan: An R package for multi-environment trial analysis”, *Methods in Ecology and Evolution*, **11(6)**, pp.783-789, DOI: 10.1111/2041-210X.13384.

[17] R Core Team (2021), “R: A language and environment for statistical computing”, *R Foundation for Statistical Computing*, <https://www.R-project.org>, accessed 5 February 2025.

[18] H. Hirabayashi, K. Sasaki, T. Kambe, et al. (2015) “qEMF3, a novel QTL for the early-morning flowering trait from wild rice, *Oryza officinalis*, to mitigate heat stress damage at flowering in rice, *O. sativa*”, *Journal of Experimental Botany*, **66(5)**, pp.1227-1236, DOI: 10.1093/jxb/eru474.

[19] R. Bheemanahalli, R. Sathishraj, M. Manoharan, et al. (2017), “Is early morning flowering an effective trait to minimize heat stress damage during flowering in rice?”, *Field Crops Research*, **203**, pp.238-242, DOI: 10.1016/j.fcr.2016.11.011.