

MỘT SỐ BIẾN ĐỔI SINH LÝ Ở HẠT NẢY MẦM VÀ CÂY NON ĐẬU TƯƠNG TRONG ĐIỀU KIỆN NHIỆT ĐỘ THẤP

Ong Xuân Phong^{1*}, Nguyễn Văn Mã²

¹Trung tâm hỗ trợ Nghiên cứu khoa học & Chuyển giao công nghệ, Trường ĐHSP Hà Nội 2
²Khoa Sinh kỹ thuật Nông nghiệp, Trường ĐHSP Hà Nội 2

Email*: xuanphongsp2@gmail.com

Ngày gửi bài: 25.07.2014

Ngày chấp nhận: 11.10.2014

TÓM TẮT

Nghiên cứu một số biến đổi về sinh lý, hoá sinh ở hạt nảy mầm và cây non 2 giống đậu tương DT2008 và DT84 ở điều kiện nhiệt độ thấp (8°C, 12°C, 16°C và 25°C làm đối chứng). Hạt nảy mầm và cây non sinh trưởng trong buồng Microclima AXYOS E800. Các chỉ tiêu nghiên cứu được đo bằng các thiết bị đo tự động có thể kết nối với máy tính. Kết quả cho thấy dưới ảnh hưởng của nhiệt độ thấp, tỷ lệ nảy mầm, hiệu suất huỳnh quang diệp lục và cường độ quang hợp giảm sút rõ rệt, trong khi đó hàm lượng prolin và glyxin betain ở mầm và lá tăng cao. Ảnh hưởng của nhiệt độ thấp biểu hiện rõ nét nhất khi nhiệt độ xuống thấp tới 8°C và ở những ngày đầu thí nghiệm.

Từ khoá: Biến đổi, cây non, đậu tương, hạt nảy mầm, nhiệt độ thấp, sinh lý.

Some Physiological Changes of Germinating Seeds and Seedlings of Soybean in Low Temperature Conditions

ABSTRACT

A study on physiological and biochemical changes of germinating seeds and seedlings of two soybean varieties DT2008 and DT84 in low temperature conditions (8°C, 12°C, 16°C and 25°C as control) were carried out. The germinating seeds and seedlings were grown in Microclima chamber AXYOS E800 and the parameters were measured by the automatical devices connected to computers. The results showed that germination rate, chlorophyll fluorescence performance and photosynthetic intensity reduced markedly under the influence of low temperatures, while proline and glycine betaine content in sprouts and leaves increased dramatically. The influence of low temperatures expressed most clearly when the temperature lowered down to 8°C and in the early days of the experiment.

Keywords: Germinating seed, low temperature, physiological change, seedling, soybean.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây khí hậu trái đất có nhiều biến động phức tạp. Nhiệt độ thấp thường xuất hiện nhiều lần và kéo dài thời gian hơn trước đây làm ảnh hưởng tới sự sinh trưởng của nhiều cây trồng trong đó có đậu tương. Nhiệt độ thấp thường gây cản trở quá trình nảy mầm của hạt, làm giảm hoạt động của bộ máy quang hợp. Khi gặp điều kiện môi trường bất lợi ở cây trồng thường hình thành một số khả năng thích nghi, trong đó có sự

thay đổi cường độ các quá trình sinh lý, tổng hợp chất có vai trò bảo vệ như prolin, glyxin betain. Đã có khá nhiều nghiên cứu về khả năng chịu hạn, chịu mặn ở đậu tương (Đinh Thị Vĩnh Hà và cs., 2009; Nguyễn Thị Thúy Hương và cs., 2008; Phang et al., 2008) nhưng có rất ít nghiên cứu về khả năng chịu rét của đậu tương (La Việt Hồng và cs., 2014).

Nghiên cứu này đi sâu làm rõ một số biến đổi sinh lý bên trong hạt đậu tương nảy mầm và cây non trong điều kiện nhiệt độ thấp để hiểu

bản chất phản ứng của cây đậu tương ở giai đoạn sinh trưởng đầu tiên đối với một tác nhân môi trường ngày càng ảnh hưởng mạnh mẽ đến cây trồng ở nước ta, đồng thời làm cơ sở cho nghiên cứu về chống chịu khi đã có các nghiên cứu trong và ngoài nước về chống chịu hạn, mặn ở đậu tương (Nguyễn Thị Thúy Hằng và cs., 2008; Phang et al., 2008).

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Bố trí thí nghiệm

Hạt đậu tương của 2 giống DT84, DT2008 (do Viện Di truyền Nông nghiệp cung cấp) được gieo trong khay nhựa kích thước 20 x 30cm cho 2 giống với 3 lần nhắc lại rồi đặt trong buồng khí hậu nhân tạo XYOS E800 lần lượt với các ngưỡng nhiệt tương ứng là 8°C, 12°C, 16°C và 25°C (làm đối chứng). Hàng ngày bổ sung nước cát. Cây non được trồng trong chậu nhỏ kích thước 20 x 20cm chứa hạt nhựa làm giá thể và nuôi cây bằng dung dịch Knop.

Xác định tỉ lệ nảy mầm theo công thức P (%) = (số hạt nảy mầm/tổng số hạt gieo) x 100.

Xác định hàm lượng prolin ở thân mầm, lá giai đoạn cây non (cây có 4 lá) theo phương pháp của Bates (1973) đã được Đinh Thị Phòng cải tiến (2001).

Xác định huỳnh quang diệp lục và cường độ quang hợp ở lá non theo Nguyễn Văn Mã và cs., (2013).

Hàm lượng glyxin betain ở thân mầm, lá giai đoạn cây non (cây có 4 lá) được xác định theo phương pháp của Grieve and Grattan (1983).

2.2. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý thống kê trên Excel.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tỷ lệ nảy mầm của hạt đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp

Điều kiện ngoại cảnh thường tác động rất lớn đến quá trình nảy mầm của hạt. Trong thí nghiệm của chúng tôi cho thấy, nhiệt độ thấp ảnh hưởng rõ rệt đến tỉ lệ nảy mầm của hạt.

Kết quả bảng 1 cho thấy, khi nhiệt độ hạ thấp tỷ lệ nảy mầm của hạt đậu tương giảm sút rất rõ rệt. Khi nhiệt độ là 25°C tỉ lệ nảy mầm đạt 97,23% (giống DT2008) và 96,11% (giống DT84) khi hạ nhiệt độ xuống 16°C thì tỉ lệ nảy mầm hạ thấp xuống 57,22% đối với giống DT2008 và 55,0% đối với giống DT84. Đặc biệt, ở nhiệt độ 8°C tỉ lệ nảy mầm của đậu tương ở 2 giống nghiên cứu đều hạ thấp xuống 22,22% (giống DT84) và 26,11% (giống DT2008). Kết quả ở bảng 1 cũng cho thấy, tỉ lệ nảy mầm của giống DT2008 cao hơn so với giống DT84, tuy nhiên không nhiều.

3.2. Hàm lượng prolin ở đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp

Hàm lượng prolin trong cây đóng vai trò rất quan trọng đối với khả năng chống chịu. Sự tích lũy các phân tử prolin có ý nghĩa rất quan trọng, chúng đóng vai trò nòng cốt trong việc duy trì sức trương của tế bào và hấp thụ nước dưới tác động của stress (Balibrea et al., 2000; Naidoo và Naidoo, 2001; Đinh Thị Vĩnh Hà và cs., 2009). Hàm lượng prolin của đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp ở giai đoạn mầm và giai đoạn cây non được thể hiện ở bảng 2.

Số liệu ở bảng 2 cho thấy dưới tác động của nhiệt độ thấp, hàm lượng prolin tăng lên rõ rệt ở mầm và lá cây non. Nhiệt độ càng xuống thấp

Bảng 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tỉ lệ nảy mầm của đậu tương sau 5 ngày gieo (%)

Nhiệt độ (°C)	Giống DT2008	Giống DT84
8	26,11	22,22
12	40,66	37,88
16	57,22	55,00
25	97,23	96,11

Bảng 2. Hàm lượng prolin ở cây đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp ($\mu\text{mol/g}$)

Công thức		Mầm		Lá non	
		DT2008	DT84	DT2008	DT84
Ngày 2	8 ⁰ C	1,682 $\pm$ 0,008	1,474 $\pm$ 0,012	0,913 $\pm$ 0,026	0,807 $\pm$ 0,045
	12 ⁰ C	1,473 $\pm$ 0,013	1,343 $\pm$ 0,007	0,837 $\pm$ 0,019	0,789 $\pm$ 0,017
	16 ⁰ C	1,346 $\pm$ 0,011	1,247 $\pm$ 0,007	0,681 $\pm$ 0,012	0,662 $\pm$ 0,016
	25 ⁰ C	0,813 $\pm$ 0,006	0,814 $\pm$ 0,014	0,607 $\pm$ 0,028	0,580 $\pm$ 0,011
Ngày 4	8 ⁰ C	1,783 $\pm$ 0,011	1,483 $\pm$ 0,009	1,119 $\pm$ 0,010	1,043 $\pm$ 0,013
	12 ⁰ C	1,523 $\pm$ 0,009	1,343 $\pm$ 0,011	0,979 $\pm$ 0,031	0,898 $\pm$ 0,036
	16 ⁰ C	1,396 $\pm$ 0,013	1,286 $\pm$ 0,008	0,715 $\pm$ 0,022	0,612 $\pm$ 0,017
	25 ⁰ C	0,816 $\pm$ 0,008	0,810 $\pm$ 0,010	0,614 $\pm$ 0,011	0,586 $\pm$ 0,024
Ngày 6	8 ⁰ C	1,765 $\pm$ 0,008	1,388 $\pm$ 0,012	1,078 $\pm$ 0,018	1,029 $\pm$ 0,084
	12 ⁰ C	1,489 $\pm$ 0,007	1,264 $\pm$ 0,009	0,966 $\pm$ 0,020	0,857 $\pm$ 0,041
	16 ⁰ C	1,306 $\pm$ 0,011	1,202 $\pm$ 0,006	0,707 $\pm$ 0,016	0,604 $\pm$ 0,012
	25 ⁰ C	0,817 $\pm$ 0,009	0,812 $\pm$ 0,005	0,608 $\pm$ 0,021	0,583 $\pm$ 0,013

thì hàm lượng prolin tăng càng cao. Chẳng hạn, ở ngày thứ 2 hàm lượng prolin trong mầm ở 25⁰C là 0,813 còn ở 8⁰C là 1,682 mg/g (tăng 206,89% so với ở 25⁰C). Hàm lượng prolin ở mầm và lá non tăng dần từ ngày 2 đến ngày 4 và có xu hướng giảm một ít vào ngày thứ 6. Hàm lượng prolin tăng cao trong điều kiện bất lợi của môi trường tạo điều kiện cho việc tăng khả năng thẩm thấu tế bào, giúp chúng cạnh tranh nước với môi trường thuận lợi hơn. Sang ngày thứ 6 hàm lượng prolin tuy có giảm hơn ngày 4 nhưng vẫn cao hơn nhiều so với đối chứng ở nhiệt độ 25⁰C. Có lẽ đến ngày thứ 6 chúng đã hút được một lượng nước nhất định nhờ cơ chế chống chịu lạnh đã được kích hoạt.

Kết quả cũng cho thấy khi sống trong điều kiện lạnh, hàm lượng prolin ở mầm và ở lá cây non của giống DT2008 cao hơn giống DT84.

3.2. Hàm lượng glyxin betain ở đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp

Glyxin betain là một trong những chất hữu cơ tích trữ ở thực vật để đáp ứng với những khắc nghiệt của môi trường như mặn, hạn hán, nhiệt độ khắc nghiệt, bức xạ UV... Nó có vai trò bảo vệ màng tế bào của lá, bảo vệ các thành phần bộ máy quang hợp, bảo vệ ribulose-1, 5-

bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) và quang hệ II (Papageorgiou and Murata, 1995). Glycin betain hoạt động trong cả cấu trúc bậc bốn của protein và cấu trúc có trật tự cao của màng tế bào chống lại các tác động tiêu cực của độ mặn cao và nhiệt độ khắc nghiệt (Gorham, 1995; Jitender, 2011).

Kết quả ở bảng 3 cho thấy hàm lượng glyxin betain trong mầm của đậu tương tăng lên rõ rệt khi nhiệt độ xuống thấp, chúng tăng nhanh hơn từ ngày 2 đến ngày 4 rồi sau đó tăng chậm lại cho đến ngày thứ 6. Trong khi đó ở 25⁰C thì hàm lượng glyxin betain tương đối ổn định trong thời gian thí nghiệm.

Kết quả này cho thấy khi gặp điều kiện bất lợi thì hàm lượng glyxin betain cùng với prolin tăng cao để giúp tế bào chống chịu điều kiện bất lợi môi trường. Kết quả này phù hợp với các kết quả đã nghiên cứu trước đây về khả năng chịu mặn, hạn hán ở thực vật (Balibrea et al., 2000; Naidoo và Naidoo, 2001; Đinh Thị Vĩnh Hà và cs., 2009; Gorham, 1995; Jitender, 2011). Việc tăng chậm hơn ở ngày thứ 6 cũng có thể là một phản ứng thích nghi của hạt nảy mầm và lá non khi chúng đã vận hành được cơ chế chịu lạnh của cây sau một thời gian sống trong điều kiện nhiệt độ thấp.

Bảng 3. Hàm lượng glyxin betain ở cây đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp ($\mu\text{g/g}$)

Công thức		Mầm		Lá non	
		DT2008	DT84	DT2008	DT84
Ngày 2	8 ⁰ C	32,32 $\pm$ 0,20	29,46 $\pm$ 0,13	23,01 $\pm$ 0,31	19,57 $\pm$ 0,21
	12 ⁰ C	29,61 $\pm$ 0,14	27,14 $\pm$ 0,09	21,76 $\pm$ 0,13	18,06 $\pm$ 0,18
	16 ⁰ C	26,38 $\pm$ 0,11	24,52 $\pm$ 0,11	16,56 $\pm$ 0,17	15,53 $\pm$ 0,24
	25 ⁰ C	13,53 $\pm$ 0,33	13,63 $\pm$ 0,12	10,58 $\pm$ 0,12	10,41 $\pm$ 0,16
Ngày 4	8 ⁰ C	34,68 $\pm$ 0,21	31,43 $\pm$ 0,13	26,19 $\pm$ 0,24	21,88 $\pm$ 0,19
	12 ⁰ C	32,47 $\pm$ 0,21	29,72 $\pm$ 0,13	23,68 $\pm$ 0,15	20,83 $\pm$ 0,32
	16 ⁰ C	28,75 $\pm$ 0,21	26,63 $\pm$ 0,13	17,49 $\pm$ 0,36	16,70 $\pm$ 0,15
	25 ⁰ C	13,53 $\pm$ 0,09	13,64 $\pm$ 0,22	10,46 $\pm$ 0,39	10,57 $\pm$ 0,28
Ngày 6	8 ⁰ C	35,82 $\pm$ 0,26	33,39 $\pm$ 0,16	27,84 $\pm$ 0,25	23,01 $\pm$ 0,25
	12 ⁰ C	33,64 $\pm$ 0,21	31,37 $\pm$ 0,13	24,98 $\pm$ 0,18	21,98 $\pm$ 0,19
	16 ⁰ C	30,08 $\pm$ 0,17	28,33 $\pm$ 0,26	19,29 $\pm$ 0,24	18,07 $\pm$ 0,34
	25 ⁰ C	13,59 $\pm$ 0,24	13,40 $\pm$ 0,09	10,50 $\pm$ 0,14	10,73 $\pm$ 0,25

Kết quả cũng cho thấy trong điều kiện nhiệt độ thấp hàm lượng glyxin betain trong mầm cao hơn trong lá cây non. Ở mầm và lá non giống đậu tương 2008 đều có lượng glyxin betain cao hơn so với giống DT84.

3.3. Huỳnh quang diệp lục ở lá đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp

Tiến hành khảo sát huỳnh quang diệp lục ở lá đậu tương trong giai đoạn cây non 4 lá, kết

quả về sự biến đổi huỳnh quang ổn định (F_0), hiệu suất huỳnh quang (F_v/m) như sau:

Kết quả bảng 4 cho thấy, trong điều kiện nhiệt độ thấp, giá trị F_0 của các giống tăng cao hơn so với điều kiện nhiệt độ bình thường (25⁰C). Trong đó cũng thấy rõ, khi nhiệt độ xuống đến 8⁰C thì giá trị F_0 tăng mạnh hơn hẳn. Giá trị F_0 cao nhất ở ngày thứ 4, còn sang đến ngày thứ 6 thì chúng giảm ở tất cả các công thức xử lý nhiệt độ thấp, trong khi đó ở 25⁰C thì

Bảng 4. Huỳnh quang diệp lục trong lá đậu tương ở điều kiện nhiệt độ thấp

Công thức		F_0		F_v/m	
		DT2008	DT84	DT2008	DT84
Ngày 2	8 ⁰ C	398,00 $\pm$ 3,11	482,00 $\pm$ 3,67	0,753 $\pm$ 0,003	0,716 $\pm$ 0,004
	12 ⁰ C	369,00 $\pm$ 1,33	442,33 $\pm$ 2,04	0,762 $\pm$ 0,003	0,728 $\pm$ 0,001
	16 ⁰ C	360,00 $\pm$ 1,67	413,33 $\pm$ 8,34	0,772 $\pm$ 0,004	0,739 $\pm$ 0,004
	25 ⁰ C	327,00 $\pm$ 3,02	366,33 $\pm$ 3,11	0,780 $\pm$ 0,002	0,763 $\pm$ 0,001
Ngày 4	8 ⁰ C	424,00 $\pm$ 1,06	489,67 $\pm$ 5,44	0,744 $\pm$ 0,004	0,713 $\pm$ 0,002
	12 ⁰ C	393,00 $\pm$ 8,77	442,67 $\pm$ 1,03	0,758 $\pm$ 0,006	0,727 $\pm$ 0,003
	16 ⁰ C	396,33 $\pm$ 4,33	435,33 $\pm$ 9,74	0,760 $\pm$ 0,002	0,733 $\pm$ 0,003
	25 ⁰ C	337,00 $\pm$ 1,44	359,67 $\pm$ 9,44	0,777 $\pm$ 0,001	0,754 $\pm$ 0,006
Ngày 6	8 ⁰ C	408,00 $\pm$ 2,33	484,00 $\pm$ 6,33	0,746 $\pm$ 0,003	0,719 $\pm$ 0,004
	12 ⁰ C	367,00 $\pm$ 7,67	422,00 $\pm$ 7,43	0,763 $\pm$ 0,002	0,732 $\pm$ 0,003
	16 ⁰ C	344,00 $\pm$ 8,94	398,33 $\pm$ 9,04	0,771 $\pm$ 0,003	0,743 $\pm$ 0,004
	25 ⁰ C	331,00 $\pm$ 9,67	364,00 $\pm$ 8,67	0,779 $\pm$ 0,004	0,761 $\pm$ 0,001

giá trị F_o thay đổi rất ít qua các ngày nghiên cứu. Có lẽ việc xử lý nhiệt độ thấp đã khởi động cơ chế chịu rét của chúng, giúp cho việc tăng trung tâm phản ứng ở trạng thái mở, thuận tiện cho các phản ứng quang hóa, dẫn tới việc sử dụng quang năng tốt hơn cho quang hợp và do vậy F_o giảm thấp hơn. Kết quả cũng cho thấy, khi nhiệt độ xuống thấp giá trị F_o ở giống DT84 tăng nhiều hơn giống DT2008, còn theo thời gian gây lạnh thì giống DT2008 tăng nhiều hơn so với giống DT84.

Giá trị F_v/m phản ánh hiệu quả sử dụng năng lượng ánh sáng trong phản ứng quang hóa ở PSII. Kết quả cho thấy F_v/m bị giảm sút dưới tác động của nhiệt độ thấp, nhiệt độ càng thấp thì giá trị F_v/m càng giảm, trong đó chúng giảm nhiều hơn khi nhiệt độ xuống đến 8°C . Giá trị F_v/m của giống DT2008 giảm ít hơn và luôn cao hơn giống DT84 trong cùng điều kiện và thời gian nghiên cứu. Sự suy giảm của F_v/m phản ánh sự giảm hoạt tính của PSII, dẫn đến giảm hiệu quả sử dụng năng lượng trong quang hợp. Trong các ngày nghiên cứu thì giá trị F_v/m giảm thấp nhất vào ngày thứ 4 sau đó tăng lên một chút vào ngày thứ 6.

3.4. Cường độ quang hợp của đậu tương trong điều kiện nhiệt độ thấp

Quang hợp là quá trình sinh lý quyết định năng suất của cây trồng. Nhiệt độ thấp làm giảm cường độ quang hợp của cây, sự giảm sút lớn nhất thấy được khi nhiệt độ xuống đến 8°C .

Cường độ quang hợp ở nhiệt độ thấp có xu hướng tăng nhẹ theo thời gian nghiên cứu, điều này có thể do cây thích nghi dần với điều kiện nhiệt độ thấp, lúc đó bộ máy quang hợp ít bị ức chế hơn do nhiệt độ thấp. Kết quả này khẳng định nhận định ở phần trước khi nghiên cứu về sự biến động theo thời gian của hàm lượng prolin và glyxin betain trong điều kiện nhiệt độ thấp. Kết quả ở bảng 5 cũng cho thấy giống DT2008 có cường độ quang hợp cao hơn giống DT84 khi cây sống trong điều kiện nhiệt độ thấp.

4. KẾT LUẬN

Nhiệt độ thấp làm giảm tỉ lệ nảy mầm của hạt ở cả hai giống đậu tương nghiên cứu rất rõ như giống DT84 từ 96,11% ở 25°C xuống 22,22% ở 8°C , giống DT2008 từ 97,23% ở 25°C xuống 26,11% ở 8°C .

Hàm lượng các chất bảo vệ prolin và glyxin betain ở mầm và lá non tăng ở 4 ngày xử lý lạnh đầu tiên (prolin giống DT2008 là 1,783 $\mu\text{mol/g}$ ở mầm và 1,119 $\mu\text{mol/g}$ ở lá); (glyxin betain giống DT2008 là 34,18 $\mu\text{g/g}$ ở mầm và 26,19 $\mu\text{g/g}$ ở lá).

Bảng 5. Cường độ quang hợp ở lá giai đoạn cây non ($\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$)

Công thức		DT2008	DT84
Ngày 2	8°C	$8,96 \pm 0,12$	$8,51 \pm 0,12$
	12°C	$11,82 \pm 0,15$	$10,27 \pm 0,16$
	16°C	$12,74 \pm 0,16$	$11,94 \pm 0,11$
	25°C	$18,45 \pm 0,11$	$17,63 \pm 0,13$
Ngày 4	8°C	$9,69 \pm 0,14$	$9,01 \pm 0,14$
	12°C	$12,15 \pm 0,11$	$11,19 \pm 0,16$
	16°C	$13,41 \pm 0,14$	$12,53 \pm 0,17$
	25°C	$18,45 \pm 0,17$	$18,53 \pm 0,18$
Ngày 6	8°C	$9,69 \pm 0,15$	$9,04 \pm 0,11$
	12°C	$12,97 \pm 0,12$	$11,23 \pm 0,16$
	16°C	$13,82 \pm 0,15$	$12,96 \pm 0,14$
	25°C	$18,44 \pm 0,19$	$18,09 \pm 0,14$

Khả năng huỳnh quang của diệp lục bị ảnh hưởng: tăng giá trị F_0 và giảm sút giá trị F_v/m qua các ngày nghiên cứu.

Cường độ quang hợp của lá đậu tương cũng bị giảm sút rõ khi nhiệt độ hạ thấp. Theo thời gian, cường độ quang hợp dần dần tăng lên, tuy không nhiều.

Ảnh hưởng của nhiệt độ thấp tới khả năng huỳnh quang, cường độ quang hợp, hàm lượng prolin, glycin betain thể hiện rõ nét khi nhiệt độ xuống thấp tới 8°C và ở 4 ngày đầu thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Balibrea M.E., Dell Amico J., Bolarin M.C., Perez-Alfocea F. (2000). Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. *Physiol plant*, 110: 503-511.
- Bates L.S Waldren R.P. and Teare I.D. (1973). Rapid determination of free protein for water-tress studies. *Plant and soil*, 39: 205-207.
- Gorham J. (1995). Betaines in higher plants-biosynthesis and role in stress metabolism. In: Wallsgrave RM, ed. *Amino acids and their derivatives in higher plants*, Cambridge University Press, p. 171-203.
- Grieve CM, Grattan SR (1983). Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. *Plant and Soil*, 70: 303-307.
- Đinh Thị Vĩnh Hà, Nguyễn Văn Mã, Lê Thị Phương Hoa (2009). Ảnh hưởng của điều kiện thiếu nước lên một số chỉ tiêu sinh lí, hoá sinh của cây đậu tương thời kì ra hoa. *Tạp chí Sinh học*, 31(4): 89-94.
- Nguyễn Thị Thúy Hương, Chu Hoàng Mậu, Lê Văn Sơn, Nguyễn Hữu Cường, Lê Trần Bình, Chu Hoàng Hà (2008). Đánh giá khả năng chịu hạn và phân lập gen P5CS của một số giống đậu tương (*Glycine max* L. Merrill). *Tạp chí. Công nghệ Sinh học*, 6(4): 459-466.
- Jitender Giri (2011). Glycine betaine and abiotic stress tolerance in plants. *Plant signaling & behavior*, 6(11): 1746-1751.
- Nguyễn Văn Mã, La Việt Hồng, Ong Xuân Phong (2013). *Phương pháp nghiên cứu sinh lý học thực vật*. Nhà xuất bản ĐHQGHN.
- Naidoo G., Naidoo Y. (2001). Effects of salinity and nitrogen on growth, ion relations and proline accumulation in *Triglochin bulbosa*. *Wetlands Ecol. Manag*, 9: 491-497.
- Papageorgiou GC, Murata N (1995). The unusually strong stabilizing effects of glycine betaine on the structure and function of the oxygen-evolving photosystem II complex. *Photosynthesis Research*, 44: 243-252.
- Tsui-Hung Phang, Guihua Shao and Hon-Ming Lam (2008). Salt Tolerance in Soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(10): 1196 - 1212.