

VAI TRÒ CỦA VI KHUẨN SINH TỔNG HỢP ACC DEAMINASE TRONG GIẢM THIỂU STRESS PHI SINH HỌC Ở CÂY TRỒNG

Vũ Thị Ngọc Diệp¹, Phạm Khánh Huyền¹, Nguyễn Văn Giang¹,
Khuất Hữu Trung², Trần Đăng Khánh^{2,3}

¹Khoa Công nghệ sinh học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²Viện Di truyền Nông nghiệp

³Trung tâm Chuyên gia, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Trong tự nhiên, thực vật chịu nhiều ỨC CHẾ PHI SINH HỌC (Abiotic stress) từ môi trường. Những stress phi sinh học này có thể trở nên trầm trọng hơn do biến đổi khí hậu trên toàn cầu. Hầu như các stress môi trường đều dẫn đến tổng hợp ethylene trong thực vật, gây bất lợi đến sự sinh trưởng và phát triển của cây. Do đó, việc kiểm soát tổng hợp ethylene ở thực vật đang trở thành một chiến lược hấp dẫn giúp tăng năng suất cây trồng. Acid 1-aminocyclopropane-1-carboxylic (ACC) là tiền chất để tổng hợp ethylene trong cây. Các vi khuẩn vùng rễ kích thích sinh trưởng thực vật (PGPR) có hoạt tính ACC deaminase có vai trò làm giảm nồng độ ethylene trong thực vật (được gọi là “yếu tố điều tiết stress”), đồng thời tăng số lượng nốt sần ở cây họ đậu, qua đó giúp cây sinh trưởng, phát triển tốt hơn trong điều kiện bất lợi.

Mở đầu

Thực vật đòi hỏi điều kiện môi trường tối ưu để sinh trưởng và phát triển. Vì thực vật không di động nên phải đối mặt với nhiều điều kiện môi trường bất lợi như nóng, lạnh, nhiễm mặn, hạn hán, lũ lụt... Cường độ của những stress này có thể sẽ mạnh hơn trong tương lai gần do biến đổi khí hậu toàn cầu, làm cây trồng sinh trưởng kém hơn và giảm năng suất. Hầu như các stress môi trường đều dẫn đến sự tổng hợp ethylene, gây ảnh hưởng bất lợi đến sự phát triển của thực vật. Do đó, kiểm soát sự tổng hợp ethylene trong cây trồng đang trở thành một chiến lược hấp dẫn góp phần tăng năng suất cây

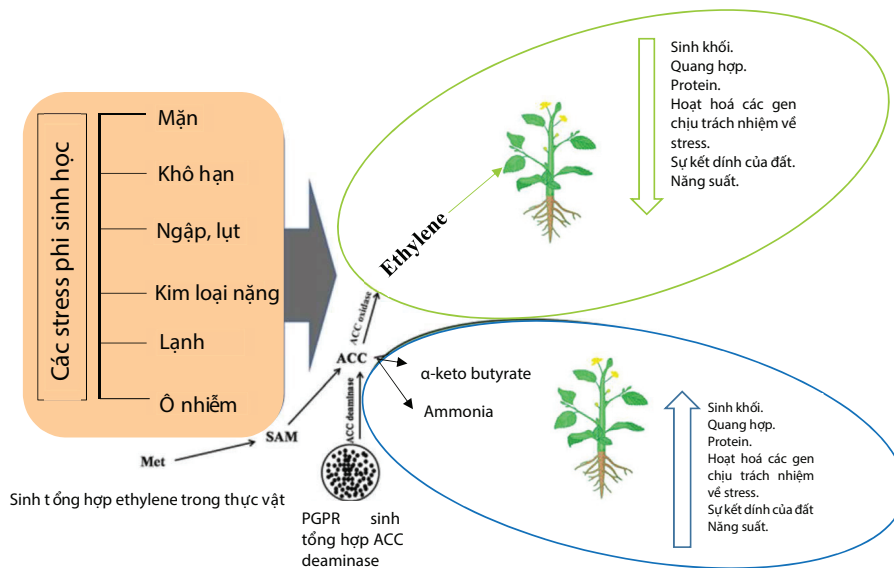
trồng. Những thách thức lớn phải đối mặt trong chọn giống và ứng dụng các kỹ thuật di truyền nhằm khắc phục stress phi sinh học là sự phức tạp của các con đường phản ứng với stress của thực vật. Bên cạnh đó, những can thiệp này tốn nhiều thời gian và có tỷ lệ thành công thấp.

Gần đây, nhiều nhà nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của việc sử dụng PGPR để cải thiện sự sinh trưởng và tăng năng suất của cây dưới tác động của một số stress môi trường [1]. PGPR giúp tăng cường sự sinh trưởng và năng suất của cây bằng một loạt cơ chế như hòa tan các chất dinh dưỡng vô cơ (P, Zn, K), sinh phytohormone, điều tiết stress ethylene và kích thích sự sinh

trưởng của rễ [2]. Đặc biệt, các PGPR chứa ACC deaminase có thể điều hòa quá trình sinh trưởng thực vật trong môi trường khắc nghiệt.

Vai trò của PGPR sản sinh ACC deaminase trong việc giảm nhẹ các stress phi sinh học khác nhau ở cây trồng

Cây trồng luôn phải đối mặt với các yếu tố stress phi sinh học trong môi trường. ACC deaminase từ PGPR bảo vệ cây trồng khỏi những tác động bất lợi của các yếu tố môi trường gây stress như hạn mặn, thiếu hụt nước, ngập úng, nhiệt độ cao, nhiễm độc kim loại và các chất gây ô nhiễm hữu cơ bằng cách làm giảm hoạt động của stress ethylene.



Các stress phi sinh học và chức năng của PGPR sản sinh ACC deaminase ở thực vật thúc đẩy tăng trưởng thông qua các cơ chế khác nhau (Met: methionine; SAM: S-adenosyl methionine).

Hạn mặn

Hạn mặn là một stress môi trường có tác động mạnh làm giảm năng suất, sản lượng của cây trồng toàn cầu. Hạn mặn ngăn cản quá trình quang hợp và tăng hô hấp ở thực vật, thay đổi cân bằng ion trong tế bào thực vật [3]. Tác động chính của hạn mặn lên sinh trưởng của thực vật là làm mất cân bằng dinh dưỡng bằng cách ngăn cản sự hấp thu dinh dưỡng thích hợp, hoặc vận chuyển đến mầm chồi gây ra sự thiếu hụt ion [4]. Các vi khuẩn ACC deaminase từ PGPR được sử dụng rộng rãi để chống lại stress mặn ở nhiều cây trồng như cà chua, lạc... Qua đó giúp cải thiện cân bằng sinh hóa, sinh lý và ion trong điều kiện hạn mặn; cải thiện sự hấp thu chất dinh dưỡng qua lá và tăng cường bộ máy chống oxy hóa; sinh khối

tươi và khô cao hơn, hàm lượng diệp lục cao hơn, nhiều hoa và nụ hơn...

Hạn hán

Sự thiếu hụt nước (do hạn hán) là một stress gây bất lợi mạnh tới sự sinh trưởng và năng suất cây trồng. Hạn hán ảnh hưởng tới chức năng sinh lý và sinh hóa của thực vật như tiềm năng hấp thụ nước giảm, mất sức trương, đóng khí khổng, xáo trộn cấu trúc màng và protein [5]. Toàn bộ stress hạn dẫn đến những tổn thất về sản lượng, do đó cần áp dụng các chiến lược giúp thực vật sinh trưởng tốt hơn dưới điều kiện stress bất lợi này. Các nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng ACC deaminase từ PGPR có tác dụng tăng mức độ biểu hiện mRNA của các enzyme tìm kiếm ROS (Reactive Oxygen Species) khác nhau và tăng hàm lượng hợp

chất proline trong củ, giúp tăng khả năng chống chịu hạn; tăng các phản ứng chống oxy hóa nhờ tăng cường hoạt động của các enzym chống oxy hóa cũng như tăng tích lũy các chất chống oxy hóa như carotenoid và ascorbate; cải thiện sự nảy mầm, chiều dài rễ, chồi và khối lượng tươi của cây; thay đổi các thông số vật lý, sinh lý và sinh hóa khác nhau cũng như điều chỉnh biểu hiện các gen đáp ứng stress khác nhau...

Ngập lụt

Trong bối cảnh hiện nay, biến đổi khí hậu tác động mạnh đến nguồn nước, dẫn đến hiện tượng lụt hay ngập úng bất thường ở một số khu vực trên thế giới [6]. Ngập lụt có thể gây xáo trộn nhiều quá trình sinh lý của thực vật như hô hấp ở rễ, làm môi trường thiếu O₂ (nồng độ O₂ thấp hoặc không có O₂), tác động tới năng suất cây trồng cạn. Trong điều kiện ngập lụt, một lượng ethylene tương đối cao được tổng hợp bên trong mô thực vật do enzym ACC synthase tăng cường hoạt động tại phần rễ bị ngập úng. Lượng ethylene được tổng hợp hầu như không thoát ra khỏi mô thực vật do ngập lụt, dẫn tới nhiều phản ứng khác liên quan đến stress ở thực vật. PGPR có ACC deaminase có khả năng chuyển hướng ACC từ con đường sinh tổng hợp ethylene trong rễ của cây chủ, do đó làm giảm sự tổng hợp ethylene trong cây. Nhiều nhà nghiên cứu đã áp dụng chiến lược này để giảm stress do ngập lụt ở nhiều cây trồng khác nhau.

Nhiệt độ lạnh

Nhiệt độ quá thấp hay quá cao đều làm giảm đáng kể năng suất cây trồng. Sự trao đổi chất ở tế bào thực vật bị phá vỡ bởi sự tăng hoặc giảm nhiệt độ. Sự thay đổi nhiệt độ dẫn đến những biến đổi mạnh mẽ trong cấu trúc màng, đặc tính xúc tác, chức năng của enzyme và sự vận chuyển chất dinh dưỡng [7]. Nhiệt độ trong khoảng 0-15°C được coi là lạnh. Mức nhiệt này làm giảm năng suất ở một số cây trồng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Stress lạnh thường làm giảm tỷ lệ nảy mầm, cây con chậm phát triển, lá úa vàng và giảm đẻ nhánh. Đối với cây trồng, nhiệt độ lạnh làm tổn thương bề mặt, biến màu do hàm lượng diệp lục giảm và nhanh héo rũ, tăng tốc độ già hóa. Tương tự như các stress môi trường khác, nhiệt độ lạnh cũng kích hoạt sự tổng hợp ethylene gây cản trở sự phát triển của cây. Có một số báo cáo về việc sử dụng ACC deaminase từ PGPR để giảm stress lạnh ở nho và cà chua. Theo đó, vi khuẩn giúp kích thích sự phát triển của rễ, sinh khối thực vật và cải thiện khả năng chống chịu stress lạnh; làm giảm nồng độ các chất chuyển hóa liên quan đến stress; cải thiện sự nảy mầm của hạt và sự phát triển của cây dưới stress lạnh.

Kim loại nặng

Sự ô nhiễm đất nông nghiệp do kim loại nặng là mối quan tâm môi trường lớn nhất trên toàn thế giới. Thực vật cần một số vi lượng là kim loại nặng như kẽm,

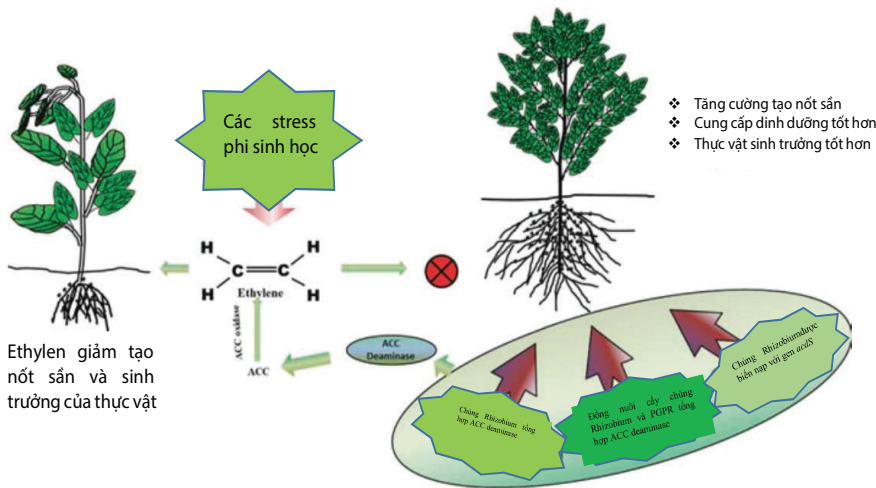
đồng, coban..., nhưng ở nồng độ cao các nguyên tố thiết yếu này gây ảnh hưởng xấu đến sự phát triển của cây. Vì trong hệ thống thực vật, rễ chủ yếu liên quan đến sự hấp thu dinh dưỡng và khoáng, nồng độ cao các kim loại nặng trong đất dẫn tới sự tổng hợp ethylene gây stress, từ đó ức chế sự phát triển của rễ. Thực vật thường được sử dụng để chuyển hóa các hợp chất độc hại (kim loại nặng) thành các chất trung gian ít độc hơn trong đất ô nhiễm, quá trình này được gọi là xử lý ô nhiễm bằng thực vật (phytoremediation). Phytoremediation là một biện pháp xử lý đất bị ô nhiễm hiệu quả, tương đối rẻ và thân thiện với môi trường. Ứng dụng ACC deaminase từ PGPR hỗ trợ phytoremediation bằng cách tăng cường sự phát triển của rễ trong điều kiện stress kim loại, giúp thực vật tăng khả năng hấp thu các kim loại độc hại. Việc ứng dụng ACC deaminase từ PGPR để thúc đẩy sự hấp thu kim loại ở thực vật đã được nhiều nhà khoa học thực hiện và đánh giá cao.

Chất ô nhiễm hữu cơ

Hydrocarbon thơm đa vòng (PAHs), thuốc diệt cỏ và thuốc trừ sâu là nguồn ô nhiễm nhân tạo có thể gây ô nhiễm đất. Các chất ô nhiễm hữu cơ kìm hãm sự phát triển của cây trồng thông qua các cơ chế chưa được xác định, đây là kết quả của việc tạo ra stress ethylene. Việc chỉ sử dụng thực vật để xử lý ô nhiễm đối mặt với nhiều hạn chế. Một số lượng lớn các vi sinh vật đất có

đặc tính phân hủy chất ô nhiễm hữu cơ trong môi trường bao gồm các chất làm lạnh (refrigerants) và dung môi hữu cơ. Các ACC deaminase từ PGPR đã cho thấy kết quả bền vững trong việc tăng cường sự phát triển của thực vật dưới sự hiện diện của các chất ô nhiễm hữu cơ. Các PGPR này cũng có thể hỗ trợ các cây trồng liên quan trong phytoremediation bằng cách biến đổi sinh học các nguyên tố độc hại. Thực tế là ACC deaminase từ PGPR đóng góp phần lớn vào sự kéo dài và sinh trưởng của rễ, điều này có thể giải thích cho hiện tượng các cây chủ xử lý tốt hơn vùng đất bị ô nhiễm bởi hợp chất hữu cơ.

Ngoài khả năng giảm stress nêu trên, ACC deaminase còn giúp tăng nốt sần ở cây trồng trong các điều kiện stress, qua đó giúp cây sinh trưởng, phát triển tốt hơn [8-11]. Đặc biệt, việc sản xuất gen ACC deaminase (*acdS*) không đồng nhất từ *Rhizobium leguminosarum* thành *Sinorhizobium meliloti* và cấy chủng *S. meliloti* đã biến đổi trong cỏ Alfalfa (còn gọi là cỏ linh lăng) giúp tăng cường sự tạo nốt sần lên tới 40% so với cấy chủng *S. meliloti* không biến đổi [12, 13]. Các chiến lược khác nhau để cải thiện sự hình thành nốt sần ở cây họ đậu trong điều kiện stress thông qua việc sử dụng các chủng vi sinh vật vùng rễ có ACC deaminase đã được các nhà khoa học tổng hợp để áp dụng vào thực tiễn.



Ảnh hưởng của PGPR sản sinh ACC deaminase lên sự hình thành nốt sần ở cây họ đậu dưới điều kiện stress phi sinh học.

Thay lời kết

Các điều kiện bất lợi môi trường đang trở thành một vấn đề lớn làm giảm sản lượng nông nghiệp. Việc sử dụng PGPR sản sinh ACC deaminase trong nông nghiệp nhằm giảm thiểu các stress môi trường khác nhau đang được nhiều nhà khoa học quan tâm vì ACC deaminase có khả năng bảo vệ cây khỏi tác động của ethylene trong điều kiện stress phi sinh học. Tuy nhiên, việc sử dụng ACC deaminase từ PGPR để khắc phục stress phi sinh học trong thời gian qua vẫn chưa đạt được nhiều kết quả nổi bật. Do đó, cần sử dụng nhiều chủng thay vì một chủng ACC deaminase riêng lẻ sẽ hiệu quả hơn để hướng tới mục tiêu phát triển nông nghiệp bền vững. Ngoài ra, các nghiên cứu ứng dụng ACC deaminase nên mở rộng số lượng cũng như sự đa dạng của chúng từ các quần xã sinh thái học đa dạng. Bên cạnh đó, một hướng tiếp cận quan

trọng khác là sử dụng PGPR biến đổi gen *acdS* và cây chuyển gen biểu hiện gen *acdS* có nguồn gốc vi sinh vật trong nông nghiệp để giảm thiểu ảnh hưởng của cây trồng trong điều kiện stress bất lợi phi sinh học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] N. Bharti, et al. (2016), "Plant growth promoting rhizobacterial *Dietzia natronolimnaea* modulates the expression of stress responsive genes providing protection of wheat from salinity stress", *Sci. Rep.*, **6**, DOI: 10.1038/srep34768.

[2] I. Gontia Mishra, et al. (2017), "Molecular diversity of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase producing PGPR from wheat (*Triticum aestivum* L.) rhizosphere", *Plant and Soil*, **414**, pp.213-227.

[3] G. Miller, et al. (2010), "Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses", *Plant Cell Environ.*, **33**, pp.453-467.

[4] R. Munns, M. Tester (2008), "Mechanisms of salinity tolerance", *Annu. Rev. Plant Biol.*, **59**, pp.651-681.

[5] M. Kaushal, S.P. Wani (2016), "Plant growth-promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands", *Ann. Microbiol.*, **66**, pp.35-42.

[6] E. Loreti, et al. (2016), "Plant responses to flooding stress", *Curr. Opin. Plant Biol.*, **33**, pp.64-71.

[7] P. Subramanian, et al. (2016), "Cold stress tolerance in psychrotolerant soil bacteria and their conferred chilling resistance in Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) under low temperatures", *PLOS ONE*, **11(8)**, DOI: 10.1371/journal.pone.0161592.

[8] B. Shaharoon, et al. (2011), "Manipulation of ethylene synthesis in roots through bacterial ACC deaminase for improving nodulation in legumes", *Crit. Rev. Plant Sci.*, **30**, pp.279-291.

[9] D. Barnawal, et al. (2013), "ACC deaminase-containing *Bacillus subtilis* reduces stress ethylene-induced damage and improves mycorrhizal colonization and rhizobial nodulation in *Trigonella foenum-graecum* under drought stress", *J. Plant Growth Regul.*, **32**, pp.809-822.

[10] D. Barnawal, et al. (2019), "ACC deaminase-containing arthrobacter protophormiae induces NaCl stress tolerance through reduced ACC oxidase activity and ethylene production resulting in improved nodulation and mycorrhization in *Pisum sativum*", *J. Plant Physiol.*, **171**, pp.884-894.

[11] S. Soussou, et al. (2017), "Rhizobacterial *Pseudomonas* spp. strains harbouring *acdS* gene could enhance metalicolous legume nodulation in Zn/Pb/Cd mine tailings", *Water Air. Soil Pollut.*, **228**, DOI: 10.1007/s11270-017-3309-5.

[12] Khoulood Bessadok, et al. (2020), "The ACC-deaminase producing bacterium *variovorax* sp. CT7.15 as a tool for improving calicotome villosa nodulation and growth in arid regions of Tunisia", *Microorganisms*, **8**, DOI: 10.3390/microorganisms8040541.

[13] Sangeeta Pandey, Shikha Gupta (2020), "Diversity analysis of ACC deaminase producing bacteria associated with rhizosphere of coconut tree (*Cocos nucifera* L.) grown in Lakshadweep islands of India and their ability to promote plant growth under saline conditions", *Journal of Biotechnology*, **324**, pp.183-197.