

Bài báo nghiên cứu

ẢNH HƯỞNG CỦA GIBBERELLIC ACID LÊN SỰ SINH TRƯỞNG CỦA GIỐNG LÚA ST25 (*Oryza sativa* L.) TRONG ĐIỀU KIỆN STRESS HẠN *IN VITRO*

*Luong Thị Lệ Thơ**, *Bùi Thị Lan*, *Đỗ Thị Tuyết Hoa*,
Phạm Lê Như Anh, *Lê Phương Thoa*, *Lưu Tăng Phúc Khang*

Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

**Tác giả liên hệ: Luong Thị Lệ Thơ – Email: tholt@hcmue.edu.vn*

Ngày nhận bài: 06-8-2023; ngày nhận bài sửa: 16-10-2023; ngày duyệt đăng: 22-11-2023

TÓM TẮT

Lúa là một trong các loại cây lương thực phổ biến nhất trên thế giới, đặc biệt ở khu vực Châu Á. Trong đó, giống Lúa gạo thơm Sóc Trăng ST25 là giống Lúa đạt danh hiệu “Gạo ngon nhất thế giới”. Hiện nay, tình hình hạn hán đã và đang trở thành mối đe dọa lớn đối với người nông dân trên toàn cầu. Nghiên cứu tiến hành khảo sát ảnh hưởng của gibberellic acid ở các nồng độ khác nhau (0; 0,1; 0,3 và 0,5 mg/L) lên một số chỉ tiêu (sinh trưởng, sinh lí, sinh hóa) của giống Lúa ST25 trong điều kiện stress hạn trong điều kiện nuôi cấy *in vitro*. Kết quả cho thấy, môi trường nuôi cấy có bổ sung gibberellic acid làm cải thiện quá trình nảy mầm và sinh trưởng của giống Lúa ST25. Trong đó, môi trường nuôi cấy có bổ sung gibberellic acid 0,3 mg/L cải thiện tỉ lệ nảy mầm và khả năng sinh trưởng của cây Lúa tốt nhất.

Từ khóa: gibberellic acid; sinh hóa; stress hạn; *in vitro*; sinh lí; Lúa

1. Giới thiệu

Lúa gạo (*Oryza sativa* L.) là cây lương thực quan trọng và có ý nghĩa trong an ninh lương thực (Hoang, 2016). Nguồn lương thực chính cung cấp cho nhu cầu trong nước và xuất khẩu ở Việt Nam là Lúa gạo (Vietnam Food Association, 2021). Với chất lượng gạo ngon, thời gian sinh trưởng ngắn, có khả năng kháng sâu bệnh cao... giống Lúa gạo thơm Sóc Trăng ST25 được trao giải “Gạo ngon nhất thế giới” tại Phillippines và tiếp tục nhận giải vào năm 2020 tại Mỹ (Hoang, 2021).

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đã trải qua các đợt hạn hán nghiêm trọng nhất trong vòng 100 năm qua (Open Development Vietnam, 2020). Nguyên nhân là do mùa khô bị kéo dài vì biến đổi khí hậu, dẫn đến lượng nước từ dòng chính của sông Mekong chảy về đồng bằng giảm, hậu quả là thiếu nước ngọt và tăng độ mặn (Nguyen & Degenhardt, 2021).

Cite this article as: Luong Thi Le Tho, Bui Thi Lan, Do Thi Tuyet Hoa, Pham Le Nhu Anh, Le Phuong Thoa, & Luu Tang Phuc Khang (2023). Effects of gibberellic acid on growth performance of ST25 rice under *in vitro* drought stress. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 20(12), 2139-2153.

Bên cạnh đó, tình trạng hạn kéo dài và độ mặn tăng (0,5-2 ‰) làm giảm năng suất Lúa (Espagne et al., 2021). Hạn hán làm tổn thương các sắc tố quang hợp, giảm sự mở rộng của lá, tỉ lệ trao đổi khí, hoạt động của enzyme và do đó làm giảm tốc độ quang hợp dẫn đến giảm năng suất và sinh khối của thực vật (Hassan et al., 2020). Ngoài ra, khi bị stress hạn, cây tạo ra các loại oxy phản ứng (ROS), dẫn đến sự rối loạn chức năng màng do quá trình peroxy hóa lipid (Franco, 2011). Vì thế, các giải pháp ứng phó với stress hạn là rất cần thiết trong canh tác Lúa.

Chất điều hòa sinh trưởng thực vật giúp điều hòa quá trình sinh trưởng và phát triển của cây. Trong đó, gibberellic acid (GA_3) là thành phần quan trọng giúp tăng chiều cao của cây nhờ thúc đẩy hoạt động của các gene liên quan đến quá trình giãn thành tế bào, kích thích sự sinh trưởng của thực vật (Omena-Garcia et al., 2019). Bên cạnh đó, GA_3 còn giúp tăng trưởng lá, kích thích sự kéo dài tế bào, kéo dài lông, kiểm soát quá trình sinh tổng hợp, vận chuyển, truyền tín hiệu. GA_3 cải thiện hàm lượng diệp lục, kích thích khí khổng và quá trình tự hủy của lục lạp, củng cố thành tế bào, giảm stress oxy hóa và tích tụ chất thâm thối, nhờ đó cây chống chịu với các stress do môi trường tạo ra (Bui, 2002). GA_3 có khả năng cải thiện sự phát triển của cây trồng dưới tác động của stress bằng cách tăng hàm lượng proline và thúc đẩy sự hoạt động của các enzyme chống oxy hóa (Simova-Stoilova, 2008).

Ảnh hưởng của GA_3 lên sự sinh trưởng của giống lúa ST25 (*Oryza Sativa* L.) trong điều kiện stress hạn *in vitro* được khảo sát trong nghiên cứu này nhằm xác định được nồng độ GA_3 bổ sung phù hợp để giảm thiệt hại cho cây Lúa trong điều kiện hạn; cung cấp cơ sở khoa học cho định hướng áp dụng trong quy trình canh tác Lúa cao sản ở những vùng đất hạn.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Giống Lúa ST25 được cung cấp bởi Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền Nam.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp khảo sát ảnh hưởng của GA_3 đến khả năng nảy mầm và sinh trưởng của Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) trong điều kiện nuôi cấy *in vitro*

Sau khi bóc vỏ trấu, hạt Lúa ST25 được rửa bằng xà phòng loãng và nước cất. Tiếp tục đưa hạt Lúa đã rửa vào tủ cấy để khử trùng bằng dung dịch $HgCl_2$ nồng độ 0,1 % trong 3 phút (Luong & Vo, 2022). Cây hạt đã khử trùng trên môi trường MS (Murashige & Skoog, 1962) được bổ sung mannitol 50 g/L (Luong & Dinh, 2023) và GA_3 ở các nồng độ khác nhau 0 (đối chứng hạn); 0,1; 0,3 và 0,5 mg/L. Sau 7, 14 và 21 ngày theo dõi các chỉ tiêu:

- Tỉ lệ nảy mầm: (số hạt nảy mầm/tổng số hạt) *100.
- Chiều cao cây: đo từ bề mặt thạch đến đỉnh ngọn của cây bằng đơn vị cm.
- Số lá: thống kê số lượng tại ngày 7, 14 và 21 sau khi cấy.
- Chiều dài lá thứ 3: đo từ gốc lá tới ngọn lá bằng đơn vị cm.
- Chiều rộng lá thứ 3: đo theo chiều ngang ở giữa lá tại vị trí có kích thước lớn nhất bằng đơn vị cm.

- Diện tích lá thứ 3: chiều dài lá x chiều rộng lá x hệ số hiệu chỉnh (0,75) (Wang et al., 2007).
- Số rễ: thống kê số lượng tại ngày 7, 14 và 21 sau khi cấy.
- Chiều dài rễ: đo từ gốc đến đỉnh rễ của rễ dài nhất bằng đơn vị cm.
- Sinh khối tươi, sinh khối khô: sinh khối tươi được xác định bằng cách cân cây Lúa nuôi cấy trong điều kiện *in vitro* ở các nghiệm thức ngay sau khi lấy ra khỏi ống nghiệm. Sau đó, xác định sinh khối khô bằng cách sấy mẫu trong 2 giờ ở 90°C đến khi trọng lượng không đổi.
- Cường độ quang hợp ($\mu\text{molO}_2/\text{dm}^2/\text{giờ}$) của lá thứ 3 được xác định bằng điện cực oxygen dựa trên hàm lượng oxygen tăng lên ở mức 2000 lux trong buồng đo (LeafLab2, Hansatech) theo thời gian, ở 25°C.
- Hàm lượng proline: proline có trong cây và lá được li trích, thực hiện phản ứng màu, đo mật độ quang ở $\lambda = 520 \text{ nm}$ và xác định hàm lượng nhờ so sánh với đường chuẩn proline theo phương pháp của Paquin và Lechasseur (Paquin & Lechasseur, 1979).
- Chỉ số cuộn lá: chiều rộng của lá thứ 3 của cây Lúa được đo ở trạng thái tự nhiên (Ln) hoặc trạng thái mở (Lw). LRI được tính là $\text{LRI} = (\text{Lw} - \text{Ln})/\text{Lw}$ (Zhang et al., 2009).
- Các biến đổi tế bào học trong quá trình sinh trưởng được theo dõi bằng phương pháp giải phẫu, nhuộm kép tiến hành theo quy trình của Tran (1981). Kính hiển vi quang học được kết nối với hình ảnh máy phân tích và phần mềm S-EYE được sử dụng để đo các thông số của khí mô lá (chiều dài, chiều rộng). Các đo lường chiều dài và chiều rộng của hai trục được thực hiện bằng các kéo dài thước đo tại vị trí dài nhất của trục (Liang et al., 2007). Công thức diện tích hình elip $S = \pi . a . b$ (với a là chiều dài (trục dọc), b là chiều rộng (trục ngang) được áp dụng để tính thể tích của khí mô.

Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, 15 ống nghiệm được tiến hành trên một nghiệm thức, mỗi ống nghiệm cấy 1 hạt Lúa.

2.2.2. Điều kiện nuôi cấy

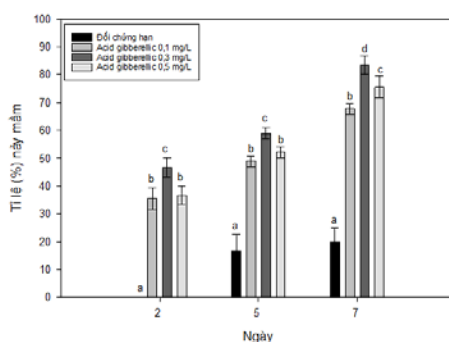
Tất cả các nghiệm thức nuôi cấy đều được thực hiện ở điều kiện chiếu sáng $2500 \pm 500 \text{ lux}$, độ ẩm $60\% \pm 5\%$ và nhiệt độ $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ trong 12 giờ mỗi ngày.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các thuật toán xác suất thống kê đã được sử dụng để xử lý tất cả số liệu của nghiên cứu bằng phần mềm phân mềm SPSS 26.0. Phân tích phương sai một yếu tố, còn được gọi là ONEWAY ANOVA, được sử dụng để kiểm định sự sai khác có ý nghĩa giữa các nghiệm thức với mức ý nghĩa là 0,05 ($p < 0,05$ thì sự sai khác có ý nghĩa thống kê).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của GA_3 đến khả năng nảy mầm của hạt Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)



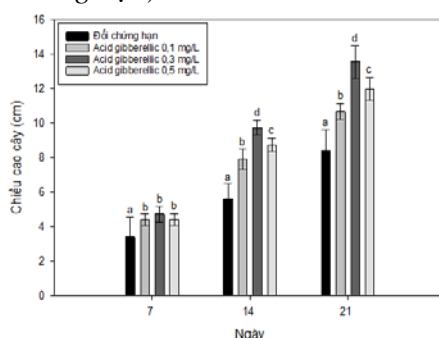
Hình 1. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến khả năng nảy mầm của hạt Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 7 ngày nuôi cấy

Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về tỉ lệ nảy mầm ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả thu được sau 7 ngày nuôi cấy, khả năng nảy mầm của hạt Lúa đều được cải thiện đáng kể ở tất cả các nghiệm thức bổ sung GA₃ với các nồng độ khác nhau được thể hiện qua tỉ lệ nảy mầm đạt từ 67,78 %-83,33% (Hình 1). Trong đó, tỉ lệ nảy mầm cao nhất ở nghiệm thức được bổ sung GA₃ với nồng độ 0,3 mg/L (Hình 1). GA₃ có vai trò quan trọng trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây, làm tăng khả năng hấp thụ nước giúp enzyme amylase được kích thích hoạt động, phân hủy tinh bột thành đường, thúc đẩy quá trình nảy mầm của hạt (Bui, 2002), làm tăng tỉ lệ nảy mầm của hạt dưới điều kiện stress hạn (Mahadi et al., 2020). Theo nghiên cứu của Linkies và Leubner-Metzger (2012) cho rằng GA₃ còn thúc đẩy quá trình tổng hợp protein tái cấu trúc thành tế bào, điều hòa sự phát triển của phôi và nội nhũ suy yếu trong quá trình hạt nảy mầm. Vì vậy, GA₃ cao thúc đẩy quá trình tổng hợp α -amylase và protein của thành tế bào, có thể là nguyên nhân chính khiến hạt nảy mầm và đẩy nhanh quá trình xuất hiện cây con ở Lúa trong điều kiện stress hạn hán (Li et al., 2019).

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên các chỉ tiêu sinh trưởng của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

3.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên chiều cao cây của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)



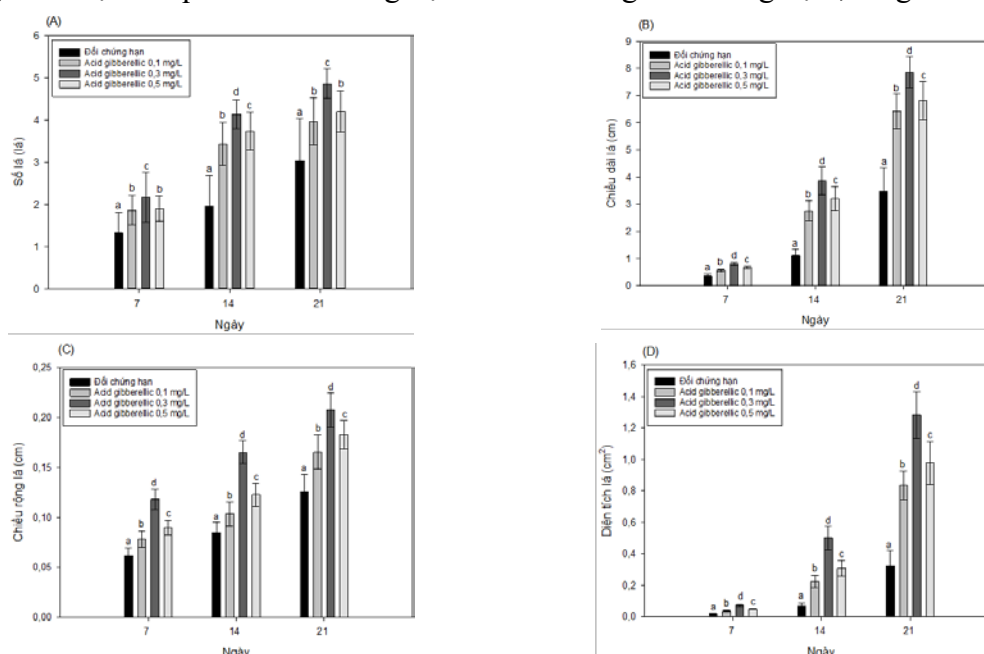
Hình 2. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến chiều cao cây của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về chiều cao cây ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Sau 21 ngày nuôi cấy *in vitro* trong môi trường MS có bổ sung mannitol nồng độ 50 g/L và GA₃ ở các nồng độ khác nhau (0; 0,1; 0,3 và 0,5 mg/L) thu được kết quả chiều cao cây đều được cải thiện ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ so với nghiệm thức đối chứng hạn, tăng từ 10,66-13,54 cm và đều có sự khác biệt về mặt thống kê so các nghiệm thức còn lại (Hình 2). Trong đó, chiều cao cây được cải thiện tốt nhất ở nghiệm thức bổ sung GA₃ nồng độ 0,3 mg/L.

3.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên số lá, chiều dài lá, chiều rộng lá, diện tích lá của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

Sau 21 ngày nuôi cấy *in vitro* trong môi trường MS có bổ sung mannitol 50 g/L và GA₃ ở các nồng độ khác nhau cho thấy các chỉ tiêu về lá đều được cải thiện ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ so với nghiệm thức đối chứng hạn (Hình 3). Trong đó, các chỉ tiêu sinh trưởng về lá đạt kết quả cao nhất ở nghiệm thức bổ sung GA₃ nồng độ 0,3 mg/L.



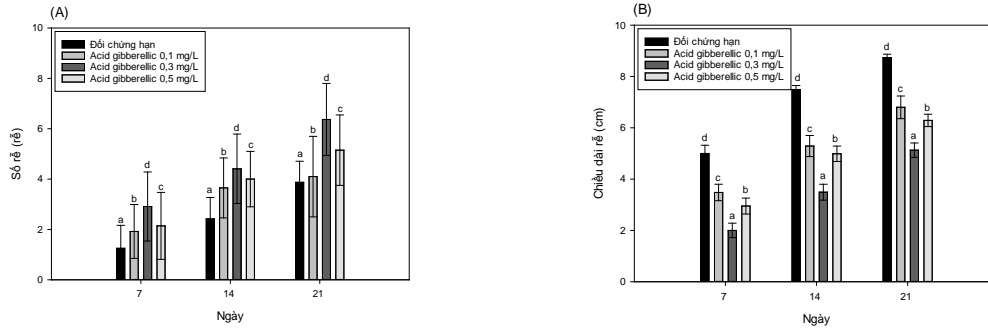
Hình 3. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến lá của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Các chỉ tiêu: (A) số lá; (B) chiều dài lá; (C) chiều rộng lá (D) diện tích lá. Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về lá ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ở các nghiệm thức bổ sung GA₃, số lá dao động từ 3,97-4,87 lá, tăng so với kết quả ở nghiệm thức đối chứng hạn đạt 3,03 lá; chiều dài lá đạt từ 6,44-7,86 cm so với nghiệm thức đối chứng hạn đạt 3,47 cm; chiều rộng lá đạt 0,17-0,21 cm so với nghiệm thức đối chứng hạn đạt 0,13 cm; diện tích lá đạt 0,83-1,28 cm² so với nghiệm thức đối chứng hạn đạt 0,33 cm², các kết quả đều có sự khác biệt về mặt thống kê ở các nghiệm thức (Hình 3).

3.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên số rễ, chiều dài rễ của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

Sau 21 ngày nuôi cấy *in vitro* trong môi trường MS có bổ sung mannitol 50g/L và GA₃ ở các nồng độ khác nhau, kết quả cho thấy các chỉ tiêu sinh trưởng của rễ được cải thiện và có sự khác biệt so với nghiệm thức đối chứng hạn (Hình 4).



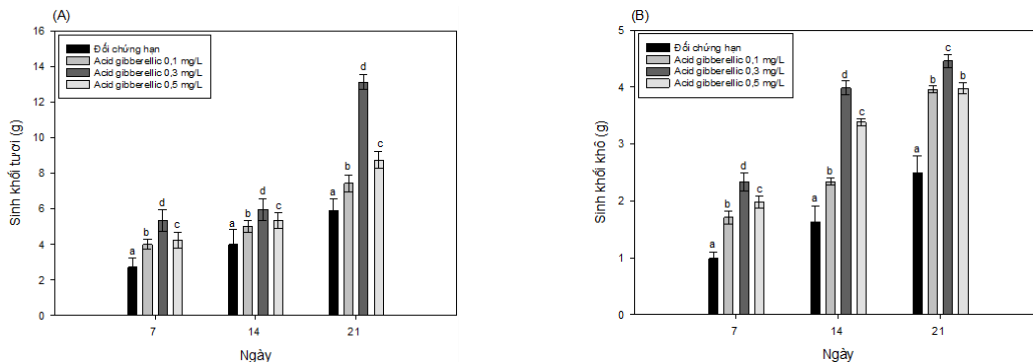
Hình 4. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến rễ của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Các chỉ tiêu: (A) số rễ; (B) chiều dài rễ. Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về rễ ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Đối với các nghiệm thức có bổ sung GA₃ số lượng rễ nhiều hơn, đạt 8,87-14,60 rễ so với nghiệm thức đối chứng hạn đạt 5,33 rễ. Nhưng trái lại chiều dài rễ lại giảm, dao động từ 5,13 – 6,80 cm so với nghiệm thức đối chứng hạn đạt 8,30 cm (Hình 4). Trong đó, chỉ tiêu cao nhất về số rễ và chỉ tiêu thấp nhất về chiều dài rễ đạt được ở nghiệm thức bổ sung GA₃ 0,3 mg/L.

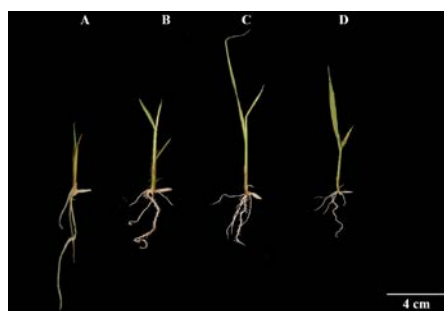
3.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên sinh khối tươi và sinh khối khô của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

Các chỉ tiêu về sinh khối tươi, sinh khối khô ở Lúa cũng chịu ảnh hưởng bởi các chỉ tiêu sinh trưởng và sinh lí của rễ, thân, và lá. Kết quả sau 21 ngày nuôi cấy cho thấy ở tất cả các nghiệm thức bổ sung GA₃ các chỉ tiêu về sinh khối tươi, sinh khối khô đều được cải thiện và có sự khác biệt giữa các nghiệm thức bổ sung GA₃ so với đối chứng hạn (Hình 5, Hình 6).



Hình 5. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến sinh khối của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Các chỉ tiêu: (A) sinh khối tươi; (B) sinh khối khô. Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về sinh khối ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).



Hình 6. Cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L được xử lí với GA₃ tại giai đoạn 21 ngày tuổi

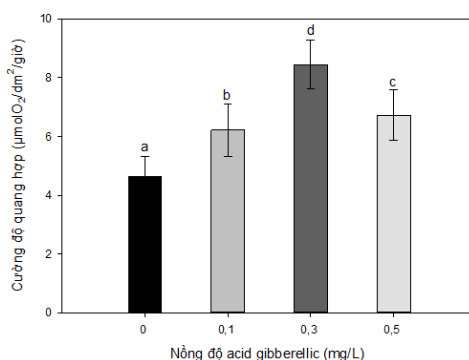
Nồng độ GA₃: (A) 0 g/L (đối chứng hạn); (B) 0,1 mg/L; (C) 0,3 mg/L; (D) 0,5 mg/L.

Tương tự với kết quả nghiên cứu của (Li et al., 2019) trên cây Lúa cạn, kết quả cho thấy GA₃ làm tăng đáng kể sức nảy mầm, chiều dài chồi, chiều dài rễ, hoạt động của α -amylase và hàm lượng đường hòa tan (Li et al., 2019). GA₃ giúp tế bào tăng chiều dài nhờ kiểm soát hướng đặt các vi sợi cellulose trong vách tế bào và cảm ứng sự đặt các vi ống theo hướng nằm ngang ở nhiều kiểu tế bào (Bui, 2002). Dưới điều kiện stress hạn, bổ sung GA₃ ngoại sinh lại có thể giúp tế bào tăng sự phân chia và kéo dài bằng cách tăng hàm lượng GA₃ nội sinh (Shao et al., 2008). Ngoài ra, GA₃ giúp duy trì tính thấm cần thiết của tế bào do điều chỉnh thẩm thấu bằng cách tích lũy các chất hòa tan (Matsukura et al., 1998), quá trình chuyển hóa tinh bột được cải thiện và tăng hoạt động của enzyme chống oxy hóa, từ đó giảm thiểu tác hại của stress hạn (Li et al., 2010). Bên cạnh đó, trong điều kiện stress hạn, chiều cao của cây giảm do sự tổng hợp GA₃ của các gene mã hóa enzyme oxidase giảm (Omena-Garcia et al., 2019). Nghiên cứu của Sharifi và cộng sự cũng cho kết quả hàm lượng GA₃ nội sinh cao hơn trong lá của các cây lúa mì có kiểu gene chịu được stress hạn có thời gian trưởng thành nhanh hơn (Sharifi et al., 2012). Vì thế khi bổ sung GA₃ vào môi trường nuôi cấy, các chỉ tiêu sinh lí tăng nên sinh khối tươi và sinh khối khô ở các nghiệm thức tương ứng cũng tăng. Đồng thời, GA₃ có thể làm sự gia tăng nồng độ acid salicylic, chất có vai trò khá quan trọng trong khả năng chống chịu stress phi sinh học ở thực vật (Khan et al., 2002).

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ đến cường độ quang hợp và hàm lượng proline của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

3.3.1. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên cường độ quang hợp của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

Bên cạnh sự cải thiện của các chỉ tiêu sinh trưởng, các chỉ tiêu sinh lí của cây Lúa bị stress hạn cũng được cải thiện đáng kể dưới tác động của các nồng độ GA₃ khác nhau qua kết quả tăng của cường độ quang hợp sau 21 ngày nuôi cấy (Hình 7).



Hình 7. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến cường độ quang hợp của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

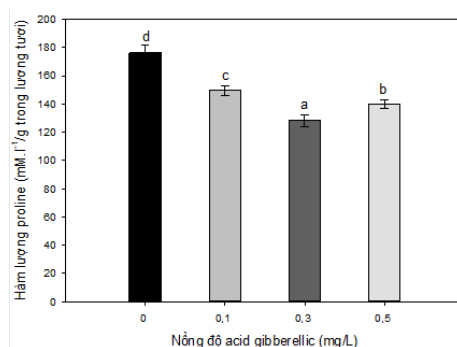
Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về cường độ quang hợp ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Trong đó nghiệm thức bổ sung nồng độ GA₃ 0,3 mg/L cho kết quả cải thiện tốt nhất với cường độ quang hợp cao nhất đạt 8,44 µmolO₂/dm²/giờ tăng 82,29% so với nghiệm thức đối chứng hạn có cường độ quang hợp là 4,63 µmolO₂/dm²/giờ (Hình 7).

Nước là thành phần không thể thiếu và đóng vai trò quang trọng trong pha sáng của quá trình quang hợp, do đó sự thiếu nước có thể giảm tốc độ truyền điện tử đến làm giảm hiệu suất quang hợp. Không chỉ vậy, sự thiếu nước còn làm tăng độ nhớt của tế bào chất, từ đó làm cản trở hoạt động của các enzyme tham gia vào quá trình quang hợp (Dar et al., 2016). Theo Bui (2002), các phản ứng biến dưỡng trong tế bào bị gián đoạn khi bị thiếu nước, đặc biệt là các hoạt động liên quan đến việc tạo ATP và hình thành cytokinin, chlorophyll. Giảm hình thành hai chất chuyển hóa trên đã làm giảm khả năng cảm ứng gen mã hóa invertase (CIN1) và các thể vận chuyển, từ đó giảm sự vận chuyển chất dinh dưỡng đến lá cũng như giúp quá trình cảm ứng con đường phân giải của chlorophyll ở lá tăng lên, từ đó cường độ quang hợp giảm. Sự có mặt của GA₃ giúp cho sự hoạt hóa của các kinase, quá trình tổng hợp protein và hàm lượng diệp lục tố đều được tăng lên, bên cạnh đó còn làm chậm sự lão hóa trong tế bào. Không chỉ vậy dưới tác động của GA₃, hàm lượng đường tổng số tăng và hàm lượng tinh bột giảm, thông qua quá trình thủy giải tinh bột (Lodeyro & Carrillo, 2015). Sự tích lũy đường góp phần điều chỉnh áp suất thẩm thấu nội bào và giúp thực vật đáp ứng với tình trạng thiếu nước tốt hơn.

3.3.2. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ lên hàm lượng proline của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L (đối chứng hạn)

Kết quả cho thấy khi đo hàm lượng proline sau 21 ngày nuôi cấy, hàm lượng proline ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ giảm, đặc biệt ở nghiệm thức bổ sung GA₃ với nồng độ 0,3 mg/L cho kết quả hàm lượng proline giảm nhiều nhất, đạt 128,08 mM.l⁻¹/g trọng lượng tươi, giảm 27,26% so với nghiệm thức đối chứng hạn (Hình 8). Điều này có thể giải thích do khả năng chịu hạn của cây được cải thiện nên cây giảm nhu cầu tích lũy proline.



Hình 8. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA₃ ở các nồng độ khác nhau đến hàm lượng proline của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy. Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về hàm lượng proline ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

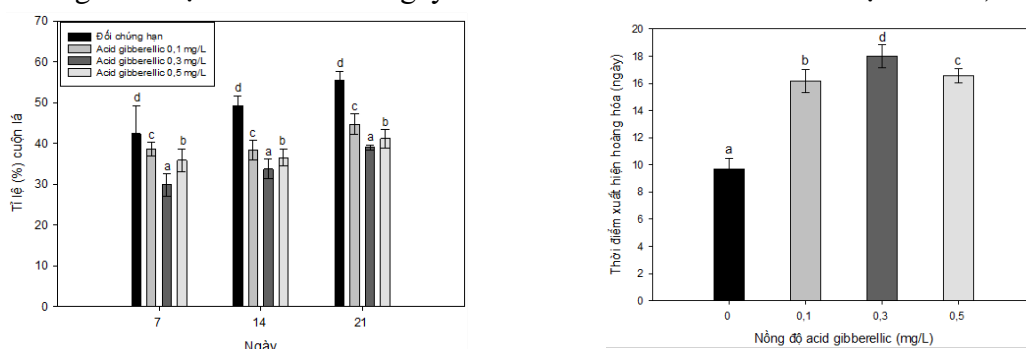
Proline giúp thực vật chống oxy hóa, điều hòa thẩm thấu, ổn định quá trình trao đổi chất để chống lại điều kiện stress hạn. Do đó, khi cây bị stress hạn, cây tăng cường thúc đẩy tổng hợp proline. Nhờ hoạt động như một chất điều hòa thẩm thấu tế bào giữa không bào và tế bào chất cùng khả năng giải độc ROS, proline bảo vệ tính toàn vẹn của màng và ổn định các enzyme chống oxy hóa từ đó giúp bảo vệ thực vật khỏi stress (Bohnert & Jensen, 1996). GA₃ có vai trò giúp cây cải thiện các chỉ tiêu sinh lí (Eisvand et al., 2010), giúp thực vật giảm bớt stress hạn dẫn đến quá trình sinh tổng hợp proline giảm, cường độ quang hợp tăng trở lại (Nguyen & Degenhardt, 2021).

Tuy nhiên, việc kích thích hay kìm hãm quá trình sinh trưởng của GA₃ còn được quyết định dựa vào nồng độ khi xử lý cũng như tác động qua lại của GA₃ với các chất điều hòa tăng trưởng khác (Taiz & Zeiger, 2010). Ở nghiệm thức bổ sung GA₃ nồng độ 0,3 mg/L, cường độ quang hợp đạt cao nhất và hàm lượng proline đạt thấp nhất. Nghiệm thức có nồng độ GA₃ 0,1 và 0,5 mg/L cho kết quả cường độ quang hợp giảm nhẹ và hàm lượng proline tăng nhẹ so với nghiệm thức có nồng độ GA₃ 0,3 mg/L. Khi bổ sung GA₃ với nồng độ thích hợp sẽ kích thích quá trình sinh trưởng của cây, tuy nhiên nồng độ GA₃ quá cao sẽ khiến cây bị kìm hãm quá trình sinh trưởng và phát triển, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến hàm lượng proline tích lũy và cường độ quang hợp của cây (Hoang et al., 2006). Ngoài ra, hàm lượng proline giảm giúp cây nhận nhiều năng lượng ATP để cây tăng trưởng qua quá trình phân hủy proline (Deinlein et al., 2014).

3.4. Khảo sát ảnh hưởng của GA₃ đến độ cuộn lá, thời điểm xuất hiện hoàng hóa và kích thước khí mô lá của cây Lúa ST25 *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Kết quả đo độ cuộn lá, thời điểm xuất hiện hoàng hóa, kích thước khí mô lá sau 21 ngày nuôi cấy cho thấy tất cả nghiệm thức bổ sung GA₃ ở các nồng độ 0,1mg/L, 0,3 mg/L, 0,5 mg/L đều có sự cải thiện về độ cuộn lá, thời điểm xuất hiện hoàng hóa và kích thước khí mô của cây so với nghiệm thức đối chứng hạn (Hình 9-11). Kết quả rõ rệt nhất được thể hiện ở nghiệm thức bổ sung GA₃ nồng độ 0,3 mg/L cho các chỉ tiêu về độ cuộn lá, thời điểm

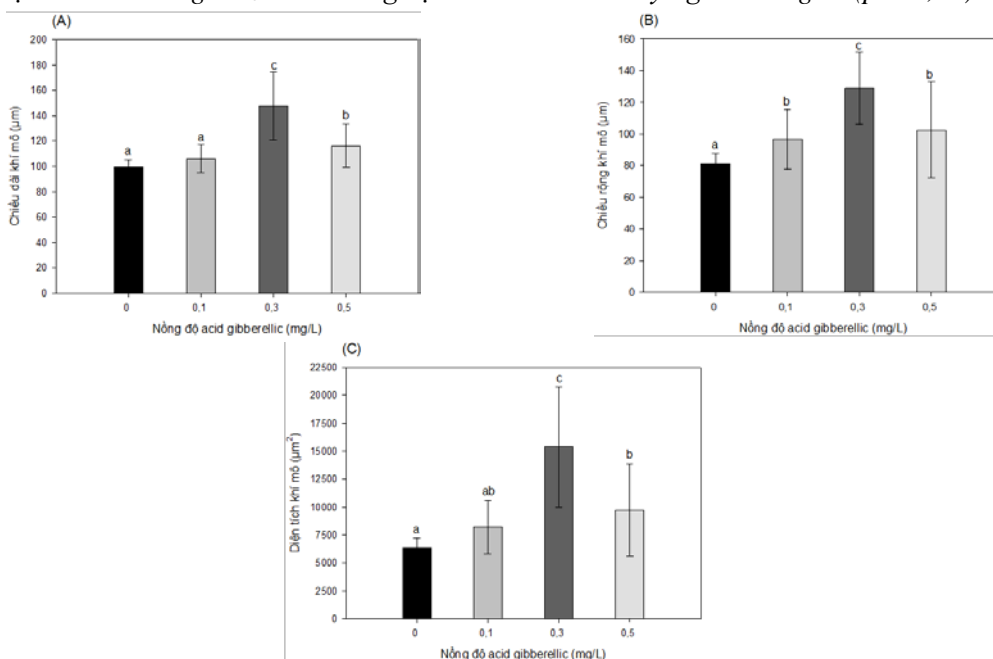
hoàng hóa và kích thước khí mô được cải thiện tốt nhất, cụ thể độ cuộn lá đạt 39,02 %, thời điểm xuất hiện hoàng hóa chậm nhất sau 17 ngày và kích thước khí mô lớn nhất đạt 15.395,59 μm^2 .



Hình 9. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA_3 ở các nồng độ khác nhau đến độ cuộn lá và thời điểm xuất hiện hoàng hóa của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Các chỉ tiêu: (E) tỉ lệ cuộn lá; (F) thời điểm xuất hiện hoàng hóa.

Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về độ cuộn lá và thời điểm xuất hiện hoàng hóa ở các nghiệm thức bổ sung GA_3 ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).



Hình 10. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của GA_3 ở các nồng độ khác nhau đến kích thước khí mô của cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* bị stress hạn bởi mannitol 50g/L sau 21 ngày nuôi cấy

Các chỉ tiêu: (A) chiều dài khí mô; (B) chiều rộng khí mô; (C) diện tích khí mô

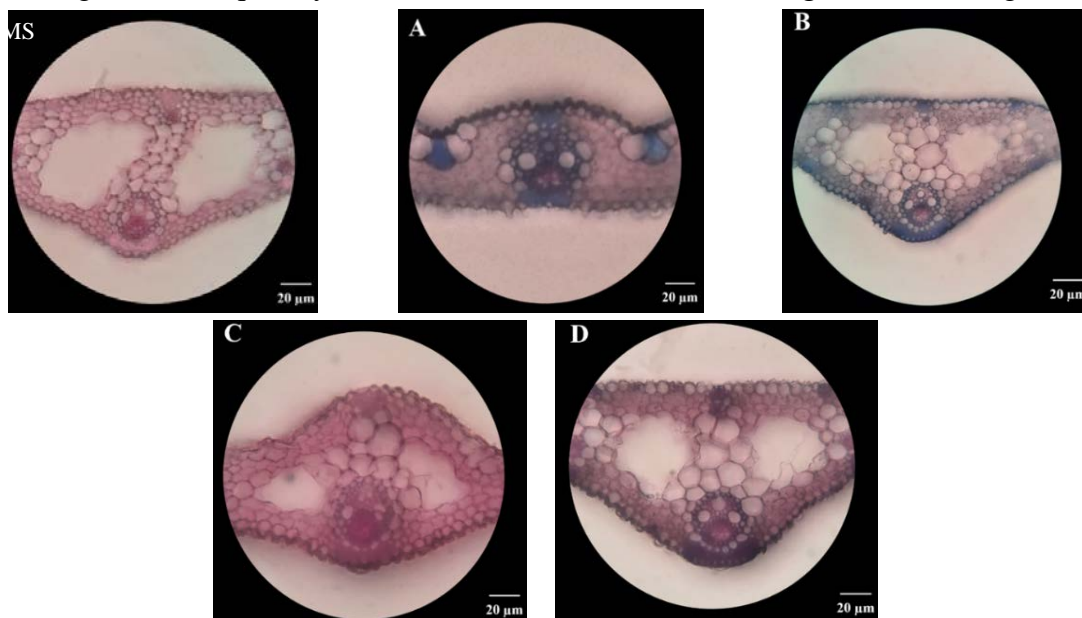
Các chữ cái a, b, c, d, e, f chỉ sự khác biệt về tỉ lệ này mầm ở các nghiệm thức bổ sung GA_3 ở các nồng độ khác nhau ở mức ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ở thực vật, sự cuộn lá là sự đáp ứng của thực vật đối với tình trạng thiếu nước (Kutlu et al., 2006) nhờ làm giảm diện tích lá giúp giảm sự thoát hơi nước dưới áp lực hạn hán (Rauf et al., 2016). Trong điều kiện hạn mức độ cuộn lá tăng lên và lượng GA_3 nội sinh thay

đổi không đều (Kutlu et al., 2009). Một trong những đặc điểm thể hiện khả năng chịu hạn ở Lúa là độ cuộn lá ít hơn (Efisue, 2006).

Sự hoàng hóa tự nhiên xảy ra khi nồng độ chất diệp lục giảm hoặc sự sinh tổng hợp diệp lục bị ức chế (Kruk, 2005). Đã có những báo cáo về sự giảm chất diệp lục của cây bị hạn (Kuroda et al., 1990). Quá trình tổng hợp diệp lục trong nước rất quan trọng, lượng nước trong lá cần thiết để duy trì lượng diệp lục tối đa phải cao (Bohrani & Habili, 1992). GA₃ giúp cải thiện khả năng quang hợp, giảm sự lão hóa của lá (Li et al., 2010), làm tăng hàm lượng chất diệp lục trong lá và sự hấp thu chất dinh dưỡng khoáng chất dưới áp lực phi sinh học (Kang et al., 2014), cũng như hạn chế những tác động bất lợi của stress hạn, do đó cải thiện rõ rệt quá trình phát triển của thực vật (Mahmud et al., 2018).

GA₃ ngoại sinh cải thiện khả năng chống chịu hạn của thực vật nên độ cuộn lá giảm, làm chậm sự xuất hiện hoàng hóa và cải thiện kích thước khí mô (Nguyen & Degenhardt, 2021). Theo kết quả nghiên cứu của Luong và Dinh (2023), GA₃ giúp phục hồi tổn thương trong cấu trúc lá và thay đổi hình dạng, màu sắc của lá, thay đổi hình thái và cấu trúc lá. Bên cạnh đó, khí mô tăng về kích thước và số lượng có vai trò đảm bảo sự cung cấp oxygen giúp rễ phát triển, hấp thu nước và chất dinh dưỡng giúp cây sinh trưởng (Justin & Armstrong, 1987). Tuy nhiên, việc kích thích hay kìm hãm quá trình sinh trưởng của cây còn tùy thuộc vào nồng độ khi đưa vào xử lí và sự tác động qua lại giữa GA₃ với các chất điều hòa tăng trưởng khác (Luong & Dinh, 2023). Do đó, khi Lúa ST25 được bổ sung GA₃ với nồng độ 0,3 mg/L cho kết quả cây được cải thiện tối ưu hơn so với nồng độ GA₃ 0,5 mg/L.



Hình 11. Cấu trúc giải phẫu của lá cây Lúa ST25 (*Oryza sativa* L.) *in vitro* sau 21 ngày nuôi cấy
Nồng độ GA₃: (MS) Không bị hạn (A) 0 mg/L (đối chứng hạn); (B) 0,1 mg/L; (C) 0,3 mg/L; (D) 0,5 mg/L.

4. Kết luận

Bổ sung GA₃ giúp cải thiện đáng kể tỉ lệ nảy mầm, các chỉ tiêu sinh trưởng, sinh lí, sinh hóa và hình thái giải phẫu lá của giống Lúa ST25 *in vitro* trong điều kiện stress hạn bởi mannitol 50 g/L.

Các chỉ tiêu về rễ (số lượng, chiều dài), thân (chiều cao cây), lá (chiều dài, chiều rộng, diện tích lá), cường độ quang hợp, khí mô (chiều dài, chiều rộng, diện tích khí mô) tốt hơn ở các nghiệm thức bổ sung GA₃ so với nghiệm thức đối chứng.

Đặc biệt, GA₃ ở nồng độ 0,3 mg/L giúp cải thiện tối ưu khả năng sinh trưởng của cây trong điều kiện stress hạn.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bohnert, H. J. & Jensen, R. G. (1996). Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in biotechnology*, 14(3), 89-97.
- Bohrani, M., & Habili, N. (1992). *Physiology of plants and their cells* (pp.20-34). Translation. Chamran University publication.
- Bui, T. V. (2002). *Sinh lý thực vật đại cương, phần II: phát triển* [Plant physiology, Part II: Development], Ho Chi Minh City National University Publishing House.
- Dar, M. I., Naikoo, M. I., Rehman, F., Naushin, F., & Khan, F. A. (2016). Proline Accumulation in Plants: Roles in Stress Tolerance and Plant Development. In N. Iqbal, R. Nazar, & N. A. Khan (Eds.), *Osmolytes and Plants Acclimation to Changing Environment: Emerging Omics Technologies* (pp. 155-166). Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2616-1_9
- Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G., & Schroeder, J. I. (2014). Plant salt tolerance mechanisms. *Trends in plant science*, 19(6), 371-379.
- Efissue, A. A. (2006). Studies of drought tolerance in interspecific progenies of *Oryza glaberrima* (Steud) and *O. Sativa* (L) and an appraisal of the use of male gametocides in rice hybridisation (Doctoral dissertation).
- Eisvand, H. R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Arefi, M., & Hejazi, H. (2010). Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass *Agropyron elongatum* Host. *Seed Science and Technology*, 38(2), 280-297.
- Espagne, E. (Ed.), Ngo-Duc, T., Nguyen, M.-H., Pannier, E., Woillez, M.-N., Drogoul, A., Huynh, T. P. L., Le, T. T., Nguyen, T. T. H., Nguyen, T. T., Nguyen, T. A., Thomas, F., Truong, C. Q., Vo, Q. T., & Vu, C. T. (2021). *Climate change in Viet Nam; Impacts and adaptation: A COP26 assessment report of the GEMMES Viet Nam project*. Agence Française de Développement.

- Franco, J. A. (2011). Root development under drought stress. *Technology and Knowledge Transfer e-bulletin*, 2(6), 1-3.
- Hassan, U. M., Aamer, M., Chattha, M. U., Haiying, T., Shahzad, B., Barbanti, L., Nawaz, M., Rasheed, A., Afzal, A., Liu, Y., & Guoqin, H. (2020). The Critical Role of Zinc in Plants Facing the Drought Stress. *Agriculture*, 10(9), Article 396. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090396>
- Hoang, K. (2016). *Cay lương thực Việt Nam* [Vietnamese Food Plants]. Ho Chi Minh City University of Agriculture and Forestry Publishing House.
- Hoang, M. T., Vu, Q. S., & Nguyen, K. T. (2006). *Giao trình Sinh lý thực vật* [Plant Physiology]. University of Education Publishers.
- Hoang, T. T. (2021). Kỹ thuật gieo cấy giống lúa moi ST25. [Technical cultivating ST25 rice seed]. <https://khuyennonghaiphong.gov.vn/ky-thuat-gieo-cay-giong-lua-moi25-tt14114.html>
- Justin, S. H. F. W., & Armstrong, W. (1987). The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *The New Phytologist*, 106(3), 465-495. <http://www.jstor.org/stable/2434813>
- Kang, S.-M., Radhakrishnan, R., Khan, A. L., Kim, M.-J., Park, J.-M., Kim, B.-R., Shin, D.-H., & Lee, I.-J. (2014). Gibberellin secreting rhizobacterium, *Pseudomonas putida* H-2-3 modulates the hormonal and stress physiology of soybean to improve the plant growth under saline and drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 84, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.001>
- Khan, N. A., Mir, R., Khan, M., Javid, S., & Samiullah. (2002). Effects of gibberellic acid spray on nitrogen yield efficiency of mustard grown with different nitrogen levels. *Plant Growth Regulation*, 38, 243-247.
- Kruk, J. (2005). Occurrence of chlorophyll precursors in leaves of cabbage heads—the case of natural etiolation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 80(3), 187-194.
- Kuroda, M., Qzawa T., & Imagawa H. (1990). Changes in chloroplast peroxidase activities in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. *Physiologia plantarum*, 80, 555-560.
- Kutlu, N., Terzi, R., Tekeli, Ç., Şenel, G., Battal, P., & Kadioğlu, A. (2009). Changes in anatomical structure and levels of endogenous phytohormones during leaf rolling in *Ctenanthe setosa* under drought stress. *Turkish Journal of Biology*, 33(2), 115-122.
- Li, J. Z., Li, M. Q., Han, Y. C., Sun, H. Z., Du, Y. X., & Zhao, Q. Z. (2019). The crucial role of gibberellic acid on germination of drought-resistant upland rice. *Biological Plantarum*, 63, 529-535.
- Li, Z., Lu, G. Y., Zhang, X. K., Zou, C. S., Cheng, Y., & Zheng, P. Y. (2010). Improving drought tolerance of germinating seeds by exogenous application of gibberellic acid (GA₃) in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Seed Science and Technology*, 38(2), 432-440.
- Liang, F., Shen, L.-Z., Chen, M., & Yang, Q. (2008). Formation of intercellular gas space in the diaphragm during the development of aerenchyma in the leaf petiole of *Sagittaria trifolia*. *Aquatic Botany*, 88(3), 185-195.
- Linkies, A., & Leubner-Metzger, G. (2012). Beyond gibberellins and abscisic acid: how ethylene and jasmonates control seed germination. *Plant cell reports*, 31, 253-270.
- Lodeyro, A. F., & Carrillo, N. (2015). Salt Stress in Higher Plants: Mechanisms of Toxicity and Defensive Responses. In B. Tripathi & M. Müller (Eds.), *Stress Responses in Plants* (pp. 1-33). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13368-3_1

- Luong, T. L. T., & Dinh, T. B. T. (2023). Nghiên cứu ảnh hưởng của GA₃ lên sự sinh trưởng của giống lúa VD20 nuôi cấy *in vitro* trong môi trường nhiễm mặn [The effects of GA₃ on the growth of VD20 rice varieties *in vitro* culture in a salinity environment]. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 20(5), 855-869.
- Luong, T. L. T., & Vo, N. K. N. (2022). Khảo sát ảnh hưởng của AIA lên sự sinh trưởng của giống Lúa ST25 nuôi cấy *in vitro* trong môi trường nhiễm mặn [The effects of AIA on the growth of ST25 rice varieties *in vitro* culture in a salinity environment]. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 19(12), 2090-2102.
- Mahadi, S. N., Nulit, R., Mohtar, M. A., Ibrahim, M. H., & Ab Ghani, N. I. (2020). Synergistic effect of KCl, thiourea, GA₃ and SA on the germination and early seedling growth enhancement of drought-stressed Malaysian indica rice cv. MR220. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, Article 101779.
- Matsukura, C., Itoh, S-I., Nemoto, K., Tanimoto, E., & Yamaguchi, J. (1998). Promotion of leaf sheath growth by gibberellic acid in a dwarf mutant of rice. *Planta*, 205, 145-152.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia plantarum*, 15, 473-497.
- Nguy, M. T., Tran, T. T., & Tran, T. H. (2021). Tác động ảnh hưởng của stress hạn lên sự phát triển chồi ở cây cà chua (*Solanum lycopersicum* L.) [Effects of drought stress on shoot development of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)]. *VNUHCM Journal of Natural Sciences*, 5(2), 1208-1215.
- Nguyen, H. T., & Degenhardt, P. (2021). *The Many Climate Challenges Facing the Mekong Delta*. Rosa Luxemburg Stiftung. <https://www.rosalux.de/en/news/id/44262/the-many-climate-challenges-facing-the-mekong-delta>
- Omena-Garcia, R. P., Martins, A. O., Medeiros, D. B., Vallarino, J. G., Ribeiro, D. M., Fernie, A. R., Araújo, W. L., & Nunes-Nesi, A. (2019). Growth and metabolic adjustments in response to gibberellin deficiency in drought stressed tomato plants. *Environmental and Experimental Botany*, 159, 95-107. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.12.011>
- Open Development Vietnam. (2022). *Hạn hán* [Drought]. <https://vietnam.opendevlopmentmekong.net/vi/topics/droughts-and-saltwater-intrusion/>
- Paquin, R., & Lechasseur, P. (1979). Observations sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57(18), 151-1854
- Rauf, S., Al-Khayri, J.M., Zaharieva, M., Monneveux, P., & Khalil, F. (2016). Breeding Strategies to Enhance Drought Tolerance in Crops. In J. Al-Khayri, S. Jain, & D. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits* (pp. 397-445). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22518-0_11
- Sharifi, P., Amirnia, R., Majidi, E., Hadi, H., Moradi, F., Roustaei, M., & Jafarzadeh, J. (2012). Comparative analysis of phytohormones and oxidative damage in flag leaves of six contrasting wheat genotypes in response to drought stress. *Advances in Environmental Biology*, 1540-1552.
- Simova-Stoilova, L., Demirevska, K., Petrova, T., Tsenov, N. & Feller, U. 2008. Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. *Soil Science And Plant Nutrition*, 54, 529-536.

- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology* (5th ed.). Sinauer Associates Inc.
- Tran, C. K. (1981). *Thuc tap hình thái & giải phẫu thực vật [Morphology and Anatomy of Seed Plant]* (pp.44-105). Professional University and High School Publishing House.
- Vietnam Food Association. (October 15, 2021). *Thị trường xuất khẩu gạo Việt Nam tháng 09/2021 [Vietnam rice export market in September 2021]*. <https://vietfood.org.vn/thitruong-xuat-khau-gao-viet-nam-thang-09-2021/>
- Wang, F. M., Huang, J. F., Tang, Y. L., & Wang, X. Z. (2007). New vegetation index and its application in estimating leaf area index of rice. *Rice Science*, 14(3), 195-203.
- Zhang, G., Xu, Q., Zhu, X., Qian, Q., & Xue, H. (2009). Shallot-Like1 Is a Kanadi Transcription Factor That Modulates Rice Leaf Rolling by Regulating Leaf Abaxial Cell Development. *The Plant Cell*, 21(3), 719-735.

**EFFECTS OF GIBBERELIC ACID ON GROWTH PERFORMANCE
OF ST25 RICE UNDER IN VITRO DROUGHT STRESS**

**Luong Thi Le Tho^{*}, Bui Thi Lan, Do Thi Tuyet Hoa,
Pham Le Nhu Anh, Le Phuong Thoa, Luu Tang Phuc Khang**

Ho Chi Minh City University of Education, Vietnam

**Corresponding author: Luong Thi Le Tho – Email: tholtt@hcmue.edu.vn*

Received: August 06, 2023; Revised: October 16, 2023; Accepted: November 22, 2023

ABSTRACT

Rice is one of the three most popular food crops globally, and it is particularly significant in Asian countries. Among the rice varieties, Soc Trang fragrant rice ST25 has been awarded the title of "World's Best Rice." Drought poses a significant threat to farmers worldwide. To address this challenge, this study investigated the effects of gibberellic acid (GA₃) at various concentrations (0, 0.1, 0.3, and 0.5 mg/L) on the growth, physiologically and biochemically, of ST25 rice under drought stress in vitro culture. The results show that the inclusion of GA₃ in the culture medium significantly improved the germination and growth of ST25 rice. Notably, the culture medium supplemented with 0.3 mg/L of GA₃ exhibited the best outcomes in terms of germination rate and overall growth. These findings suggest that GA₃ could be a potential growth promoter for ST25 under drought stress.

Keywords: acid gibberellic; biochemical; drought stress; in vitro; physiological; rice