

NHỮNG TIẾN BỘ TRONG NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN LÚA GẠO

Nguyễn Xuân Trường¹, Nguyễn Quốc Trung², Kim Hồng Anh², Phạm Gia Bảo²,
Vũ Hồng Ngọc², Dương Thanh Thủy³, Chu Đức Hà⁴

¹Viện Sinh học Nông nghiệp, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

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

³Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Huế

⁴Khoa Công nghệ Nông nghiệp, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

Lúa gạo (*Oryza sativa*) là nguồn lương thực chính của hơn một nửa dân số thế giới và là thành phần quan trọng trong dinh dưỡng, cũng như sinh kế của con người trong nhiều thiên niên kỷ. Tuy nhiên, một trong những thách thức lớn nhất đối với sản xuất lúa gạo trong những thập kỷ tới là biến đổi khí hậu (BĐKH). Khi nhiệt độ toàn cầu tiếp tục tăng, các vùng sản xuất lúa gạo dự kiến sẽ phải hứng chịu các hiện tượng thời tiết khắc nghiệt thường xuyên hơn, dẫn đến giảm năng suất, gia tăng sâu bệnh... Để thích ứng với những thách thức này, các nhà nghiên cứu đang tập trung phát triển những giống lúa có khả năng chống chịu với các điều kiện thời tiết khắc nghiệt như hạn hán, ngập úng và nhiễm mặn, đồng thời duy trì năng suất và giá trị dinh dưỡng cao.

Dân số thế giới được dự đoán sẽ đạt 7,9 tỷ người vào năm 2050 và cán mốc 10,4 tỷ người vào cuối thế kỷ này. Đây là thách thức to lớn cho sản xuất nông nghiệp toàn cầu, nhất là trong bối cảnh diễn biến ngày càng phức tạp của các trạng thái thời tiết cực đoan gây ra bởi tình trạng BĐKH [1]. Vì vậy, bên cạnh việc tìm kiếm đối tượng và hệ thống sản xuất thực phẩm mới, việc chuyển đổi hệ thống nông sản hiện tại sang hướng toàn diện, hiệu quả, bền vững và linh hoạt có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với an ninh lương thực toàn cầu [2].

Bằng việc áp dụng nhiều công nghệ tiên tiến trong chọn tạo và canh tác, sản lượng lúa gạo trên thế giới đã đạt khoảng 787,3 triệu tấn vào năm 2021 [3]. Thời gian gần đây, nghiên cứu phát triển lúa

gạo theo hướng chống chịu tốt trước các áp lực môi trường đã đạt được nhiều tiến bộ đáng kể, cụ thể trên các mặt sau:

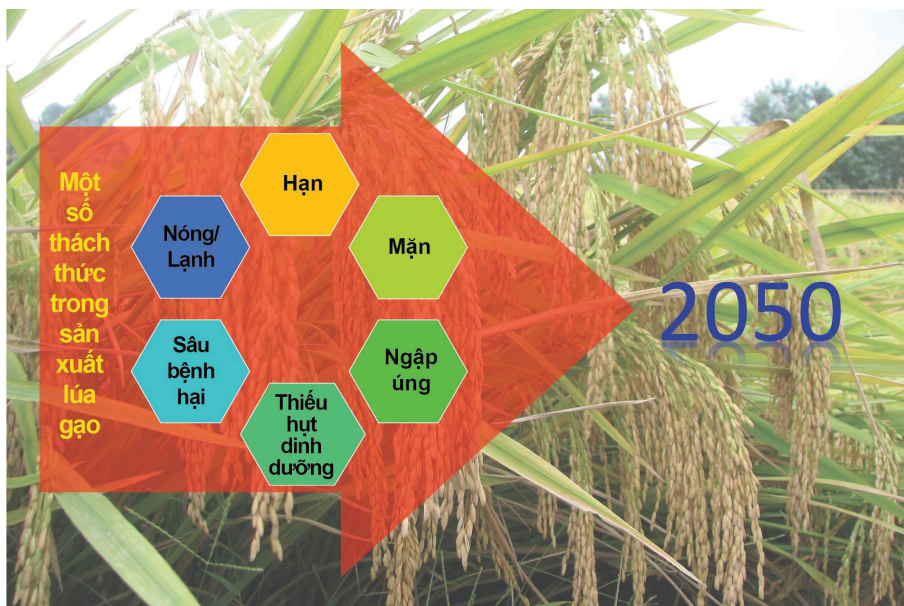
Về phát triển lúa lai miễn cảm với môi trường

Phát triển lúa lai, đặc biệt là lúa lai hai dòng là một trong những bài toán trọng điểm của các quốc gia hàng đầu về sản xuất lúa gạo. Điển hình như Trung Quốc, chương trình chọn giống siêu lúa lai khởi động vào năm 1996 đã thúc đẩy năng suất lúa lai từ 8,3 tấn/ha (năm 2001) lên 17,28 tấn/ha (năm 2018) [4]. Trong đó, phát triển các dòng bất dục đực chức năng di truyền nhân miễn cảm với môi trường (Environment-sensitive genic male sterility - EGMS) được xem là nhân tố quan trọng trong hệ thống nhân giống lúa lai hai dòng [5]. Đến nay, 4 loại EGMS đã được tìm thấy ở

lúa gạo, bao gồm dòng bất dục đực chức năng di truyền nhân miễn cảm với nhiệt độ (Thermal-sensitive GMS), bất dục đực chức năng di truyền nhân miễn cảm với chu kỳ chiếu sáng (Photoperiod-sensitive GMS), bất dục đực chức năng di truyền nhân miễn cảm với độ ẩm (Humidity-sensitive GMS) và bất dục đực chức năng di truyền nhân miễn cảm với nitơ (Nitrogen-sensitive GMS) [5]. Tuy nhiên, các nguồn gen EGMS còn tương đối hạn chế, đồng thời cơ chế phản ứng với môi trường ở cấp độ phân tử vẫn chưa thực sự rõ ràng, điều này cần được làm sáng tỏ trong giai đoạn tiếp theo nhằm gia tăng năng suất của các dòng/giống lúa lai.

Về tăng cường tính chịu nóng và lạnh

Nhiệt độ toàn cầu hiện nay được dự đoán là tăng 1,2°C so



Một số thách thức trong sản xuất lúa gạo trước những tác động của BĐKH.

với thời tiền công nghiệp (giai đoạn 1850-1900) và con số này có thể sẽ đạt tới 2,7°C vào năm 2100. Điều này đe dọa nghiêm trọng đến sinh trưởng và phát triển của cây lúa, nhất là từ giai đoạn cây con đến giai đoạn sinh trưởng sinh thực. Cụ thể, ít nhất 150 triệu ha lúa gạo và 40% sản lượng lúa gạo toàn cầu đang chịu ảnh hưởng tiêu cực bởi nhiệt độ cao, nhiệt độ trung bình tăng 1°C dẫn đến tổn thất 3,2% năng suất gạo [6]. Đến nay, những thay đổi sinh lý ở cây lúa gạo gây ra bởi yếu tố nhiệt độ cao đã được nắm rõ, trong đó, brassinosteroid được chứng minh là một phytohormone đóng vai trò quan trọng [7].

Rét đậm, rét hại cũng là một vấn đề phổ biến, đe dọa hơn 15 triệu ha lúa gạo trên toàn cầu. Nguồn gen kiểm soát tính trạng chịu lạnh vẫn còn tương đối ít, do đó đã hạn chế sự phát triển của các vùng canh tác lúa gạo về phía Bắc [8]. Mới đây, các nhà khoa học đã phát hiện thấy *bHLH57*, một thành viên thuộc nhóm nhân tố phiên mã *bHLH* được mã hóa bởi gen *Os07g0543000* có thể tăng cường

tổng hợp đường trehalose, chuyển hóa các gốc ôxy nguyên tử hoạt động (Reactive oxygen species - ROS) vào con đường tín hiệu phụ thuộc vào CBF/DREB (C-repeat/dehydration-responsive element binding factor) từ đó kiểm soát khả năng chịu lạnh ở cây lúa [9]. Gen *bHLH57* cũng có thể nâng cao tỷ lệ hạt chắc và kích thước hạt, từ đó cải thiện các yếu tố cấu thành năng suất của cây lúa gạo [9]. Đây được xem như một nguồn vật liệu tiềm năng cho công tác chọn tạo giống lúa gạo năng suất cao, chịu rét trong tương lai.

Về tăng cường tính chịu mặn

Xâm nhập mặn là một trong những biểu hiện rõ rệt nhất của BĐKH, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến hàng triệu ha diện tích đất nông nghiệp trên thế giới [10] và ở Việt Nam [3]. Lúa gạo là đối tượng cây trồng rất mẫn cảm với muối, nhất là trong giai đoạn nảy mầm và sinh trưởng sinh dưỡng, năng suất có thể giảm từ 12% khi đất nhiễm mặn ít (độ dẫn điện 3 dS/m ~2‰ NaCl) đến 50% khi đất nhiễm mặn trung bình (độ

dẫn điện 6 dS/m ~4‰ NaCl) [10]. Khả năng chống chịu mặn là một tính trạng đa gen, do đó cơ chế đáp ứng của tế bào rất phức tạp và do nhiều gen quy định. Bên cạnh locus tính trạng số lượng Saltol kiểm soát ~43% tổng khả năng kháng mặn ở giai đoạn mạ thông qua cơ chế cân bằng nội môi Na^+/K^+ , hàng trăm locus gen khác phân lập từ các loài *Oryza* spp. cũng đã được phát hiện liên quan đến tính trạng này [10]. Mới đây, các nhà khoa học đã phát hiện protein OsGF14b (G-box Factor 14-3-3) có thể tăng cường tính kháng mặn thông qua việc tương tác và thúc đẩy hoạt tính thủy phân glycerophospholipid của OsPLC1, một thành viên của nhóm enzyme phospholipase C [11].

Về tăng cường khả năng phân giải phosphorus

Phosphorus (P) là nguyên tố thiết yếu thứ hai sau nitrogen (N) trong canh tác lúa, tuy nhiên đây lại là yếu tố không tái tạo trong đất, do đó cải thiện hiệu quả phân giải P ở lúa gạo sẽ là bài toán trong vài thập kỷ tiếp theo [12], nhất là ở các nước đang phát triển với nguồn lực sản xuất phân lân còn rất hạn chế. Về mặt cơ chế, thực vật thích nghi với điều kiện thiếu hụt P (hoặc môi trường chứa P khó tan) bằng cách kích thích bộ rễ tiết carboxylate ngoại sinh chứa enzyme phosphatase, nuclease và các acid hữu cơ khác nhau nhằm cải thiện hiệu quả thu nhận P, đồng thời tăng cường biểu hiện của các gen để đảm bảo hiệu quả sử dụng P và chuyển hóa chúng thành sinh khối [12]. Việc sử dụng nấm cộng sinh ở vùng rễ nhằm tăng cường khả năng phân giải P khó tan đã được sử dụng khá hiệu quả trong canh tác lúa gạo hiện nay [13]. Mới đây, 3 protein vận chuyển phosphate, OsSPX-

MFS1-3 tham gia vào quá trình duy trì cân bằng nội môi P trong không bào đã được phát hiện [14]. Dự trữ P trong không bào có thể là một chiến lược nhằm nâng cao năng suất lúa gạo trong điều kiện P thấp.

Về tăng cường tính chịu hạn và ngập úng

Diện tích đất canh tác lúa gạo chịu ảnh hưởng từ hạn hán được dự đoán có thể lên tới 15-20 triệu ha (năm 2025) [15]. Trong trạng thái mất nước, sự dư thừa của ROS và tích lũy của một số loại protein (polyamine) và các chất thẩm thấu là 3 cơ chế nhằm kích hoạt sự biểu hiện gen mã hóa nhân tố phiên mã, chất chống oxy hóa có bản chất enzyme (như monodehydroascorbate reductase, dehydroascorbate reductase, catalase...) và không có bản chất enzyme (như ascorbate và glutathione) thông qua con đường tín hiệu phytohormone liên quan đến hạn, điển hình như abscisic acid (ABA), cytokinin, jasmonic acid và ethylene [15]. Chịu hạn là một tính trạng đa gen, do vậy có rất nhiều chiến lược để giải quyết bài toán này. Ví dụ, OsFBX257, một protein thuộc nhóm F-Box được chứng minh có khả năng điều chỉnh độ đậm sâu của bộ rễ thông qua con đường tín hiệu phụ thuộc vào ABA, là nguồn vật liệu tiềm năng cho chương trình chọn giống chịu hạn [16].

Ngập úng cũng là một trong những bài toán nan giải mà canh tác lúa gạo tại châu Á đang gặp phải. Nảy mầm trong điều kiện kỵ khí và vươn lóng của mạ là lời giải cho cây lúa ở giai đoạn đầu trong điều kiện ngập úng. Trong đó, vai trò của ethylene và auxin đã được nhắc đến trong điều hòa hô hấp kỵ khí, kéo dài của lá bao mầm và giảm sản sinh indole-3-acetic acid nội sinh trong điều kiện ngập chìm [17].



Giống lúa ứng phó BĐKH được chọn tạo bởi các nhà khoa học tại Viện Di truyền Nông nghiệp.

Về tối ưu thời điểm trổ bông

Trổ bông là một đặc điểm nông học quan trọng được tối ưu trong quá trình phục tráng và cải tiến giống, quyết định năng suất và chất lượng của cây lúa gạo, do đó nắm bắt được cơ chế phân tử điều khiển quá trình trổ bông góp phần phát triển các giống lúa ứng phó với BĐKH. Mới đây, protein OsFT1 (Flowering time) đã được phát hiện có thể thúc đẩy quá trình trổ bông ở mô phân sinh đỉnh chồi trong giai đoạn sinh trưởng sinh thực, nhằm phát sinh cụm hoa thông qua việc điều hòa sự biểu hiện của hai gen mã hóa nhân tố phiên mã Zinc-finger homeodomain (*OsZHD1* và *OsZHD2*) [18].

Về tăng cường tính kháng sâu bệnh hại

Sâu bệnh có thể gây ra thiệt hại, làm giảm năng suất lúa gạo toàn cầu lên tới 30%. Song song với việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật, phát triển các giống lúa gạo kháng sâu bệnh được đánh giá là một giải pháp hiệu quả và bền vững. Cơ chế miễn dịch được kích hoạt bởi các cấu trúc phân tử liên quan đến tác nhân gây bệnh, và cơ chế miễn dịch được kích hoạt bởi effector đóng vai trò chính trong phản ứng của cây trồng với tác nhân gây bệnh [19]. Trong đó, hầu hết gen kháng ở cây lúa

gạo đều mã hóa cho 3 nhóm chứa đoạn lặp giàu leucine (leucine-rich repeat - LRR), bao gồm kinase tương tự thụ thể chứa đoạn lặp giàu leucine (LRR - receptor-like kinase) và protein tương tự thụ thể chứa đoạn lặp giàu leucine (LRR - receptor-like protein) và thụ thể chứa đoạn lặp giàu leucine gắn nucleotide (nucleotide - binding LRR receptor) [20]. Ví dụ, hơn 40 gen kháng bệnh bạc lá (gây ra bởi các chủng vi khuẩn gram âm *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) đã được xác định, điển hình như *Xa1*, *Xa3/Xa26*, *Xa4*, *xa5*, *Xa10*, *xa13*... [20]. Khoảng 100 gen kháng bệnh đạo ôn (gây ra bởi các nòi nấm *Magnaporthe oryzae*) đã được biết đến và ít nhất 38 gen kháng đã được phân lập, giải trình tự [21]. Khoảng hơn 110 QTL (locus tính trạng số lượng) kiểm soát tính kháng bệnh khô vằn (gây ra bởi các nòi nấm *Rhizoctonia solani*) đã được lập bản đồ trên hệ gen của cây lúa gạo [22].

*
* *

Để đảm bảo sản xuất lúa gạo đáp ứng nhu cầu của dân số ngày càng tăng trong bối cảnh BĐKH, các giống lúa gạo trong tương lai chắc chắn phải có khả năng chống chịu với điều kiện bất thuận, đồng

thời đảm bảo năng suất và chất lượng của giống.

Tại Việt Nam, để có thể đạt được 7 mục tiêu tổng quát và 9 chỉ tiêu cụ thể đến năm 2030, Đề án tái cơ cấu ngành lúa gạo đến năm 2025 và năm 2030 đã đưa ra 9 giải pháp căn bản. Trong đó, nâng cao tính chống chịu đối với BĐKH và điều kiện bất lợi, rủi ro được xem là một trong những nhiệm vụ trọng tâm của ngành sản xuất lúa gạo ở Việt Nam. Chọn tạo, phát triển giống lúa gạo ứng phó với BĐKH dựa trên nguồn vật liệu gen kháng, kèm theo nghiên cứu và phát triển hệ thống các quy trình thực hành sản xuất tốt, thích ứng và giảm nhẹ BĐKH là những giải pháp ưu tiên hàng đầu hiện nay

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Dasgupta, E.J.Z. Robinson (2022), "Attributing changes in food insecurity to a changing climate", *Sci. Rep.*, **12(1)**, DOI: 10.1038/s41598-022-08696-x.
- [2] S. Myers, et al. (2022), "Current guidance underestimates risk of global environmental change to food security", *BMJ*, **378**, DOI: 10.1136/bmj-2022-071533.
- [3] T.D. Khanh, et al. (2021), "Rice Breeding in Vietnam: Retrospects, challenges and prospects", *Agriculture*, **11(5)**, DOI: 10.3390/agriculture11050397.
- [4] Z. He, et al. (2022), "Genomics-assisted improvement of super high-yield hybrid rice variety 'Super 1000' for resistance to bacterial blight and blast diseases", *Front. Plant Sci.*, **13**, pp.881244, DOI: 10.3389/fpls.2022.881244.
- [5] G. Peng, et al. (2023), "Environment-sensitive genic male sterility in rice and other plants", *Plant Cell Environ.*, **46(4)**, pp.1120-1142.
- [6] W. Zhang, et al. (2023), "Brassinosteroids mediate moderate soil-drying to alleviate spikelet degeneration under high temperature during meiosis of rice", *Plant, Cell & Environment*, **46(4)**, pp.1340-1362.
- [7] Y. Yang, et al. (2022), "Enhancement of heat and drought stress tolerance in rice by genetic manipulation: A systematic review", *Rice*, **15(1)**, DOI: 10.1186/s12284-022-00614-z.
- [8] L. Li, et al. (2022), "Independently evolved viral effectors convergently suppress DELLA protein SLR1-mediated broad-spectrum antiviral immunity in rice", *Nat. Commun.*, **13(1)**, DOI: 10.1038/s41467-022-34649-z.
- [9] L. Zhang, et al. (2023), "bHLH57 confers chilling tolerance and grain yield improvement in rice", *Plant, Cell & Environment*, **46(4)**, pp.1402-1418.
- [10] A. Rasheed, et al. (2022), "Molecular tools, potential frontiers for enhancing salinity tolerance in rice: A critical review and future prospective", *Front. Plant Sci.*, **13**, DOI: 10.3389/fpls.2022.966749.
- [11] N. Wang, et al. (2023), "A 14-3-3 protein positively regulates rice salt tolerance by stabilizing phospholipase C1", *Plant, Cell & Environment*, **46(4)**, pp.1232-1248.
- [12] M. Irfan, et al. (2020), "Phosphorus (P) use efficiency in rice is linked to tissue-specific biomass and P allocation patterns", *Sci. Rep.*, **10(1)**, DOI: 10.1038/s41598-020-61147-3.
- [13] R. Sun, et al. (2022), "Changes in phosphorus mobilization and community assembly of bacterial and fungal communities in rice rhizosphere under phosphate deficiency", *Front. Microbiol.*, **13**, DOI: 10.3389/fmicb.2022.953340.
- [14] R. Guo, et al. (2023), "Functional characterization of the three *Oryza sativa* SPX-MFS proteins in maintaining phosphate homeostasis", *Plant Cell Environ.*, **46(4)**, pp.1264-1277.
- [15] Y. Oladosu, et al. (2019), "Drought resistance in rice from conventional to molecular breeding: A review", *Int. J. Mol. Sci.*, **20(14)**, DOI: 10.3390/ijms20143519.
- [16] E. Sharma, et al. (2023), "Stress-induced F-Box protein-coding gene OsFBX257 modulates drought stress adaptations and ABA responses in rice", *Plant, Cell & Environment*, **46(4)**, pp.1207-1231.
- [17] M.A. Haque, et al. (2023), "Flooding tolerance in rice: Adaptive mechanism and marker-assisted selection breeding approaches", *Mol. Biol. Rep.*, **50(3)**, pp.2795-2812.
- [18] J. Yoon, et al. (2023), "Homeobox transcription factors OsZHD1 and OsZHD2 induce inflorescence meristem activity at floral transition in rice", *Plant, Cell & Environment*, **46(4)**, pp.1327-1339.
- [19] K.T.X. Vo, et al. (2021), "Proteomics and metabolomics studies on the biotic stress responses of rice: An update", *Rice*, **14(1)**, DOI: 10.1186/s12284-021-00461-4.
- [20] N. Jiang, et al. (2020), "Resistance genes and their interactions with bacterial blight/leaf streak pathogens (*Xanthomonas oryzae*) in rice (*Oryza sativa* L.) - An updated review", *Rice*, **13(1)**, DOI: 10.1186/s12284-019-0358-y.
- [21] B.N. Devanna, et al. (2022), "Understanding the dynamics of blast resistance in rice-magnaporthe oryzae interactions", *J. Fungi*, **8(6)**, DOI: 10.3390/jof8060584.
- [22] D. Li, et al. (2021), "Strategies to manage rice sheath blight: Lessons from interactions between rice and rhizoctonia solani", *Rice*, **14(1)**, DOI: 10.1186/s12284-021-00466-z.