

# Arabidopsis - thực vật mô hình cho các nghiên cứu thực vật bậc cao

Lê Hồng Điệp\*, Ngô Thị Trang

*Khoa Sinh học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 03 tháng 02 năm 2012

**Tóm tắt.** Hạt Arabidopsis kiểu dại Columbia được loại bỏ các vi sinh vật gây bệnh bằng dung dịch NaClO có 0,5% clo, tiếp theo được cấy trên môi trường cơ bản MS có bổ sung vitamin, 2% đường sucrose và 0,7% agar. Sau 2-3 ngày, các hạt Arabidopsis bắt đầu nảy mầm và được nuôi tiếp trong khoảng 2-3 tuần trước khi chuyển cây con ra trồng trên các giá thể. Trong điều kiện nuôi trồng nhân tạo của phòng thí nghiệm, các cây Arabidopsis sinh trưởng bình thường với  $\approx 90\%$  hạt phần hữu thụ. Các phân tích giải phẫu và hiển vi cho thấy, các cấu trúc phôi đã phát triển bình thường qua các giai đoạn diễn hình của thực vật bậc cao và đạt tới giai đoạn trưởng thành ở các hạt 3 tuần tuổi. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp những dẫn liệu cơ bản về việc nuôi trồng cây Arabidopsis trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, phục vụ cho các nghiên cứu cơ bản ở thực vật bậc cao.

*Từ khóa:* nuôi cấy, phôi, Arabidopsis, hạt phần.

## 1. Mở đầu

Arabidopsis (*Arabidopsis thaliana* L.) là loài thực vật nhỏ, hai lá mầm thuộc họ Brassicaceae, xuất hiện nhiều ở bắc bán cầu. Arabidopsis được sử dụng lần đầu tiên trong các thí nghiệm của Friedrich Laibach (1943), khi ông tiến hành tạo đột biến thực nghiệm bằng tia X [1-2]. Tuy nhiên trong một thời gian dài, loài thực vật này hầu như không được chú ý, vì khi đó những loài cây phổ biến được dùng trong nghiên cứu di truyền là ngô (*Zea mays*), cà chua (*Solanum lycopersicum*), lúa mạch (*Hordeum vulgare*), thuốc lá cảnh (*Petunia hybrida*)... Trên cơ sở tiên bộ đạt được đầu

những năm 1980, đặc biệt là những nghiên cứu sử dụng đột biến trong phân tích sinh hóa và di truyền học của Christopher Sonnervill và Maarten Koornneef [2], Arabidopsis đã thực sự được nhiều nhà khoa học quan tâm và lựa chọn làm đối tượng trong nhiều nghiên cứu. Với những ưu điểm như kích thước cây trưởng thành nhỏ, tự thụ phấn và có vòng đời ngắn, Arabidopsis có thể trồng được trong những không gian hẹp trong phòng thí nghiệm hay nhà kính. Ở điều kiện tối ưu, Arabidopsis hoàn thành toàn bộ chu trình sống từ khi gieo hạt cho đến khi tạo xong thế hệ hạt mới trong khoảng 7 đến 9 tuần [3]. Arabidopsis sở hữu bộ gen gần như nhỏ nhất trong số các thực vật bậc cao với khoảng 125 Mb chứa xấp xỉ 26000 gen phân bố trên 5 nhiễm sắc thể; bộ gen này nhỏ

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38582796.  
E-mail: dieplh@hus.edu.vn

hơn của cây cà chua 7,5 lần, của cây ngô 19 lần và của lúa mì 128 lần [4-5]. Với những đặc điểm ưu việt đó, Arabidopsis đã trở thành thực vật lý tưởng cho những nghiên cứu chung về sinh học thực vật, đặc biệt là sinh học phân tử, di truyền và chọn giống cho đến tận ngày nay. Với sự hợp tác nghiên cứu của cộng đồng khoa học quốc tế, toàn bộ hệ gen của Arabidopsis đã được giải trình tự thành công vào năm 2000 [6]. Kết quả đó đã góp phần to lớn trong nghiên cứu về vai trò của các gen đối với quá trình sinh trưởng và phát triển của Arabidopsis. Nhiều kết quả nghiên cứu trên đối tượng Arabidopsis đã được công bố rộng rãi và có thể truy cập được từ các cơ sở dữ liệu Arabidopsis toàn cầu (<http://www.arabidopsis.org/>), hoặc từ Viện nghiên cứu Riken, Nhật Bản (<http://www.riken.jp/engn/>), Trường Đại học Bielefeld, Đức (<http://www.gabi-kat.de/>) và Viện nghiên cứu Salk, Hoa Kỳ (<http://signal.salk.edu/>).

Những kết quả đạt được từ các nghiên cứu cơ bản trên cây Arabidopsis có thể được ứng dụng cho hầu hết các loài thực vật bậc cao, bao gồm cây trồng quan trọng và có giá trị kinh tế lớn. Sử dụng Arabidopsis, các nhà khoa học có nhiều thuận lợi hơn để thử nghiệm các giả thuyết, rút ngắn thời gian và giảm quy mô nghiên cứu so với khi tiến hành trên các loài thực vật khác [7]. Nhờ các dữ liệu về Arabidopsis, vai trò của nhiều gen ở các loài thực vật đã được xác định, như nhóm gen liên quan đến tính chống chịu với điều kiện bất lợi của môi trường ở lúa (*Oryza sativa*), cải dầu (*Brassica napus*), dâu tây (*Fragaria spp.*), lúa mạch (*Hordeum vulgare*) [8-11]; hay các gen Os-LBD37/ASL39 tham gia vào quá trình trao đổi nitơ ở lúa [12]. Mặc dù Arabidopsis đã góp phần làm sáng tỏ nhiều vấn đề cả trong lý thuyết và thực nghiệm sinh học, nhưng do là thực vật có nguồn gốc ở vùng khí hậu ôn đới,

nên việc trồng loài thực vật này tại các vùng có khí hậu nóng ẩm như nước ta gặp nhiều trở ngại, do đó việc thử nghiệm và xác định được các điều kiện cho sinh trưởng của cây Arabidopsis là cần thiết, mở đường cho các nghiên cứu cơ bản ở loài thực vật mô hình quan trọng này. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả thử nghiệm nuôi, trồng cây Arabidopsis với mục đích hướng tới việc sử dụng Arabidopsis vào các nghiên cứu thực nghiệm trong sinh học phân tử, di truyền và chọn giống ở thực vật bậc cao.

## 2. Nguyên liệu và phương pháp

### 2.1. Nguyên liệu

Thí nghiệm được tiến hành với hạt Arabidopsis kiểu dại, accession Columbia (Col), có nguồn gốc từ Viện Di truyền thực vật và Nghiên cứu cây trồng, Gatersleben, Cộng hòa liên bang Đức. Đây là accession có nhiều ưu điểm về sinh trưởng, phát triển và được sử dụng phổ biến ở nhiều phòng thí nghiệm trên thế giới. Các mẫu thí nghiệm được đặt trong phòng nuôi cây ở nhiệt độ  $\approx 22^{\circ}\text{C}$ , dưới ánh sáng đèn neon với thời gian chiếu sáng 12 giờ/ngày.

Môi trường nuôi cấy là khoáng cơ bản Murashige và Skoog [13], bổ sung 0,7% agar, 10% đường sucrose và các vitamin gồm 0,1mg/l thiamin HCl; 0,5mg/l pyridoxine HCl; 100mg/l myo-inositol. Môi trường được điều chỉnh về pH 5,5 trước khi khử trùng.

Dung dịch Carnoy: pha cồn, chloroform, axit acetic theo tỷ lệ thể tích là 6:3:1

Dung dịch nhuộm hạt phấn được chuẩn bị theo công thức của Peterson và đồng nghiệp [14], bao gồm: 10ml cồn 95%; 1ml malachite green (dung dịch 1% trong cồn 95%); 25ml

glycerol; 5ml axit fuchsin (dung dịch 1% trong nước); 0,5 ml orange G (dung dịch 1% trong nước); 4 ml axit acetic và 50 ml nước cất.

2.2. Phương pháp

*Khử trùng mẫu:* Chọn lấy các hạt Arabidopsis to, mẩy và xử lý sơ bộ bằng ethanol 70% trong 5 phút sau đó được khử trùng tiếp bằng dung dịch HgCl<sub>2</sub> 0,05% hoặc dung dịch NaClO ở các nồng độ 0,5 và 1% clo trong thời gian 5 phút hoặc 10 phút. Tiếp theo rửa hạt nhiều lần bằng nước cất vô trùng để loại bỏ các phần dư thừa của hóa chất vô trùng có thể ảnh hưởng đến sự nảy mầm của hạt và sinh trưởng của cây con sau này. Hạt Arabidopsis sau khi khử trùng được gieo trên đĩa petri chứa môi trường MS đặc. Sau thời gian khoảng 2-3 ngày, các hạt Arabidopsis bắt đầu nảy mầm và sẽ được đánh giá khả năng tạo cây con sạch vi sinh vật.

*Trồng cây trên giá thể:* Các cây Arabidopsis khỏe mạnh sinh trưởng trên môi trường nhân tạo từ 2-3 tuần tuổi sẽ được chuyển ra trồng trên giá thể hỗn hợp có chứa đất mùn, trấu hun và các thành phần khác để đánh giá khả năng sinh trưởng, phát triển của phôi và khả năng cho hạt.

*Đánh giá sự phát triển của hạt phấn:* Thu thập các hạt phấn từ hoa trưởng thành ngay trước thời điểm nở hoa và cố định trong dung

dịch Carnoy trong 2 giờ ở nhiệt độ phòng thí nghiệm. Tiếp theo ngâm hạt phấn trong dung dịch nhuộm theo phương pháp của Peterson và cộng sự [14]. Quan sát và chụp ảnh hạt phấn dưới kính hiển vi Carl Zeiss Anxioplan2.

*Đánh giá sự phát triển của phôi hạt:* Quả Arabidopsis được cắt mở dọc theo chiều dài của chúng, quan sát và chụp ảnh dưới kính Carl Zeiss Stemi. Để đánh giá sự phát triển của phôi trong hạt, chúng tôi xử lý hạt trong “dung dịch làm trong” (có 72% chloral hydrate; 17% nước và 11% glycerol) [15], với mục đích giảm độ dày của vỏ hạt thuận lợi cho việc quan sát các giai đoạn phát triển và chụp ảnh dưới kính hiển vi Carl Zeiss Axioplan2.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đưa mẫu vào môi trường vô trùng

Trong nuôi cấy mô tế bào thực vật, vô trùng mẫu là bước đầu tiên, có vai trò quan trọng bậc nhất trong tạo vật liệu sạch các mầm bệnh cho nuôi cấy. Để thử nghiệm khử trùng hạt cây Arabidopsis, chúng tôi có sử dụng hai loại hóa chất thường dùng ở Việt Nam là HgCl<sub>2</sub> và NaClO. Kết quả vô trùng mẫu được đưa ra ở bảng sau:

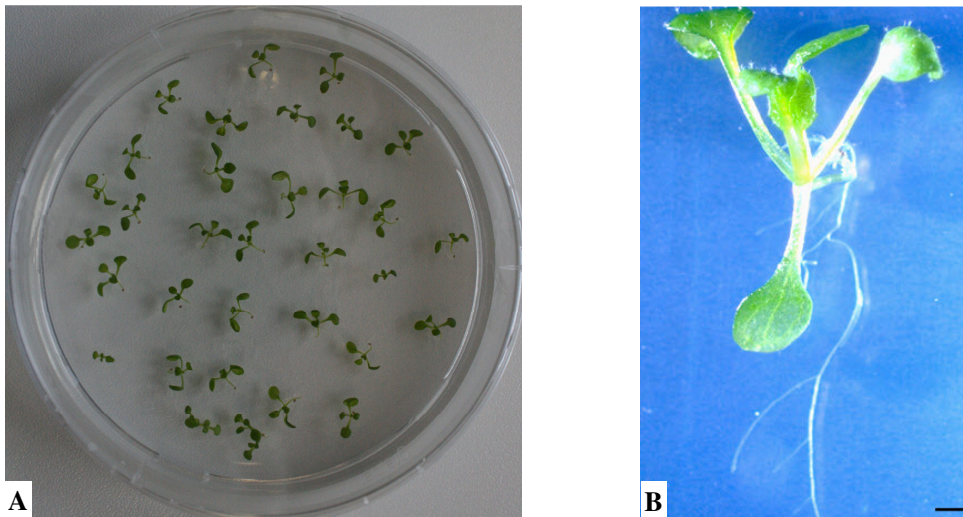
Bảng 1. Hiệu quả vô trùng hạt Arabidopsis của một số hóa chất khử trùng bề mặt phổ biến

Hóa chất	Nồng độ (%)	Thời gian (phút)	Tỷ lệ (%)	
			Sạch/nảy mầm	Nhiễm/không nảy mầm
HgCl <sub>2</sub>	0,05	5	62,11 ± 1,80	37,88 ± 1,81
	0,5	5	92,52 ± 1,26	7,48 ± 1,26
NaClO	0,5	10	94,23 ± 0,88	5,29 ± 0,41
	1,0	5	95,41 ± 1,13	4,09 ± 0,63

Khi khử trùng bằng dung dịch  $\text{HgCl}_2$  0,05% với thời gian 5 phút, tỷ lệ hạt không bị nhiễm và nảy mầm được là  $\approx 62\%$ , trong khi tỷ lệ hạt vẫn còn bị nhiễm và hạt không nảy mầm là  $\approx 37,9\%$ . Những hạt không nảy mầm được có thể do tác dụng gây độc của hóa chất vô trùng, cũng có thể do phôi phát triển không hoàn chỉnh trong các hạt lép. Do hạt cây *Arabidopsis* rất nhỏ, nên trong nhiều trường hợp vô trùng mẫu vẫn có các tỷ lệ hạt lép nhất định lẫn với các hạt nảy bình thường. Kết quả từ bảng trên đã cho thấy  $\text{HgCl}_2$  tuy ở nồng độ thấp nhưng có thể đã gây độc đối với phôi hạt, do hạt *Arabidopsis* có vỏ khá mỏng. Vì vậy chúng tôi đã thử nghiệm tiếp với chất khử trùng thứ 2 là dung dịch  $\text{NaClO}$  ở nồng độ 0,5 và 1% clo hoạt tính với thời gian khử trùng khác nhau. Với thời gian khử trùng trong 5 phút ở nồng độ 0,05% clo, đã có  $\approx 92,5\%$  hạt sạch và nảy mầm được. Khi tăng thời gian khử trùng lên 10 phút, tỷ lệ hạt nảy mầm đã tăng lên  $\approx 94,2\%$ , tương đương với kết quả thu được khi dùng dung dịch  $\text{NaClO}$  có 1% clo trong 5 phút. Điều đó cho

thấy dung dịch  $\text{NaClO}$  là phù hợp cho quá trình thu nhận các hạt *Arabidopsis* sạch vi sinh vật để dùng cho nuôi cấy.

Việc khử trùng hạt *Arabidopsis* nhằm mục đích thu được cây con hoàn chỉnh, sạch các mầm bệnh như trứng loài ruồi *Bradysia spp.* lây nhiễm nấm từ các nguồn khác nhau vào *Arabidopsis*, đặc biệt là ấu trùng bọ trĩ (*Frankliniella occidentalis*) thường sống trong hoa và sử dụng hạt phấn làm nguồn thức ăn của chúng [16]. Loài côn trùng này không chỉ làm giảm mạnh số lượng hạt hình thành mà còn cản trở quá trình lai tạo, làm chậm sự hình thành và phát triển của phôi hạt. Do môi trường MS khá giàu dinh dưỡng và mục đích của gieo hạt trên môi trường nhân tạo là nhằm thu được cây con sạch các mầm bệnh, không yêu cầu tăng hệ số nhân trong nuôi cấy. Mặt khác những cây *Arabidopsis* con đều có khả năng tạo rễ trên môi trường này vì thế chúng tôi không sử dụng các chất điều hòa sinh trưởng và không đánh giá khả năng cảm ứng tạo thêm chồi.



Hình 1. Cây *Arabidopsis* 1 tuần tuổi nảy mầm từ hạt (A) và 2 tuần tuổi (B) trên môi trường Murashige và Skoog. Thang đo: 500 $\mu\text{m}$  ở (B).

Hạt vô trùng được gieo trên môi trường MS có bổ sung thêm các vitamin cần thiết và agar. Sau một tuần sinh trưởng trong phòng nuôi với điều kiện ánh sáng phù hợp và nhiệt độ được duy trì ở  $\approx 22^{\circ}\text{C}$ , các cây *Arabidopsis* con đã phát triển tốt và tạo ra trung bình 4 lá/cây (Hình 1A). Sau 3 tuần, những cây con này có trung bình 6 lá/cây với bộ rễ đã hoàn chỉnh (Hình 1B) cho hấp thụ nước và các chất dinh dưỡng, do đó có thể đưa ra trồng trên giá thể.

### 3.2. Chuyển cây ra đất

Do có chu trình sống tương đối ngắn, nên cây *Arabidopsis* yêu cầu dinh dưỡng khá cao để hoàn thành toàn bộ quá trình sinh trưởng và phát triển. Vì vậy để thử nghiệm trồng cây trong phòng thí nghiệm, chúng tôi đã sử dụng giá thể hỗn hợp chứa đất mùn, trấu hun và bổ sung thêm một số thành phần khác. Các cây *Arabidopsis* ở giai đoạn 2-3 tuần tuổi được rửa sạch rễ nhằm loại bỏ các thành phần của môi

trường nuôi cấy, sau đó được trồng trên giá thể hỗn hợp. Sau khoảng 3 tuần tuổi, các cây *Arabidopsis* đã phát triển bình thường và tạo thành từ 8 đến 10 lá (Hình 2A). Sau khoảng 4-5 tuần sinh trưởng, các cây *Arabidopsis* bắt đầu tạo các hoa đầu tiên và có thể quan sát rõ các quả được hình thành ở giai đoạn 6 đến 7 tuần nuôi trồng (Hình 2B). Trong giai đoạn ra hoa, thụ phấn và kết hạt, việc cung cấp đầy đủ nước, duy trì độ ẩm tối ưu trong không khí là rất quan trọng, bởi vì hạt phấn *Arabidopsis* khá nhạy cảm với các điều kiện bất lợi của môi trường sống. Một điểm cần lưu ý khác là phải kiểm soát được các loài côn trùng và nấm gây hại, có thể làm giảm sự sinh trưởng, phát triển của cây và số lượng, chất lượng hạt thu được. Do thử nghiệm trong thời gian ngắn với quy mô nhỏ, nên chúng tôi chưa phát hiện thấy các loài côn trùng gây hại khá phổ biến trong các phòng nuôi trồng cây *Arabidopsis*.



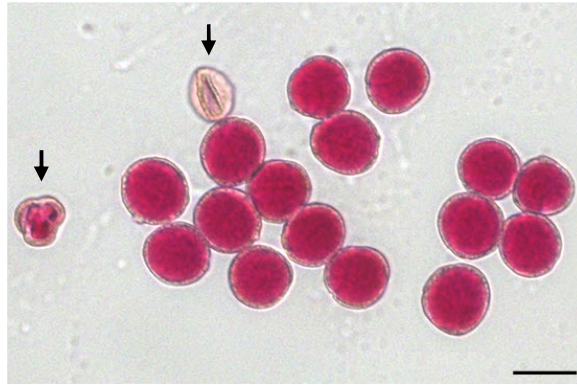
Hình 2. Cây *Arabidopsis* 3 tuần tuổi nảy mầm từ hạt được trồng trên giá thể (A) và 6 tuần tuổi (B). Thang đo: 1,0cm ở (B).



### 3.3. Sự phát triển của hạt phấn

Hạt phấn phát triển bình thường có vai trò rất quan trọng trong quá trình thụ phấn, qua đó quyết định số lượng và chất lượng hạt. Để xác định sức sống của hạt phấn trưởng thành, chúng tôi đã tiến hành xử lý và nhuộm hạt phấn theo phương pháp của Peterson và cộng sự [14]. Kết quả quan sát dưới kính hiển vi cho thấy, bên cạnh các hạt phấn bình thường có màu đỏ đậm,

còn xuất hiện một số hạt phấn không phát triển được chiếm tỷ lệ  $\approx 10\%$  (Hình 3). Những hạt phấn này thường có kích thước nhỏ với màu nhạt hơn và sẽ không thể tham gia vào quá trình thụ phấn. Như vậy tỷ lệ hạt phấn phát triển bình thường và có khả năng tham gia vào quá trình thụ phấn  $\approx 90\%$ , đây là tỷ lệ tương đối cao cho một loài thực vật có nguồn gốc ôn đới được thử nghiệm ở vùng nhiệt đới như nước ta.



Hình 3. Các hạt phấn phát triển bình thường ở giai đoạn trưởng thành. Mũi tên chỉ rõ những hạt phấn không phát triển được. Thang đo là  $20\mu\text{m}$ .

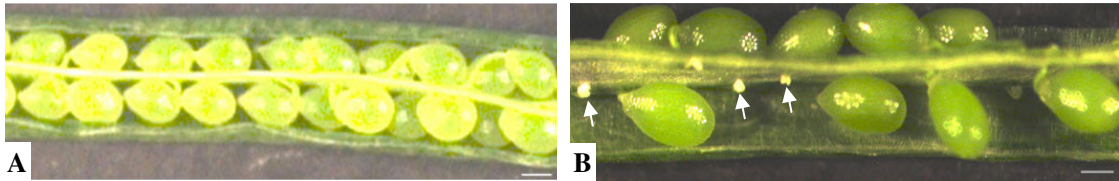
### 3.4. Sự phát triển của phôi, hạt

Các kết quả giải phẫu và quan sát dưới kính lúp Carl Zeiss cho thấy, đa số các quả Arabidopsis có mang các hạt mầm phát triển bình thường (Hình 4A). Tuy vậy vẫn xuất hiện một số quả có các hạt lép và noãn không phát triển được, thường tập trung ở phía đầu của quả (Hình 4B). Arabidopsis là cây có nguồn gốc ôn đới và phát triển tối ưu ở điều kiện nhiệt độ  $\approx 22^\circ\text{C}$  và độ ẩm 50-60%, do sự phát triển hạt phấn và tính hữu thụ của chúng rất nhạy cảm với các điều kiện ngoại cảnh, đặc biệt là nhiệt độ và độ ẩm cao và làm suy giảm khả năng nảy mầm và do đó không thể tham gia vào thụ phấn. Đây là một trong những trở ngại cho nuôi trồng

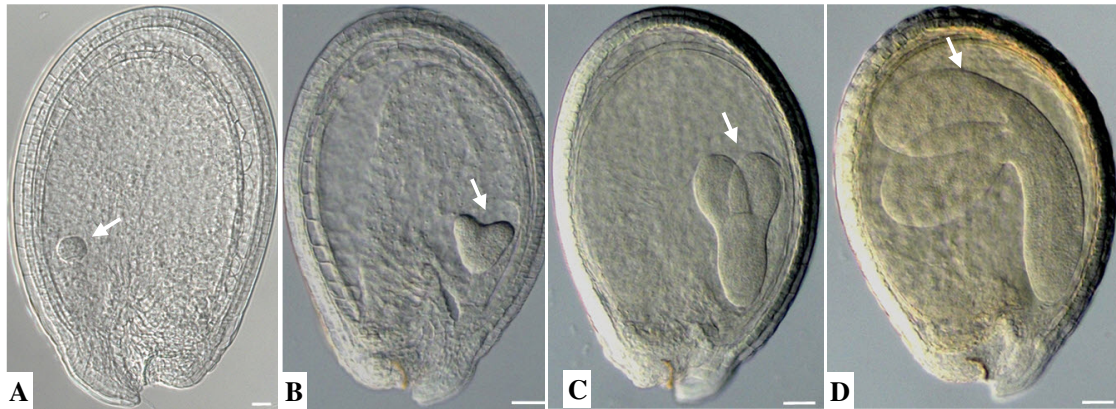
cây Arabidopsis ở các vùng có khí hậu nhiệt đới. Sự phát triển của phôi ở Arabidopsis cũng tương tự như ở các loài thực vật bậc cao khác, đều tuân tự trải qua các giai đoạn hình cầu, trái tim, cá đuối và trưởng thành [17]. Do đó để đánh giá một cách chính xác sự phát triển của phôi chúng tôi đã thu các hạt Arabidopsis ở các thời điểm phát triển khác nhau, bắt đầu từ quả 3-4 ngày tuổi cho đến quả ở giai đoạn 3 tuần tuổi. Hạt sau khi qua các công đoạn xử lý sẽ được quan sát dưới kính Carl Zeiss Anxioplan2. Kết quả cho thấy, trong các hạt mầm thu từ các giai đoạn phát triển khác nhau được kiểm tra, hình dạng phôi Arabidopsis là điển hình như ở các loài thực vật khác. Chúng tôi cũng không phát hiện thấy các hiện tượng sinh trưởng bất

thường của cuống phôi hay nội nhũ. Những cấu trúc này có vai trò rất quan trọng trong quá trình cố định và cung cấp nguồn dinh dưỡng cho phôi phát triển bình thường (Hình 5). Điều

đó cho thấy, sự phát triển của noãn, hạt phấn, đến sự phát triển của phôi và hình thành hạt đã tiến triển tốt trong điều kiện nuôi trồng nhân tạo của phòng thí nghiệm.



Hình 4. Hình giải phẫu một phần của quả 2 tuần tuổi (A) và 3 tuần tuổi (B). Mũi tên minh họa các noãn không phát triển được. Thang đo là 200 $\mu$ m ở A và B.



Hình 5. Sự phát triển của phôi trong hạt *Arabidopsis* trong điều kiện phòng thí nghiệm qua các giai đoạn khác nhau: hình cầu (A), hình trái tim (B), hình cá đuối (C) và trưởng thành (D). Theo hướng mũi tên là các cấu trúc phôi đang phát triển trong hạt. Thang đo là 20 $\mu$ m ở (A) và 50 $\mu$ m ở (B), (C) và (D).

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thử nghiệm và thiết lập được các điều kiện cần thiết để nuôi trồng cây *Arabidopsis* trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam. Các cây sinh trưởng bình thường và cho quả chứa các hạt với cấu trúc phôi đã phát triển đến giai đoạn trưởng thành. Kết quả cho thấy nuôi trồng loài thực vật này trong điều kiện khí hậu của nước ta là hoàn toàn khả thi, cho phép sử dụng *Arabidopsis* làm đối

tượng nghiên cứu và thử nghiệm trong sinh học thực vật. Tuy nhiên do mới được nuôi trồng ở quy mô nhỏ trong thời gian ngắn, nên chúng tôi chưa có số liệu về các loài côn trùng và nấm gây hại xuất hiện trong quá trình sinh trưởng của cây. Việc đánh giá ảnh hưởng của những tác nhân nói trên cần được tiếp tục khi nuôi trồng *Arabidopsis* ở quy mô lớn hơn và liên tục qua nhiều thế hệ.

### Lời cảm ơn

Công trình được hỗ trợ kinh phí từ đề tài mã số TN-11-17 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Các tác giả cũng xin cảm ơn Viện Di truyền thực vật và Nghiên cứu cây trồng, Gatersleben, Cộng hòa Liên bang Đức đã cung cấp hạt *Arabidopsis* cho nghiên cứu này.

### Tài liệu tham khảo

- [1] E.M. Meyerowitz, Prehistory and history of *Arabidopsis* research, *The Plant J* 33 (2001) 751.
- [2] M. Koornneef and D. Meinke, The development of *Arabidopsis* as a model plant, *The Plant J* 61 (2010) 909.
- [3] M. Koornneef and B. Scheres. *Arabidopsis thaliana* as an experimental organism, *Enc Lif Sci* (2001) 6 pages.
- [4] E.S. Dennis, *Arabidopsis* - What can crop breeders learn from a weed? *Proceeding of the 4th International Crop Science Congress*, Brisbane, Australia (2004), 11 pages.
- [5] K. S. Mysore, R. P. Tuori, and G.B. Martin. *Arabidopsis* genome sequence as a tool for functional genomics in tomato, *Genome Biol* 2 (2001) 1103.1.
- [6] J.A. Lucas. Advances in plant disease and pest management. *J Agr Sci*, Cambridge University Press, 24 pages.
- [7] R. Flavell. Model plants, with special emphasis on *Arabidopsis thaliana*, and crop improvement. *Proceeding of the International Congress*, Bologna, Italy (2005) 365.
- [8] D.W. Choi, E.M. Rodriguez, and T.J. Close, Barley CBF3 gene identification, expression pattern, and map location, *Plant Physiol* 129 (2002) 1781.
- [9] J.G. Dubouzet, Y. Sakuma, Y. Ito, M. Kasuga, E.G. Dobouzet, S. Miura, M. Seki, K. Shinozaki, and K. Yamaguchi-Shinozaki, OsDREB genes in rice, *Oryza sativa* L., encode transcription activators that function in drought-, high-salt- and cold-responsive gene expression, *The Plant J* 33 (2003) 751.
- [10] K.R. Jaglo, S. Kleff, K.L. Amundsen, X. Zhang, V. Haake, J.Z. Zhang, T. Deits, M.F. Thomashow, Components of the *Arabidopsis* C-repeat/dehydration-responsive element binding factor cold-response pathway are conserved in *Brassica napus* and other plant species, *Plant Physiol* 127 (2001) 910.
- [11] Owens C.L., Thomashow M.F., Hancock J.F., Iezzoni A.F., CBF1 orthologs in sour cherry and strawberry and the heterologous expression of CBF1 in strawberry, *J Amer Soc Hort Sci* 127 (2002) 489.
- [12] D. Albinsky, M. Kusano, M. Higuchi, N. Hayashi, M. Kobayashi, A. Fukushima, M. Mori, T. Ichikawa, K. Matsui, H. Kuroda, Y. Horii, Y. Tsumoto, H. Sakakibara, H. Hirochika, M. Matsui, and K. Saito, Metabolomic screening applied to rice FOX *Arabidopsis* lines leads to the identification of a gene-changing nitrogen metabolism, *Mol Plant* 3 (2010) 125.
- [13] T. Murashige and F. Skoog, A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture, *Physiol Plant* 15(3) (1962) 473.
- [14] R. Peterson, J.P. Slovin, C. Chen, A simplified method for differential staining of aborted and non-aborted pollen grain, *Int Plant Physiol* 1(2010) 65.
- [15] K.M. Le'on-Kloosterziel, C.J. Keijzer, and M. Koornneef, A seed shape mutant of *Arabidopsis* that is affected in integument development, *The Plant Cell* 6 (1994) 385.
- [16] M. Anderson, Control of pests and diseases in *Arabidopsis*, *Arabidopsis protocols* 82, 19.
- [17] M.F. Sua'rez and P. Bozhkov, *Plant embryogenesis*, Humana Press, Totowa, New Jersey, 2007.



## Arabidopsis - a model plant for higher plant studies

Le Hong Diep, Ngo Thi Trang

*Faculty of Biology, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

Arabidopsis is one of the most important research models in the plant biology. Seeds of the Columbia accession were sterilized with NaClO solution containing 0.5% chlorine and subsequently set on basal MS medium supplemented with 2% sucrose, 0.7% agar, and essential vitamins. Dissecting mature pollen under microscope indicated approximately of 90% viable pollen. Anatomical analyses of siliques at different developmental stages showed that they carried most of healthy seeds with the developing embryos similar to those characteristics of higher plants. This report provides the basic information of growing Arabidopsis in tropical countries, such as Vietnam and this plant is available for its applications in molecular biology, genetics and breeding studies.