

Abstract in English

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important staple crops worldwide, providing essential nutrition and serving as a primary food source for billions of people. To ensure stable rice production in diverse environmental conditions, understanding root architecture is critical, as root systems play a vital role in water and nutrient absorption and in withstanding abiotic stresses such as drought and soil salinity. A rice root system consists of three primary types of roots: the crown root, primary root, and lateral root. Among these, the crown root is especially significant as it largely determines the overall structure and functionality of the root system, impacting the plant's capacity to absorb resources and adapt to stress.

This thesis investigates the role of *OsGER4*, a gene implicated in crown root (CR) development, focusing on its function under abiotic stress conditions. Our experimental analyses demonstrate that *OsGER4* significantly enhances crown root formation. Using *OsGER4::GUS* reporter lines, we reveal that *OsGER4* is a hormone-responsive gene expressed primarily in epidermal and vascular tissues during crown root primordia formation and in vascular bundles of mature crown and lateral roots. Its expression patterns are altered when the polar auxin transport inhibitor NPA is applied, indicating that *OsGER4* operates within auxin signaling pathways.

Further, phenotyping studies of *osger4* knockout mutants under exogenous jasmonic acid (JA) treatment showed a marked reduction in crown root formation, underscoring the gene's essential role in JA-mediated root development. Additionally, *osger4* mutant lines exhibited fewer crown roots under auxin treatment compared to wild-type plants, suggesting that *OsGER4* may function as a regulator, modulating auxin distribution to optimize root growth during stress. Under heat stress, *osger4* mutants produced fewer crown roots than wild-type rice, while overexpression of *OsGER4* led to increased crown root formation. Loss of *OsGER4* function also resulted in diminished lateral root development, underscoring its broad impact on root architecture.

To investigate the gain-of-function effects of the *OsGER4* gene, overexpression lines were generated. Phenotypic analysis under exogenous jasmonic

acid (JA) treatment revealed that *OsGER4*-overexpressing transgenic rice lines exhibited a significant increase in crown root formation, demonstrating the beneficial role of *OsGER4* as a positive regulator of root development without altering other phenotypic traits. In addition, *OsGER4* overexpression under heat stress conditions further enhanced crown root formation. Further research is required to explore the effects of these overexpression lines under different stress conditions and hormonal treatments, in order to gain a more comprehensive understanding of the functional roles of *OsGER4*.

These findings reveal the molecular mechanisms by which *OsGER4* interacts with hormonal signals such as auxin and JA to mediate root development. This research provides insights into the potential of *OsGER4* to enhance rice resilience under stress conditions by optimizing root architecture, offering valuable strategies for breeding rice varieties better suited to environmental challenges.

Abstract in Vietnamese

Lúa (*Oryza sativa* L.) là một trong những cây lương thực quan trọng nhất trên thế giới, cung cấp dinh dưỡng thiết yếu và là nguồn thực phẩm chính cho hàng tỷ người. Để đảm bảo sản xuất lúa ổn định trong các điều kiện môi trường đa dạng, việc hiểu biết về cấu trúc bộ rễ là vô cùng quan trọng, vì bộ rễ đóng vai trò chính trong việc hấp thụ nước và dinh dưỡng, cũng như giúp cây chịu đựng các stress phi sinh học như hạn hán và độ mặn của đất. Hệ thống rễ lúa gồm ba loại chính: rễ chùm, rễ tiên phiôi và rễ bên. Trong số đó, rễ chùm đặc biệt quan trọng vì nó quyết định phần lớn cấu trúc và chức năng của hệ thống rễ, ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ dinh dưỡng và thích ứng với các yếu tố stress của cây.

Luận án này nghiên cứu vai trò của gen *OsGER4*, một gen có liên quan đến sự phát triển của rễ chùm (CR), tập trung vào chức năng của nó dưới các điều kiện stress phi sinh học. Các phân tích thực nghiệm của chúng tôi cho thấy *OsGER4* đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy hình thành rễ chùm. Sử dụng dòng promoter *OsGER4::GUS*, chúng tôi phát hiện *OsGER4* là một gen đáp ứng hormone, được biểu hiện chủ yếu ở các mô biểu bì và mô mạch trong quá trình hình thành mầm rễ chùm, cũng như trong các bó mạch của rễ chùm và rễ bên trưởng thành. Mẫu biểu hiện của gen này thay đổi khi sử dụng chất ức chế vận chuyển auxin có tính phân cực NPA, cho thấy *OsGER4* hoạt động trong các con đường tín hiệu của auxin.

Ngoài ra, các nghiên cứu về kiểu hình của các đột biến mất chức năng *osger4* khi xử lý với acid jasmonic (JA) ngoại sinh cho thấy sự giảm đáng kể trong sự hình thành rễ chùm, khẳng định vai trò quan trọng của gen này trong sự phát triển rễ qua trung gian JA. Thêm vào đó, các dòng đột biến *osger4* có ít rễ chùm hơn khi được xử lý với auxin so với cây đại, cho thấy *OsGER4* có thể hoạt động như một yếu tố điều tiết, điều chỉnh phân phối auxin để tối ưu hóa sự phát triển của rễ trong điều kiện stress. Dưới tác động của stress nhiệt, các dòng đột biến *osger4* tạo ra ít rễ chùm hơn so với đối chứng, trong khi sự biểu hiện quá mức của *OsGER4* dẫn đến tăng cường hình thành rễ chùm. Sự mất chức năng của *OsGER4* cũng dẫn đến sự phát triển kém của rễ bên, nhấn mạnh tác động rộng lớn của nó đến cấu trúc bộ rễ.

Để nghiên cứu sâu hơn vai trò của gen *OsGER4*, các dòng lúa chuyển gen biểu hiện quá mức (overexpression) đã được tạo ra. Phân tích kiểu hình khi xử lý bằng acid jasmonic (JA) ngoại sinh cho thấy các dòng *OsGER4*-overexpress có sự gia tăng đáng kể trong việc hình thành rễ chùm. Kết quả này cho thấy *OsGER4* đóng vai trò là một gen điều hòa dương, có lợi trong việc thúc đẩy sự phát triển rễ mà không làm thay đổi các đặc điểm hình thái khác của cây. Ngoài ra, biểu hiện quá mức *OsGER4* dưới điều kiện nhiệt độ cao cũng góp phần làm tăng số lượng rễ chùm. Những nghiên cứu chuyên sâu hơn là cần thiết để đánh giá ảnh hưởng của các dòng overexpress này dưới các loại stress khác cũng như trong điều kiện xử lý với các hormone khác nhau, nhằm làm sáng tỏ đầy đủ hơn chức năng sinh học của gen *OsGER4*.

Những phát hiện này làm sáng tỏ các cơ chế phân tử mà qua đó *OsGER4* tương tác với các tín hiệu hormone như auxin và JA để điều hòa sự phát triển của rễ. Nghiên cứu này cung cấp những hiểu biết về tiềm năng của *OsGER4* trong việc tăng cường khả năng chịu đựng stress của cây lúa bằng cách tối ưu hóa cấu trúc bộ rễ, từ đó mang lại các chiến lược hữu ích cho việc lai tạo các giống lúa phù hợp hơn với các abiotic stress .