

ĐÁNH GIÁ SỰ BIỂU HIỆN CỦA CÁC GEN MÃ HÓA NHÂN TỐ PHIÊN MÃ *GmNAC092*, *GmNAC083* VÀ *GmNAC057* TRONG ĐÁP ỨNG HẠN Ở HAI GIỐNG ĐẬU TƯƠNG Williams 82 VÀ MTD777-2

Nguyễn Bình Anh Thư, Hoàng Thị Lan Xuân, Nguyễn Phương Thảo*

Trường Đại học Quốc tế, ĐHQG tp. Hồ Chí Minh, *npthao@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT: Đậu tương là một trong những giống cây trồng chịu hạn kém, vì vậy, năng suất của chúng bị ảnh hưởng đáng kể bởi các stress môi trường, đặc biệt là hạn hán. Trong hai giống đậu tương được chúng tôi nghiên cứu, MTD777-2 là giống chịu hạn tốt hơn giống đối chứng Williams 82 dựa trên việc đánh giá các đặc tính phát triển của thân và rễ dưới điều kiện xử lý bằng gây hạn nhân tạo và điều kiện thường. Kết quả kiểm tra Realtime RT-PCR định lượng cho các mẫu mô xử lý ở điều kiện hạn cho thấy, gen *GmNAC092* ở giống MTD777-2 có sự biểu hiện vượt mức trong cả thân và rễ so với điều kiện thường. Trong khi đó, ở giống Williams 82 có biểu hiện gia tăng gen *GmNAC092* ở mức thấp hơn đáng kể so với MTD777-2. Dựa trên kết quả này, có thể xem *GmNAC092* là nhân tố điều hòa dương tính tiềm năng cho đáp ứng hạn ở đậu tương. Sự biểu hiện *GmNAC057* trong các mô của MTD777-2 thấp hơn Williams 82 dưới cả hai điều kiện, tuy nhiên lại gia tăng dưới điều kiện hạn so với điều kiện thường, điều này cho thấy vai trò điều hòa âm tính của nhân tố này chưa thực sự rõ ràng. Trong khi đó, ở điều kiện hạn, sự biểu hiện của gen *GmNAC083* giảm đáng kể trong mô rễ của giống MTD777-2, đồng thời có biểu hiện thấp ở MTD777-2 so với giống Williams 82. Do đó, chúng tôi cho rằng *GmNAC083* có vai trò điều hòa âm tính ở mô rễ trong cơ chế đáp ứng hạn ở đậu tương. Các gen ứng viên tiềm năng trên có thể được sử dụng nhằm tăng cường tính chịu hạn ở đậu tương bằng công nghệ gen.

Từ khóa: Đậu tương, gen chịu hạn, gen mã hóa.

MỞ ĐẦU

Đậu tương (*Glycine max* (L.) Merrill) là một trong những cây trồng có giá trị kinh tế hàng đầu trên thế giới. Đậu tương chứa hàm lượng lớn dầu thực vật, protein, các yếu tố đa lượng và các thành phần khoáng có lợi cho sức khỏe con người như hàm lượng thấp cholesterol, ngăn chặn các bệnh tiểu đường, ung thư và béo phì [14]. Theo thống kê của Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ năm 2012, Việt Nam với diện tích 180.000 hecta trồng đậu tương đã sản xuất được khoảng 270.000 tấn trong khi đó lượng đậu tương nhập khẩu từ các quốc gia khác là 1,23 triệu tấn [12]. Sản xuất trong nước chỉ đáp ứng được khoảng 18% so với nhu cầu. Mặt khác sản lượng đậu tương ở Việt Nam thấp do bị tác động bởi stress môi trường trong đó chủ yếu là stress hạn, làm giảm đáng kể 40% năng suất, đây cũng là lý do chính ảnh hưởng đến năng suất đậu tương trên toàn thế giới [2,8]. Do đó, trong những thập kỷ qua, các nghiên cứu tại Việt Nam tập trung chủ yếu phát triển các giống đậu tương chịu hạn bằng lai tạo, công nghệ chuyển gen hoặc thông qua các phương pháp gây đột biến bằng chiếu xạ.

Dưới stress hạn, các cây trồng biểu hiện các đặc tính sinh lý cũng như các thay đổi trong sự biểu hiện các gen điều hòa và chức năng liên quan nhằm tăng cường tính chịu hạn. Một trong số các họ gen đã được khảo sát là NAC (NAM-no apical meristem, ATAF-*Arabidopsis* transcription activation factor, CUC-cup-shaped cotyledon). Các protein thuộc họ gen này có vai trò điều hòa sự hoạt hóa phiên mã trong quá trình phát triển rễ phụ, tăng trưởng, héo rũ và đáp ứng với stress môi trường đặc biệt là stress hạn [10]. Đã có khoảng 105 thành viên họ NAC được biết ở *Arabidopsis* và 140 ở lúa [11]. Le et al. (2011) [5] đã xác định 152 thành viên họ NAC ở giống đậu tương Williams 82, đồng thời có 25 gen *GmNAC* được cảm ứng dưới điều kiện mất nước ở 2 h và 10 h.

Để xác định các gen *GmNAC* thành viên tiềm năng cho việc tăng cường tính chịu hạn ở đậu tương, chúng tôi đã phân tích biểu hiện của ba gen *GmNAC092*, *GmNAC083* và *GmNAC057* bằng kỹ thuật Real-time RT-PCR để định lượng ở giống mô hình Williams 82 và giống Việt Nam lai tạo MTD777-2. Việc xác định rõ vai trò điều hòa của các gen họ *GmNAC*

ở đậu tương sẽ có ý nghĩa trong ứng dụng tạo giống đậu tương chịu hạn bằng công nghệ gen.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu và điều kiện trồng

Hai giống đậu tương nghiên cứu là Williams 82 (trường Đại học Missouri, Hoa Kỳ) và MTD777-2 (Trung tâm Nghiên cứu đậu tương thuộc Trường Đại học Cần Thơ). Điều kiện nhà lưới là điều kiện ánh sáng tự nhiên, nhiệt độ từ 28-30°C, quang kỳ 12h.

Đánh giá đặc điểm sinh lý hạn

Chúng tôi sử dụng hệ thống ống nhựa hình trụ có chiều cao 80 cm, đường kính 10 cm theo phương pháp của Manavalan et al. (2010) [9]. Mỗi giống được chia thành hai nhóm. Một nhóm được tưới nước đầy đủ cho đến khi xuất hiện 3 lá thật đầu tiên thì bắt đầu dừng tưới nước trong 15 ngày, nhóm còn lại (đối chứng) được duy trì tưới nước đều đặn. Các mẫu thân và rễ được sấy ở 65°C trong 24 h nhằm xác định chỉ tiêu khối lượng khô. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần, 20 cây cho mỗi giống. Tất cả dữ liệu được xử lý bằng phân tích ANOVA, phần mềm thống kê SAS 9.13.

Tách chiết RNA và tổng hợp cDNA

Các mẫu mô của hai giống từ nhóm gây hạn nhân tạo và đối chứng được nghiền trong nito lỏng. RNA tổng số được tách chiết và thu nhận bằng bộ kit Trizol và PureLink RNA Mini Kit (Invitrogen, Hoa Kỳ), đồng thời được tinh sạch loại bỏ DNA bằng DNaseI (On-column PureLink DNase, Invitrogen, Hoa Kỳ). Các mẫu RNA được kiểm tra nồng độ bằng máy đo quang phổ UV-Vis (Biotek, Hoa Kỳ) và được tổng hợp cDNA một mạch từ 1 µg RNA với bộ kit tổng hợp cDNA (Invitrogen, Hoa Kỳ).

Phân tích Real-time RT-PCR định lượng

Trình tự mỗi đặc trưng cho ba gen *GmNAC092*, *GmNAC083* và *GmNAC057* được sử dụng theo nghiên cứu của Le et al. (2011, 2012) [5, 6]. Nồng độ mỗi là 0,4 µM trong thể tích phản ứng là 25 µl. Gen *Fbox* được sử dụng làm gen tham khảo để định lượng tương đối biểu hiện gen đích [7]. Phản ứng Real-time PCR định lượng được thực hiện 10 phút ở 95°C, 40 chu kỳ của 95°C (15 giây) và 60°C (1 phút)

(Realplex Eppendorf, Đức). Để kiểm tra số lượng sản phẩm được khuếch đại, thực hiện phân tích đường cong nóng chảy bằng cách giữ 15 giây ở 95°C trước khi gia tăng từ 60°C lên 95°C. Phương pháp delta C_t được sử dụng để so sánh tương đối mức độ biểu hiện gen các mô, các điều kiện trồng hay các giống khác nhau [1].

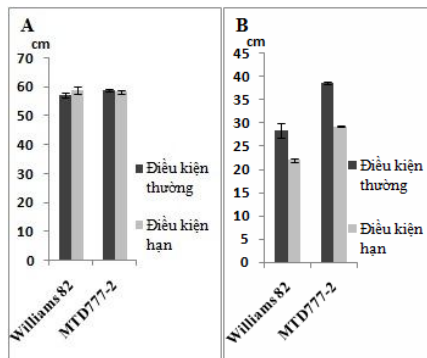
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đặc điểm sinh lý hạn của Williams 82 và MTD777-2

Các kết quả sau khi gây hạn 15 ngày cho thấy chiều dài rễ giữa hai giống ở điều kiện thường có khác biệt về thống kê ($p < 0,05$), MTD777-2 có chiều dài rễ dài hơn Williams 82 (58,8 và 57,2 cm) (hình 1A), trong khi không có sự khác biệt đáng kể về chiều dài rễ giữa Williams 82 và MTD777-2 dưới điều kiện hạn (58,7 và 58,2 cm) ($p > 0,05$). Như vậy, dưới điều kiện thường, MTD777-2 có sự tăng trưởng về chiều dài rễ tốt hơn Williams 82. Tuy nhiên, dưới điều kiện hạn, sự tăng trưởng không có khác biệt rõ rệt.

Trong khi đó, số liệu về chiều dài thân cho thấy có khác biệt thống kê giữa điều kiện thường và hạn cũng như giữa hai giống. Dưới điều kiện thường, MTD777-2 có chiều dài thân cao hơn Williams 82 (38,7 và 28,4 cm). Kết quả quan sát cũng tương tự dưới điều kiện hạn, MTD777-2 có chiều dài thân là 29,3 cm trong khi Williams 82 là 22 cm (hình 1B). Kết quả này cho thấy MTD777-2 tăng trưởng thân tốt hơn Williams 82 dưới cả hai điều kiện.

Nghiên cứu của Hoogenboom et al. (1987) [4] và Specht et al. (2001) [13] cũng nhận thấy sự ức chế thân ở đậu tương dưới điều kiện stress hạn. Các loại cây trồng đều có xu hướng giảm đáng kể tăng trưởng thân lên đến 25% dưới điều kiện hạn [15]. Trong khi đó, sự tăng trưởng về rễ tương đối ít bị ức chế hơn sự tăng trưởng ở thân. Sự tăng trưởng rễ là dữ liệu quan trọng giúp đánh giá khả năng chịu hạn của giống đậu tương vì rễ giúp tăng cường sự hấp thu và tìm kiếm nước dưới tình trạng stress. Trong nghiên cứu của chúng tôi, cả hai giống đều có sự ức chế không đáng kể về tăng trưởng rễ trong khi có sự ức chế đáng kể ở thân dưới điều kiện hạn.



Hình 1. Tăng trưởng rễ và thân của Williams 82 và MTD777-2 dưới điều kiện thường và điều kiện hạn

- A. Chiều dài rễ dưới điều kiện thường và hạn;
B. Chiều dài thân dưới điều kiện thường và hạn.

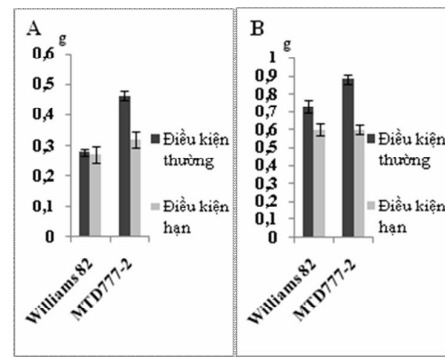
Dưới điều kiện thường, khối lượng khô rễ của Williams 82 và MTD777-2 lần lượt là 0,28 và 0,46 g ($p < 0,05$). Khối lượng khô rễ dưới điều kiện hạn của Williams 82 và MTD777-2 tương ứng là 0,27 và 0,32 g ($p < 0,05$) (hình 2A). Kết quả về khối lượng khô thân cho thấy, Williams 82 có giá trị thấp hơn MTD777-2 dưới điều kiện thường (0,73 và 0,88 g) ($p < 0,05$). Tuy nhiên, dưới điều kiện hạn, khối lượng khô thân giữa hai giống là tương đương với giá trị 0,6 g ($p > 0,05$), mặc dù đều có sự giảm khối lượng khô giữa hai giống (hình 2B).

Sự giảm khối lượng khô rễ là do sự giảm trong tăng trưởng rễ phụ cũng như sinh khối rễ mặc dù chiều dài rễ chính không bị tác động đáng kể. Số lượng nhánh và sinh khối trong thân giảm là lý do cho thấy sự giảm đáng kể khối lượng khô thân [3].

Số liệu về chiều dài rễ và khối lượng khô rễ đều cho thấy dưới stress hạn, MTD777-2 có tăng trưởng rễ phụ tốt hơn Williams 82 mặc dù chiều dài rễ chính không khác biệt đáng kể. Tương tự, số liệu chiều dài thân cũng cho thấy tăng trưởng thân tốt hơn mặc dù khối lượng khô thân không khác biệt dưới điều kiện hạn. Điều này cho thấy MTD777-2 có đặc tính chịu hạn tốt hơn Williams 82.

Đánh giá biểu hiện gen *GmNAC092*, *GmNAC083*, *GmNAC057*

Kết quả về đặc điểm sinh lý hạn là cơ sở cho việc so sánh ở mức độ phân tử có liên quan

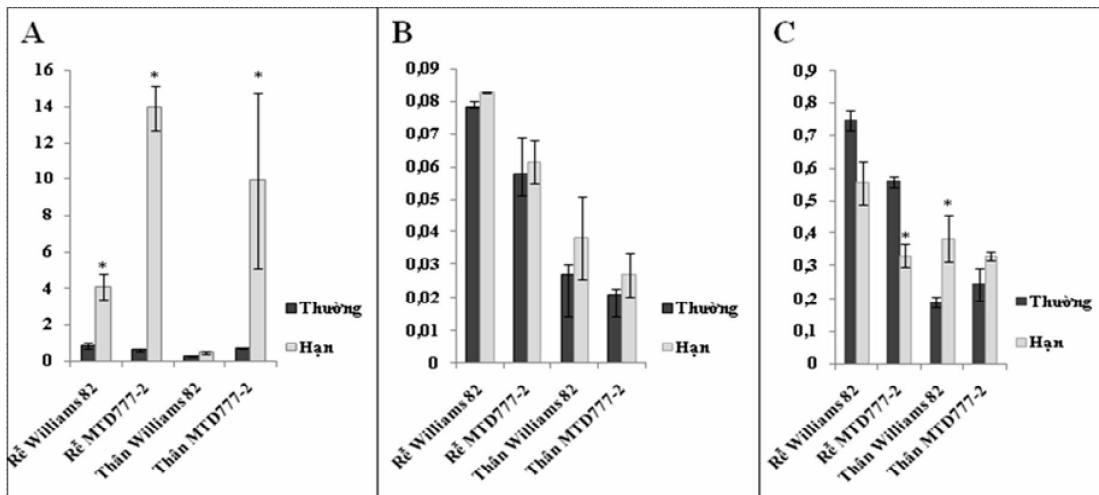


Hình 2. Khối lượng khô rễ và thân của Williams 82 và MTD777-2 dưới điều kiện thường và điều kiện hạn

- A. Khối lượng khô rễ dưới điều kiện thường và hạn;
B. Khối lượng khô thân dưới điều kiện thường và hạn

đến đáp ứng hạn ở đậu tương nhằm chọn gen ứng viên tiềm năng.

Nghiên cứu của Le et al. (2011) [5] trên Williams 82 cho thấy dưới điều kiện mất nước 2 h, sự biểu hiện *GmNAC092* gia tăng gấp 2 lần ở rễ và 1,5 lần ở thân. Nếu tiếp tục duy trì điều kiện mất nước trong 10h thì sự gia tăng đáng kể lên đến 8 lần ở rễ trong khi ở thân chỉ là 2 lần. Kết quả nghiên cứu nhóm tác giả này năm 2012 [6] cũng cho thấy ở mô lá có sự cảm ứng gia tăng *GmNAC092* lên đến 44 lần trong thời gian hạn 5 ngày ở cây 28 ngày tuổi. Nghiên cứu của chúng tôi với thời gian xử lý hạn 15 ngày ở cây giai đoạn cụm 3 lá tương đương 11 ngày tuổi cho thấy số lần cảm ứng biểu hiện ít hơn so với giai đoạn gây hạn ở 28 ngày tuổi và cao hơn khi xử lý hạn theo phương pháp phơi khô. Cụ thể biểu hiện *GmNAC092* đều có sự gia tăng đáng kể ở cả 2 giống dưới điều kiện hạn. Williams 82 có sự gia tăng biểu hiện *GmNAC092* ở mô rễ lên đến 4 lần dưới điều kiện stress hạn, trong khi đó cùng loại mô tương ứng, MTD777-2 có sự cảm ứng biểu hiện lên đến 22 lần, gấp 3 lần so với Williams 82 dưới điều kiện hạn. Ở mô thân, dưới stress hạn, trong khi Williams 82 không có sự cảm ứng biểu hiện, MTD777-2 có sự gia tăng biểu hiện lên đến 13 lần (hình 3A). Dựa trên kết quả này, *GmNAC092* có thể được xem như là nhân tố điều hòa dương tính tiềm năng vì có cảm ứng gia tăng biểu hiện dưới stress hạn ở giống có đáp ứng hạn tốt hơn.



Hình 3. Sự biểu hiện tương đối của *GmNAC092* (A), *GmNAC057* (B) và *GmNAC083* (C) ở mô rễ và thân của Williams 82 và MTD777-2 dưới điều kiện thường và hạn

Sự biểu hiện được phân tích bằng phương pháp Real-time RT-PCR và chuẩn hóa tương đối với *Fbox*. Dấu (*) cho thấy sự khác biệt đáng kể >2 lần trong sự cảm ứng biểu hiện gen ở điều kiện hạn so với điều kiện thường với 3 lần lặp lại.

Dựa trên các kết quả của Le et al. (2012) [6], *GmNAC057* giảm biểu hiện đến 27 lần dưới stress hạn, chúng tôi đã chọn gen này để khảo sát vai trò điều hòa âm tính của nó. Theo phương pháp xử lý hạn của chúng tôi, mặc dù sự biểu hiện *GmNAC057* ở các mô xử lý của MTD777-2 dưới hai điều kiện đều thấp hơn so với Williams 82 ($p < 0,05$), nhưng dưới điều kiện hạn *GmNAC057* có gia tăng biểu hiện không đáng kể ở các mô thân và rễ của MTD777-2 so với điều kiện thường (<2 lần) (hình 3B). Kết quả này cũng tương ứng với kết quả của Le et al. (2011) [5], biểu hiện *GmNAC057* ở rễ không thay đổi đáng kể và có gia tăng cảm ứng 3 lần ở thân dưới điều kiện mất nước 10 h so với đối chứng 0 h. Dựa trên kết quả này, vai trò điều hòa âm tính của *GmNAC057* chưa thể kết luận rõ ràng.

Từ lập luận trên, chúng tôi tiến hành khảo sát thêm biểu hiện của *GmNAC083* đã được Le et al. (2011) [5] công bố là có biểu hiện giảm 1,67 lần (<2 lần) ở thân và tăng 5 lần ở rễ dưới điều kiện mất nước 10h. Trong nghiên cứu của chúng tôi, dưới stress hạn, mô rễ của hai giống đều có sự giảm biểu hiện *GmNAC083*. Ở mô

thân xử lý hạn, Williams 82 có biểu hiện gia tăng *GmNAC083* lên đến 2 lần trong khi ở MTD777-2 thì gia tăng không đáng kể (<2 lần) (hình 3C). Mặt khác, ở giống có đáp ứng hạn tốt hơn là MTD777-2, biểu hiện của *GmNAC083* ở các mô xử lý đều thấp hơn đáng kể Williams 82 dưới cả hai điều kiện. Như vậy, sự giảm biểu hiện ở rễ dưới stress hạn và biểu hiện thấp ở giống đáp ứng hạn tốt hơn cho thấy vai trò điều hòa âm tính tiềm năng của *GmNAC083* trong cơ chế chịu hạn ở đậu tương.

KẾT LUẬN

Dưới điều kiện hạn, mặc dù chiều dài rễ chính không có khác biệt giữa 2 giống, tuy nhiên, MTD777-2 có đáp ứng hạn tốt hơn Williams 82 về mặt sinh lý vì có khả năng phát triển rễ phụ, chiều dài thân và khối lượng khô thân cao hơn Williams 82.

Sự cảm ứng gia tăng biểu hiện *GmNAC092* ở MTD777-2 cao hơn Williams 82 ở cả hai mô thân và rễ, đồng thời *GmNAC092* cũng được gia tăng cảm ứng dưới điều kiện hạn. Vì vậy, có thể coi *GmNAC092* là nhân tố điều hòa dương tính tiềm năng trong đáp ứng hạn ở đậu tương.

Mặc dù biểu hiện *GmNAC057* ở MTD777-2 thấp hơn trong cả hai điều kiện xử lý so với Williams 82, nhưng dưới stress hạn, lại có sự gia tăng biểu hiện *GmNAC057*, do đó việc kết

lượn vai trò điều hòa âm tính của *GmNAC057* cần được nghiên cứu thêm.

Sự giảm biểu hiện *GmNAC083* dưới điều kiện hạn và biểu hiện thấp ở giống có đáp ứng hạn tốt hơn cho thấy, *GmNAC083* là nhân tố điều hòa âm tính tiềm năng đặc trưng ở mô rễ.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 106.16-2011.37.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Arya M., Shergill I. S., Williamson M., Gommersall L., Arya N., Patel H. R., 2005. Basic principles of real-time quantitative PCR. *Expert Rev. Mol. Diag.*, 5(2): 209-219.
- Clement M., Lambert A., Herouart D., Boncompagni E., 2008. Identification of new up-regulated genes under drought stress in soybean nodules. *Gene*, 426(1): 15-22.
- Farooq M., Basra S., Wahid A., Cheema Z., Cheema M., Khaliq A., 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *J. Agron. Crop. Sci.*, 194(5): 325-333.
- Hoogenboom G., Huck M., Peterson C. M., 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agron. J.*, 79(4): 607-614.
- Le D. T., Nishiyama R., Watanabe Y., Mochida K., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K., Tran L. S. P., 2011. Genome-wide survey and expression analysis of the plant-specific NAC transcription factor family in soybean during development and dehydration stress. *DNA Res.*, 18(4): 263-276.
- Le D. T., Nishiyama R., Watanabe Y., Tanaka M., Seki M., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K., Tran L.-S. P., 2012. Differential gene expression in soybean leaf tissues at late developmental stages under drought stress revealed by genome-wide transcriptome analysis. *PLoS One*, 7(11): e49522.
- Le D. T., Aldrich D. L., Valliyodan B., Watanabe Y., Van Ha C., Nishiyama R., Guttikonda S. K., Quach T. N., Gutierrez-Gonzalez J. J., Tran L.-S. P., 2012. Evaluation of candidate reference genes for normalization of quantitative RT-PCR in soybean tissues under various abiotic stress conditions. *PLoS One*, 7(9): 1-10.
- Manavalan L. P., Guttikonda S. K., Tran L. S. P., Nguyen H. T., 2009. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. *Plant Cell Physiol.*, 50(7): 1260-1276.
- Manavalan L. P., Guttikonda S. K., Nguyen V. T., Shannon J. G., Nguyen H. T., 2010. Evaluation of diverse soybean germplasm for root growth and architecture. *Plant Soil*, 330(1):503-514.
- Puranik S., Sahu P. P., Srivastava P. S., Prasad M., 2012. NAC proteins: regulation and role in stress tolerance. *Trends Plant Sci.*, 17(6):369-381.
- Riechmann J. L., Ratcliffe O. J., 2000. A genomic perspective on plant transcription factors. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 3:423-434.
- Sản xuất và diện tích trồng đậu tương, Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ, Văn phòng nông nghiệp nước ngoài: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=906&hidReportRetrievalTemplateID=1>
- Specht J., Chase K., Macrander M., Graef G., Chung J., Markwell J., Germann M., Orf J., Lark K., 2001. Soybean Response to Water. *Crop. Sci.*, 41(2): 493-509.
- Watanabe S., Uesugi S., Kikuchi Y., 2002. Isoflavones for prevention of cancer, cardiovascular diseases, gynecological problems and possible immune potentiation. *Biomed. Pharmacother.*, 56(6): 302-312.
- Wu Q. S., Xia R. X., Zou Y. N., 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. *Eur. J. Soil. Biol.*, 44(1): 122-128.

**STUDIES ON EXPRESSION OF TRANSCRIPTIONAL FACTOR GENES
GmNAC092, *GmNAC083* AND *GmNAC057* IN RESPONSE TO DROUGHT STRESS
OF TWO SOYBEAN VARIETIES Williams 82 AND Mtd777-2 FOR ENHANCING
DROUGHT TOLERANCE BY GENETIC ENGINEERING**

Nguyen Binh Anh Thu, Hoang Thi Lan Xuan, Nguyen Phuong Thao

International University, Vietnam National University

SUMMARY

Soybean is a drought-sensitive crop, thus their productivity is significantly affected by this factor. Among two soybean varieties studied, based on the evaluation of root and shoot growth and architecture under drought treatment and normal condition, our results showed that MTD777-2 is more drought-resistant than the control Williams 82. The quantitative Realtime-PCR results of different tissue samples showed that there was an over expression of *GmNAC092* in both shoot and root of MTD777-2 under drought condition compared to that under normal condition. Meanwhile, the expression increase of *GmNAC092* in William 82 was significantly lower than that in MTD777-2. As a result, we conclude that *GmNAC092* is a potential positive regulator for drought response in soybean. The expression of *GmNAC057* in specific tissues of MTD777-2 was lower than that of Williams 82 under both conditions ; however, there was an up-regulation of *GmNAC057* under water stress. This showed that negative regulating role of *GmNAC057* was still unclear. Besides that, *GmNAC083* showed a significant expression reduction in root tissue of MTD777-2 under drought treatment, as well as a lower expression in MTD777-2 than in Williams 82. Therefore, *GmNAC083* might be a negative regulator in drought response of root tissue in soybean. These selected candidate genes can be used later for enhancing drought-tolerance of soybean via genetic engineering.

Keywords: Drought stress, *GmNAC057*, *GmNAC083*, *GmNAC092*, soybean.

Ngày nhận bài: 15-7-2013