

Tìm hiểu sự phát sinh chồi *in vitro* cây xương rồng lê gai *Opuntia ficus – indica* (L.) Mill.

Nguyễn Thị Cẩm Duyên^{1,*}, Bùi Trang Việt², Trần Thanh Hương²

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày sự loại bỏ túm lông kích thích sự tạo chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica* trên môi trường Murashige và Skoog (MS) có bổ sung 6-benzylaminopurine (BA) 5 mg/L. Các biến đổi hình thái và sinh lý trong quá trình phát sinh chồi được phân tích. Sự phát sinh chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây xương rồng lê gai qua các giai đoạn: hoạt hóa và phân chia tế bào, tạo vùng phát sinh hình thái chồi, hình thành mô phân sinh ngọn chồi và cuối cùng là chồi với các phức thể lá. Vị trí mang mô phân sinh ngọn chồi ở mặt chính diện thuộc phần ngọn của nhánh cho hiệu quả tạo chồi cao nhất. Vị trí này có cường độ quang hợp, hô hấp, hoạt tính indol acetic acid (IAA), zeatin nội sinh cao hơn các vị trí còn lại. Auxin ở các nồng độ khác nhau kết hợp với BA 5 mg/L đều thúc đẩy sự tạo chồi và gia tăng chiều cao chồi. Sự phát sinh chồi đạt cao nhất trên môi trường MS có sự bổ sung BA 5 mg/L và 1-naphthalene acetic acid (NAA) 0,5 mg/L. Tất cả các xử lý tác động lên mô phân sinh ngọn chồi đều giúp gia tăng số lượng chồi hình thành. Trong đó, số chồi hình thành cao nhất trên mẫu cấy được cắt bỏ phần bề mặt mô phân sinh ngọn chồi chính. Mối liên hệ của túm lông che chở, vị trí mẫu cấy, các chất điều hòa tăng trưởng thực vật, cường độ hô hấp, cường độ quang hợp và sự phát sinh chồi được thảo luận.

Từ khóa: *Opuntia ficus-indica*, Sự phát sinh chồi, Túm lông, Xương rồng

GIỚI THIỆU

Xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica* (Hình 1) được biết đến như một cây đa chức năng, có thể được sử dụng làm cây cảnh và thuốc, cành và quả của nó còn được dùng làm thức ăn cho con người và gia súc. Cây cũng được trồng làm hàng rào, giúp chống sự xâm lấn của cát ở những khu vực hoang mạc và bán hoang mạc¹.

Opuntia ficus-indica chứa một lượng lớn ascorbic acid, vitamin E, carotenoid, chất xơ, amino acid và các hợp chất chống oxy hóa (phenol, flavonoid, betaxanthin và betacyanin). Đây là các hợp chất có lợi cho sức khỏe, thể hiện ở khả năng làm hạ đường huyết, hạ lipid máu và chống oxy hóa. Đáng kể nhất là quả chứa nhiều vitamin và khoáng chất, đặc biệt là các chất chống viêm loét dạ dày, chống oxy hóa, chống ung thư, bảo vệ thần kinh, bảo vệ gan².

Opuntia ficus-indica được nhập từ Mexico và được trồng thử nghiệm tại vùng sa mạc của Ninh Thuận và Bình Thuận, Việt Nam. Đây là loài sinh trưởng nhanh, rất thích hợp với điều kiện đất khô hạn, ít dinh dưỡng, lại có độ che phủ cao, góp phần cải tạo đất, chống xói mòn³. Tuy nhiên, các phương pháp nhân giống xương rồng lê gai thông thường chiếm nhiều diện tích và hiệu suất nhân giống không cao. Chính

vi vậy, vi nhân giống nhằm tạo ra số lượng lớn cây giống có chất lượng (sạch bệnh, năng suất cao, phẩm chất tốt...). Các nghiên cứu gần đây cho thấy ở đối tượng xương rồng lê gai, thời gian cần cho sự tạo chồi khá lâu⁴. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành phân tích những thay đổi hình thái và sinh lý trong quá trình phát sinh chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây *Opuntia ficus-indica*.

PHƯƠNG PHÁP

Vật liệu

Nhánh cây *Opuntia ficus-indica* giống không gai, 2 năm tuổi được cung cấp bởi Trung tâm Ứng dụng Tiên bộ Khoa học và Công nghệ tỉnh Ninh Thuận. Sau 1 tháng được trồng trong vườn thực nghiệm, nhánh non phát triển từ một chồi ở vùng đỉnh của nhánh này, có chiều cao 20 ± 5 cm được sử dụng làm vật liệu thí nghiệm.

Phương pháp

Nuôi cấy khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi để khảo sát ảnh hưởng của túm lông trong sự phát sinh chồi *in vitro*

Nhánh mang các mô phân sinh ngọn chồi cây trong vườn được rửa sạch với nước và xà phòng (10 phút),

¹Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

²Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, Đại học Quốc gia Tp.HCM

Liên hệ

Nguyễn Thị Cẩm Duyên, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

Email: ntcamduyen@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 14-11-2018
- Ngày chấp nhận: 09-01-2019
- Ngày đăng: 31-03-2019

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjns.v3i1.714>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Thị Cẩm Duyên N, Trang Việt B, Thanh Hương T. **Tìm hiểu sự phát sinh chồi *in vitro* cây xương rồng lê gai *Opuntia ficus – indica* (L.) Mill..** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(1):18-28.



Hình 1: Cây xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. mang các nhánh có nguồn gốc từ chồi nách.

sau đó lắc với cồn 70% (1 phút), dung dịch $HgCl_2$ 0,1% (5 phút) và rửa sạch với nước cất vô trùng. Các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi được cô lập từ nhánh, có kích thước 1x1 cm, được lấy ngẫu nhiên để loại bỏ tằm lông hoặc giữ nguyên. Sự loại bỏ tằm lông được thực hiện dưới kính hiển vi soi nổi bằng kẹp cây. Sau đó, các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi được cấy vào erlen 100 mL chứa 25 mL môi trường MS (Murashige và Skoog, 1962) bổ sung BA 5 mg/L. Sự phát sinh chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi được theo dõi theo thời gian. Tỷ lệ mẫu cấy có chồi phát triển (chồi có chiều cao ≥ 1 mm) và chiều cao chồi được xác định sau 2 và 4 tuần nuôi cấy.

Phân tích các biến đổi hình thái, giải phẫu trong quá trình phát triển chồi

Các biến đổi hình thái giải phẫu trong quá trình phát triển chồi được quan sát bằng kính hiển vi quang học sau sự cắt bằng tay. Mẫu được cắt dọc hoặc cắt ngang, sau đó được nhuộm hai màu (đỏ carmine, xanh iodine).

Khảo sát ảnh hưởng của vị trí mẫu cấy lên khả năng tạo chồi

Nhánh mang các mô phân sinh ngọn chồi cây xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica* được chia làm 4 phần, 2 phần ở mặt hông và 2 phần ở mặt chính diện (Hình 2). Các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở các vị trí khác nhau được khử trùng, loại bỏ tằm lông và cấy vào erlen 100 mL chứa 25 mL môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với bốn nghiệm thức là khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 1.1;

1.2; 2.1; 2.2. Tỷ lệ mẫu cấy có chồi phát triển (chồi có chiều cao ≥ 1 mm) và chiều cao chồi được xác định sau 2 và 4 tuần nuôi cấy.

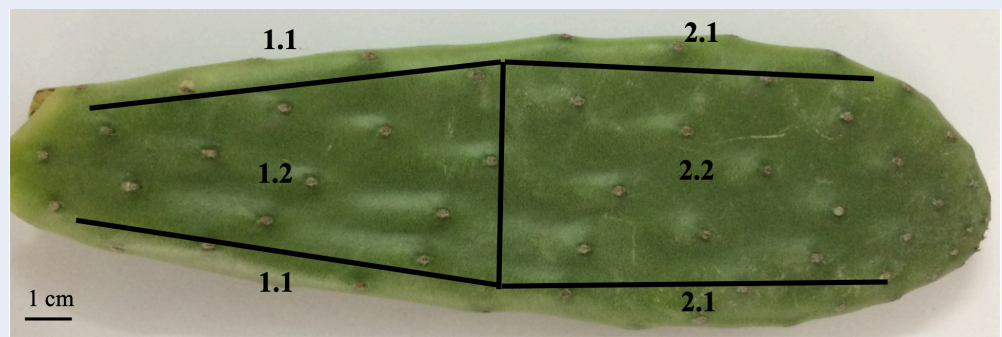
Đo cường độ quang hợp và cường độ hô hấp

Để khảo sát ảnh hưởng của tằm lông lên sự tạo chồi, các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây được đo cường độ hô hấp ngay sau khi thực hiện khúc cắt và sau 10 ngày được nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L. Để khảo sát ảnh hưởng của vị trí mẫu cấy lên sự tạo chồi, các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây trong vườn ở các vị trí theo hình 2 được đo cường độ quang hợp và cường độ hô hấp ngay sau khi thực hiện khúc cắt.

Cường độ quang hợp của khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi được đo bởi máy Hansatech thông qua sự trao đổi khí bằng điện cực oxygen ở nhiệt độ $27^\circ C$, ánh sáng 3000 lux. Cường độ hô hấp của khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi được đo ở cùng các điều kiện như trong sự đo cường độ quang hợp nhưng tắt ánh sáng. Vận tốc thoát O_2 khi không được che tối và khi được che tối của mẫu được đo lần lượt biểu thị giá trị cường độ quang hợp và cường độ hô hấp của khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ($\mu L O_2/g$ TLT/ giờ).

Ly trích và đo hoạt tính chất điều hòa tăng trưởng thực vật

Tiến hành ly trích và đo hoạt tính các chất điều hòa tăng trưởng thực vật nội sinh trong các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi từ hai vị trí trên phần ngọn của nhánh cây 1 tháng tuổi trong vườn (vị trí 2.1 và 2.2) (Hình 2) có loại bỏ tằm lông. Các chất điều hòa



Hình 2: Nhánh 1 tháng tuổi mang các mô phân sinh ngọn chồi cây xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica*. Thanh ngang 1 cm. **1.1:** Phần chứa các mô phân sinh ngọn chồi thuộc mặt hông ở phần gốc. **1.2:** Phần chứa các mô phân sinh ngọn chồi thuộc mặt chính diện ở phần gốc. **2.1:** Phần chứa các mô phân sinh ngọn chồi thuộc mặt hông ở phần ngọn. **2.2:** Phần chứa các mô phân sinh ngọn chồi thuộc mặt chính diện ở phần ngọn.

tăng trưởng thực vật nội sinh gồm auxin (indole-3-acetic acid) (IAA), cytokinin (zeatin), gibberellin và abscisic acid (ABA) có trong mẫu cây được ly trích và cô lập bằng cách dùng các dung môi thích hợp và thực hiện sắc ký trên bản mỏng silica gel F₂₅₄ (Merck), ở nhiệt độ 30°C với hệ dung môi isopropanol: amonium hydroxyde: H₂O (10:1:1 v/v). Vị trí của các chất điều hòa tăng trưởng thực vật được phát hiện trực tiếp dưới tia UV 254 nm. Hoạt tính các chất điều hòa tăng trưởng thực vật được đo bằng sinh trắc nghiệm: diệp tiêu lúa (*Oryza sativa* L.) cho auxin và abscisic acid, từ diệp dưa leo (*Cucumis sativus* L.) cho cytokinin và cây mầm xà lách (*Lactuca sativa* L.) cho gibberellin.

Khảo sát ảnh hưởng của sự phối hợp cytokinin và auxin lên sự phát triển chồi in vitro

Các chồi *in vitro* 4 tuần tuổi có chiều cao 5 mm, bề rộng 2-3 mm tăng trưởng trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L có nguồn gốc từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí thích hợp được cấy chuyển vào môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và NAA (0,5; 1 và 1,5 mg/L) hoặc IAA (0,5 và 1 mg/L). Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với sáu nghiệm thức là đối chứng (môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L), môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và IAA ở nồng độ 0,5 hoặc 1 mg/L, môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và NAA ở nồng độ 0,5 hoặc 1 hoặc 1,5 mg/L. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 5 lần trong 5 erlen, mỗi erlen gồm 3 mẫu cấy.

Quan sát các biến đổi hình thái của chồi theo thời gian. Số chồi trên mỗi mẫu cấy (chồi có chiều cao \geq 1 mm) và chiều cao chồi được xác định sau 8 tuần nuôi cấy.

Khảo sát ảnh hưởng của sự hủy mô phân sinh ngọn chồi chính trong sự phát sinh chồi in vitro

Chồi *in vitro* 4 tuần tuổi có chiều cao 5 mm được nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và NAA 0,5 mg/L có nguồn gốc từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí thích hợp được sử dụng làm vật liệu thí nghiệm. Dưới kính hiển vi soi nổi, sự tác động lên mô phân sinh ngọn chồi được thực hiện theo hai cách sau: (1) Dùng kim có đường kính mũi 200 μ m đâm vào vùng trung tâm của ngọn chồi chính với độ sâu khoảng 2 mm, (2) Dùng dao cắt bỏ phần bề mặt của của mô phân sinh ngọn chồi chính với bề dày 1 mm.

Chồi sau đó được đặt nuôi trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và NAA 0,5 mg/L. Các mẫu cấy được đặt nuôi ở nhiệt độ $27 \pm 2^\circ\text{C}$, độ ẩm $55 \pm 10\%$, ánh sáng 2000 ± 100 lux (12/24 giờ). Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với ba nghiệm thức là đối chứng (không hủy mô phân sinh ngọn chồi), hủy mô phân sinh bằng kim và cắt bỏ bề mặt mô phân sinh ngọn chồi chính. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 15 lần trong 5 erlen, mỗi erlen gồm 3 mẫu cấy.

Quan sát các biến đổi hình thái của chồi theo thời gian. Số chồi trên mỗi mẫu cấy (chồi có chiều cao \geq 1 mm) và chiều cao chồi được xác định sau 4 tuần nuôi cấy.

Xử lý thống kê

Số liệu trong bảng kết quả được phân tích thống kê bằng phần mềm Statistical Package Social Sciences (SPSS) phiên bản 20.0 cho Windows. Các số trung bình trong cột với các ký tự khác nhau kèm theo khác biệt có ý nghĩa ở mức $P \leq 0,05$

KẾT QUẢ

Ảnh hưởng của tùm lông trong sự tạo chồi *in vitro* từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi

Sau 2 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L, mẫu cấy có sự loại bỏ tùm lông có tỉ lệ mẫu tạo chồi là 53,33%, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với mẫu cấy không loại bỏ tùm lông với tỉ lệ mẫu tạo chồi là 6,67%. Sau 4 tuần nuôi cấy, có sự phát triển chiều cao chồi cao ở mẫu cấy có sự loại bỏ tùm lông và thấp ở mẫu cấy không loại bỏ tùm lông. Chiều cao chồi của mẫu cấy có loại bỏ tùm lông là 6,80 mm và chiều cao của mẫu cấy không có sự loại bỏ tùm lông là 4,60 mm (Bảng 1).

Vào thời điểm ngày 0, mẫu cấy được loại bỏ tùm lông có cường độ hô hấp cao hơn so với mẫu cấy không được loại bỏ tùm lông. Sau 10 ngày được nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L, các mẫu cấy đều có cường độ hô hấp gia tăng rất mạnh dù có được loại bỏ tùm lông hay không. Tuy nhiên, so với mẫu cấy không loại bỏ tùm lông, cường độ hô hấp của mẫu cấy được loại bỏ tùm lông gia tăng mạnh hơn (Bảng 2).

Các biến đổi hình thái, giải phẫu trong quá trình phát triển chồi

Ở thời điểm bắt đầu nuôi cấy, vòm mô phân sinh ngọn chồi có dạng tròn, các khúc cắt có sự loại bỏ tùm lông có lớp cutin bong ra khỏi vách cellulose của tế bào biểu bì (Hình 3).

Khi nuôi cấy khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 đã được loại bỏ tùm lông trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L, vùng mô phân sinh ngọn chồi có sự thay đổi rõ rệt theo thời gian. Từ mô phân sinh ngọn chồi ban đầu (Hình 3B), các tế bào vùng nhu mô bên dưới biểu bì phân chia mạnh hình thành hệ thống mạch dẫn, tế bào vùng trung tâm phân chia theo hướng ra ngoài hình thành chồi chính ở ngày thứ 8 (Hình 4). Sau 10 ngày nuôi cấy, có sự hình thành hai phác thể lá (Hình 5). Sau 14 ngày nuôi cấy, hai phác thể lá mở ra, chồi ở bên ngoài nối mạch với các trụ trung tâm bên trong (Hình 6). Sau 21 ngày nuôi cấy, chồi hình thành với vùng mô phân sinh ngọn chồi chính nhô cao, hẹp hơn, nhiều lá hình thành, kéo dài nối mạch với trụ trung tâm (Hình 6B).

Khi nuôi cấy khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 không được loại bỏ tùm lông trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L, sau 10 ngày, các tế bào vùng bên của mô phân sinh ngọn chồi mới bắt đầu có sự phân chia tế bào, hình thành nếp lồi là tiền thân của các sơ khởi lá (Hình 5B).

Ảnh hưởng của vị trí mẫu cấy lên khả năng tạo chồi

Sau 2 tuần nuôi cấy, các mẫu cấy ở vị trí mặt chính diện của nhánh (vị trí 1.2 và 2.2) có tỉ lệ mẫu tạo chồi cao hơn so với các mẫu cấy ở mặt hông (vị trí 1.1 và 2.1) cho dù mẫu cấy được cô lập từ phần ngọn hay phần gốc của nhánh. Ở cùng một mặt chính diện, các mẫu cấy ở ngọn nhánh có tỉ lệ mẫu tạo chồi cao hơn các mẫu cấy ở gốc nhánh. Sau 4 tuần nuôi cấy, tất cả các mẫu cấy đều có khả năng tạo chồi. Chiều cao chồi đạt cao nhất ở mẫu cấy trên vị trí mặt chính diện thuộc phần ngọn nhánh (vị trí 2.2) (Bảng 3).

Các khúc cắt đều có cường độ hô hấp cao hơn cường độ quang hợp ở tất cả các vị trí trên nhánh ở thời điểm bắt đầu nuôi cấy. Tuy nhiên, khúc cắt ở vị trí mang mô phân sinh ngọn chồi ở mặt chính diện thuộc phần ngọn của nhánh (vị trí 2.2) có cường độ quang hợp và hô hấp cao hơn so với các vị trí còn lại sau khi thực hiện khúc cắt cây trong vườn (Bảng 4). Như vậy, tương ứng với tỉ lệ tạo chồi sau 2 tuần nuôi cấy và chiều cao chồi sau 4 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L là cao nhất, mẫu cấy từ vị trí 2.2 cũng có cường độ quang hợp và cường độ hô hấp cao nhất.

Hai vị trí thuộc phần ngọn của nhánh có sự chênh lệch rất lớn về tỉ lệ mẫu tạo chồi sau 2 tuần và chiều cao chồi sau 4 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L (Bảng 4). Đối với cây trong vườn một tháng tuổi, hoạt tính IAA, zeatin, gibberellin (dạng tự do) cao hơn ở vị trí thuộc mặt chính diện (vị trí 2.2). Ngược lại, tỉ lệ auxin/cytokinin ở mặt hông (vị trí 2.1) khá cao hơn so với vị trí mặt chính diện (Bảng 5).

Chồi sau 4 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 có sự loại bỏ tùm lông được làm vật liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.

Ảnh hưởng của sự phối hợp cytokinin và auxin lên sự phát triển chồi *in vitro*

Tất cả các phương thức tạo chồi (môi trường bổ sung BA và IAA hay NAA ở các nồng độ khác nhau) đều làm tăng chiều cao chồi so với đối chứng. Nếu cố định nồng độ BA 5 mg/L đồng thời gia tăng nồng độ IAA (0,5; 1 mg/L) thì số chồi tăng lên so với môi trường chỉ chứa BA 5 mg/L, tuy nhiên không có sự khác biệt giữa số chồi tạo thành và chiều cao chồi ở hai nồng độ IAA được khảo sát là 0,5 và 1 mg/L (Bảng 6).

Mặt khác, nếu cố định nồng độ BA 5 mg/L đồng thời gia tăng nồng độ NAA (0,5; 1; 1,5 mg/L) thì số chồi và chiều cao chồi tăng so với môi trường chỉ chứa BA 5 mg/L, tuy nhiên khi gia tăng nồng độ NAA, số chồi và chiều cao chồi giảm đi (Bảng 6).

Bảng 1: Sự hình thành chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây *Opuntia ficus-indica* trong vườn trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L

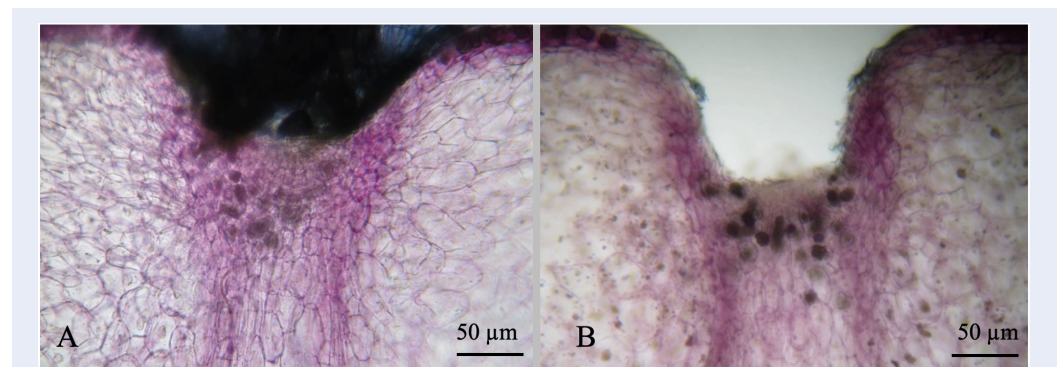
Khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi	Tỉ lệ mẫu tạo chồi (%)		Chiều cao chồi sau 4 tuần (mm)
	Tuần 2	Tuần 4	
Không loại bỏ túm lông	6,67 ± 6,67	100	4,60 ± 0,45
Loại bỏ túm lông	53,33 ± 6,67	100	6,80 ± 0,63
T-test	*		*

(*) Các số trung bình trong cột khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$ (T-test)

Bảng 2: Ảnh hưởng của sự loại bỏ túm lông lên hoạt động hô hấp của khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây *Opuntia ficus-indica*

Khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi	Cường độ hô hấp ($\mu\text{L O}_2/\text{g TLT}/\text{giờ}$)	
	Ngày 0	Ngày 10
Không loại bỏ túm lông	128,12 ± 14,32	209,07 ± 7,68
Có loại bỏ túm lông	187,69 ± 17,88	289,33 ± 9,45
T-test	*	*

(*) Các số trung bình trong cột khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$ (T-test)

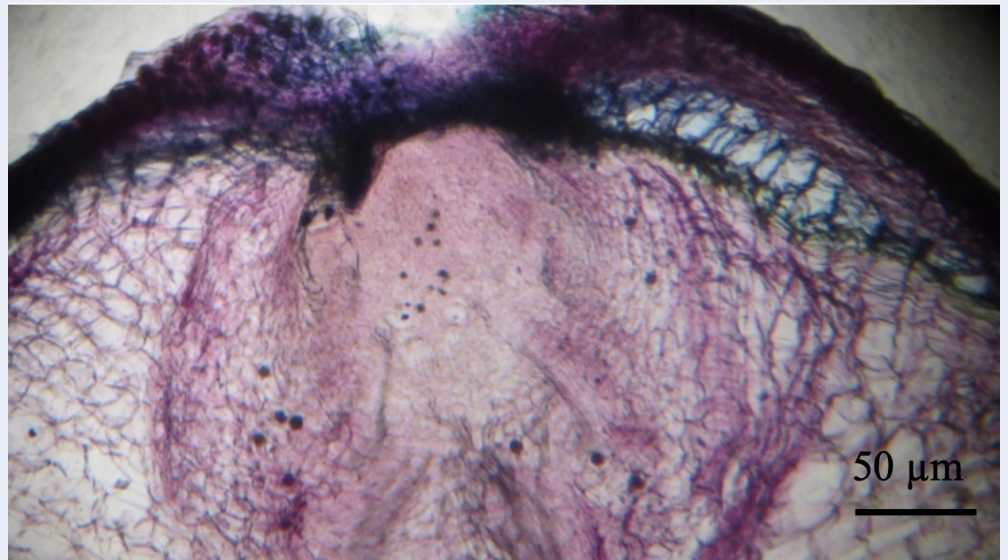


Hình 3: Lát cắt dọc qua khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 với túm lông bao phủ mô phân sinh ngọn chồi (A) và khi được loại bỏ túm lông (B) lúc bắt đầu sự nuôi cấy.

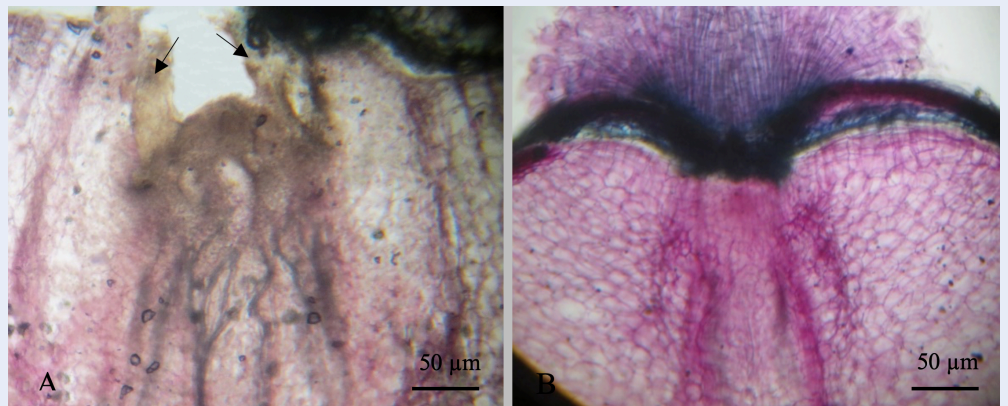
Bảng 3: Ảnh hưởng của vị trí mẫu cấy lên sự hình thành chồi cây *Opuntia ficus-indica*

Vị trí mẫu cấy		Ký hiệu	Tỉ lệ mẫu tạo chồi (%)		Chiều cao chồi sau 4 tuần (mm)
			Tuần 2	Tuần 4	
Ngọn	Chính diện	2.2	66,67 ± 0,7 ^a	100	7,30 ± 0,47 ^a
	Hông	2.1	0 ^d	100	2,10 ± 0,68 ^d
Gốc	Chính diện	1.2	33,33 ± 0,7 ^b	100	5,80 ± 0,35 ^b
	Hông	1.1	13,33 ± 0,55 ^c	100	3,90 ± 0,45 ^c

Ghi chú: Các số trung bình trong cột khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$



Hình 4: Lát cắt dọc qua khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 được loại bỏ túm lông sau 8 ngày nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L.

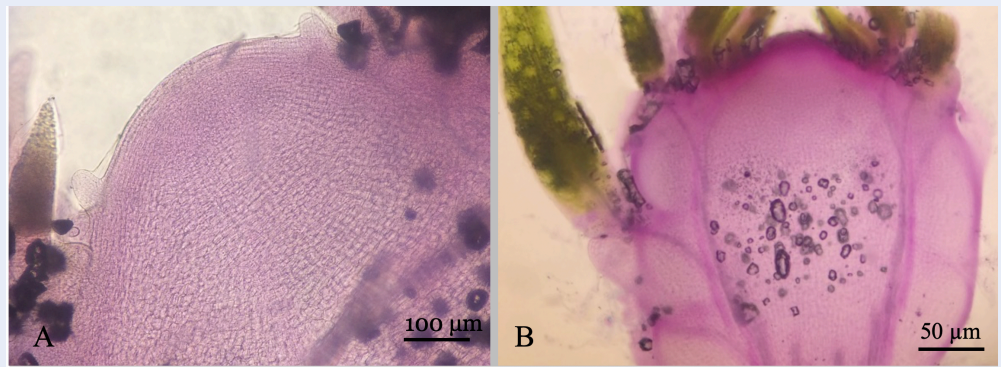


Hình 5: Lát cắt dọc qua khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 được loại bỏ túm lông (A) và không loại bỏ túm lông (B) sau 10 ngày nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L. Mũi tên chỉ sơ khởi lá.

Bảng 4: Sự khác biệt cường độ quang hợp và hô hấp của các khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở các vị trí khác nhau từ cây bình vườn (đo ngay sau khi thực hiện khúc cắt)

Vị trí		Ký hiệu	Cường độ quang hợp ($\mu\text{L O}_2/\text{g TLT}/\text{giờ}$)	Cường độ hô hấp ($\mu\text{L O}_2/\text{g TLT}/\text{giờ}$)
Phần Ngọn	Chính diện	2.2	$112,11 \pm 16,02^a$	$239,24 \pm 5,07^a$
	Hông	2.1	$95,36 \pm 12,66^{bc}$	$149,58 \pm 13,34^b$
Phần Góc	Chính diện	1.2	$101,68 \pm 9,84^{ab}$	$105,37 \pm 14,17^c$
	Hông	1.1	$78,85 \pm 11,89^c$	$130,36 \pm 10,48^b$

Ghi chú: Các số trung bình trong cột khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$



Hình 6: Lát cắt dọc qua khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở vị trí 2.2 được loại bỏ túm lông sau 14 ngày (A) và sau 21 ngày (B) nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L.

Bảng 5: Hoạt tính các chất điều hòa thực vật dạng tự do trong khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây trong vườn một tháng tuổi ở các vị trí trên phần ngọn

Vị trí trên phần ngọn	Hoạt tính các chất điều hòa tăng trưởng nội sinh ($\mu\text{g/gTLL}$)				Tỉ lệ auxin/cytokinin
	IAA	Zeatin	GA3	ABA	
Mặt hông (2.1)	1,19 \pm 0,04	0,48 \pm 0,02	1,32 \pm 0,06	0,43 \pm 0,03	2,48
Mặt chính diện (2.2)	1,37 \pm 0,03	0,64 \pm 0,03	1,74 \pm 0,04	0,47 \pm 0,04	2,14
T-test	*	*	*		

(*) Các số trung bình trong cột khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$ (T-test)

Bảng 6: Sự phát triển chồi từ chồi *in vitro* 4 tuần tuổi sau 8 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và IAA hoặc NAA ở các nồng độ khác nhau

Nghiệm thức	Số chồi/Mẫu cây	Chiều cao trung bình của chồi (mm)
Đối chứng (MS bổ sung BA 5 mg/L)	1,58 \pm 0,25 ^d	6,30 \pm 0,26 ^c
IAA (mg/L)	0,5	3,09 \pm 0,27 ^c
	1	3,25 \pm 0,25 ^c
NAA (mg/L)	0,5	6,27 \pm 0,29 ^a
	1	5,15 \pm 0,26 ^b
	1,5	3,86 \pm 0,34 ^c

Ghi chú: Các số trung bình trong cột khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$

Ảnh hưởng của sự hủy mô phân sinh ngọn chồi chính trong sự phát sinh chồi *in vitro*

Tất cả các phương thức tác động lên mô phân sinh ngọn chồi được thực hiện đều giúp gia tăng số lượng chồi hình thành. Số chồi hình thành cao nhất trên mẫu cấy được cắt bỏ phần bề mặt mô phân sinh ngọn chồi chính (2,90 chồi /mẫu cấy), thấp hơn ở mẫu cấy được hủy mô phân sinh ngọn chồi chính bằng kim (2,20 chồi /mẫu cấy). Sự khác biệt có ý nghĩa so với

đối chứng: 1,50 chồi/mẫu cấy (Bảng 7).

THẢO LUẬN

Đối với xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica*, túm lông bảo vệ mô phân sinh ngọn chồi nhưng lại cản sự phát triển chồi. Điều đó thể hiện qua tỉ lệ mẫu cấy tạo chồi khá cao ở mẫu cấy có sự loại bỏ túm lông và rất thấp ở mẫu cấy không loại bỏ túm lông sau hai tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L (Bảng 1). Tương ứng với tỉ lệ mẫu tạo chồi cao hơn,

Bảng 7: Sự phát sinh chồi từ các mẫu cây chịu ảnh hưởng bởi sự hủy mô phân sinh ngọn chồi sau 4 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và NAA 0,5 mg/L

Nghiệm thức	Số chồi/mẫu cây
Đối chứng (không tác động lên mô phân sinh ngọn)	1,50 ± 0,2 ^c
Dùng kim hủy mô phân sinh ngọn chồi chính	2,20 ± 0,32 ^b
Cắt bỏ phần bề mặt mô phân sinh ngọn chồi chính	2,90 ± 0,35 ^a

(*) Các số trung bình trong cột có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức $P \leq 0,05$

mẫu cây có sự loại bỏ túm lông luôn có cường độ hô hấp cao hơn so với mẫu cây không loại bỏ túm lông ở cả hai thời điểm là ngay sau khi thực hiện khúc cắt từ cây trong vườn và sau khi nuôi cấy 10 ngày trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L (**Bảng 2**). Do khả năng tạo sơ khởi chồi mạnh hơn, nên tỉ lệ mẫu cây tạo chồi từ khúc cắt có loại bỏ túm lông sau bốn tuần nuôi cấy cao hơn nhiều so với mẫu cây không loại bỏ túm lông (**Bảng 1**). Túm lông hiện diện ở núm (areole) là đặc điểm độc đáo chỉ có ở những loài thuộc họ phụ Opuntioideae⁵. Các loài thuộc họ xương rồng có khả năng biến đổi hình thái do đó có thể thích nghi và phát triển trong những điều kiện khắc nghiệt, như sự tiêu giảm lá thành gai và lớp cutin dày trên bề mặt để hạn chế sự mất nước. Hầu hết gai của cây có kích thước lớn, một số ngắn, mềm hơn, mọc thành cụm, đó là túm lông che chở. Lông che chở có chức năng tăng cường nhiệm vụ bảo vệ hoặc để giảm bớt sự thoát hơi nước⁶. Sự hiện diện của túm lông đã phần nào cản sự tiếp xúc của mô phân sinh với không khí, qua đó làm giảm hoạt động hô hấp của mô phân sinh. Bên cạnh đó, việc loại bỏ túm lông cũng phần nào làm gián đoạn lớp cutin trên bề mặt khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi. Đối với khúc cắt có sự loại bỏ túm lông, bề mặt mô phân sinh có sự gián đoạn lớp cutin (**Hình 3 B**), qua đó, có cường độ hô hấp cao hơn so với mẫu cây không loại bỏ túm lông (**Bảng 2**). Vào thời điểm trước khi nuôi cấy, các tế bào nhu mô dưới biểu bì của khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi có sự sắp xếp tương đối đồng đều (**Hình 2B**). Sau 8 ngày nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L, các tế bào nhu mô dưới biểu bì được hoạt hóa và phân chia để hình thành vùng phát sinh hình thái (**Hình 4**). Các tế bào thuộc vùng bên của mô phân sinh ngọn chồi phân chia tạo nếp lồi là tiền thân của các sơ khởi lá mới và hệ thống mạch dẫn. Sau đó, vùng phát sinh hình thái này tiếp tục phát triển để hình thành mô phân sinh ngọn chồi với sự hiện diện của phác thể lá đầu tiên vào ngày thứ 10 (**Hình 5A**). Như vậy, tương tự sự phát sinh chồi từ mô phân sinh ngọn chồi ở nhiều loài thực vật, sự phát sinh chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây xương rồng lê gai cũng qua các giai đoạn: hoạt hóa và phân chia tế bào, tạo vùng

phát sinh hình thái chồi, hình thành mô phân sinh ngọn chồi và cuối cùng là chồi với các phác thể lá. Tạo chồi là quá trình cần nhiều năng lượng, tương tự như nhu cầu năng lượng cho các quá trình phát triển khác như nảy mầm, ra hoa...⁷. Nguồn năng lượng này lấy từ sự hô hấp. Cùng với quá trình thoái biến các chất dự trữ, các chất biên dưỡng trung gian được sử dụng để tổng hợp các chất cần thiết cho hoạt động sống của tế bào bao gồm các hormone thực vật cần cho sự phát sinh hình thái⁸. Do đó, hoạt động hô hấp cao của chồi tương ứng với sự tổng hợp các chất kích thích tăng trưởng nhiều hơn, giúp cho sự biệt hóa của mô cây xảy ra dễ dàng hơn. Cường độ hô hấp và cường độ quang hợp của mẫu cây ở vị trí 2.2 cao nhất (**Hình 4**), vị trí này cho tỉ lệ mẫu tạo chồi sau 2 tuần nuôi cấy trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L cao nhất (66,67%). Tương tự sau 4 tuần nuôi cấy, chồi hình thành từ vị trí 2.2 có chiều cao cao nhất (7,30 mm), chồi hình thành từ các vị trí 2.1; 1.1; 1.2 có chiều cao lần lượt là 2,1; 3,9; 5,8 mm. Trong nghiên cứu này, khi nuôi cấy *in vitro* trên môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L, các khúc cắt mang mô phân sinh ở phần ngọn (vị trí 2.2) nhìn chung tạo sơ khởi chồi sớm hơn và có chiều cao chồi lớn hơn so với phần gốc có vị trí 1.2 (**Bảng 5**). Hoạt tính các chất điều hòa tăng trưởng thực vật dạng tự do trong khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây trong vườn cho thấy có sự tương ứng giữa khả năng phát triển chồi mạnh với hoạt tính IAA, zeatin và gibberellin nội sinh trong khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi. Đối với cây trong vườn 1 tháng tuổi, hoạt tính IAA, zeatin và gibberellin của khúc cắt ở vị trí 2.2 cao hơn so với vị trí 2.1 (trừ ABA). Do sự hiện diện và hoạt động phối hợp của cytokinin và auxin giúp cho sự gia tăng kích thước tế bào, tác động lên cả hai bước của quá trình phân chia tế bào (phân nhân và phân bào), và thúc đẩy quá trình phát sinh chồi⁹ sự phát triển chồi, nếu auxin kích thích sự phân chia tế bào của mô phân sinh ngọn và sự kéo dài tế bào của vùng dưới mô phân sinh ngọn, thì gibberellin kích thích sự phân chia tế bào của mô phân sinh lông và sự kéo dài lông⁷. Sự hiện diện của các chất điều hòa tăng trưởng thực vật nội sinh quyết định sự phát sinh hình thái, trong đó cytokinin có vai trò quan trọng trong sự

điều chỉnh hoạt động phân chia tế bào¹⁰. Cytokinin có vai trò đối kháng với auxin trong sự tạo chồi. Hoạt tính cytokinin nội sinh (zeatin) trong khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi ở mặt chính diện cao hơn mặt hông. Do đó, mô phân sinh ngọn ở vị trí 2.2 thoát khỏi trạng thái ngủ dễ hơn, vì thế tạo chồi mạnh hơn. Hơn nữa, trong nuôi cấy *in vitro*, sự phát sinh chồi hay rễ chịu ảnh hưởng bởi tỉ lệ auxin/cytokinin⁸. Sự phát triển chồi xảy ra khi tỉ lệ này thiên về cytokinin (tỉ lệ auxin/cytokinin thấp)¹¹. Mẫu cấy ở vị trí 2.2 có tỉ lệ auxin/cytokinin thấp hơn vị trí 2.1, do đó khi cùng được nuôi cấy trên môi trường bổ sung BA 5 mg/L, vị trí 2.2 khởi phát tạo chồi sớm hơn, vì thế tạo sơ khởi chồi nhanh hơn và chiều cao chồi sau 4 tuần lớn hơn chồi từ vị trí 2.1.

Tất cả các nồng độ IAA (0,5; 1 mg/L) và NAA (0,5; 1; 1,5 mg/L) kết hợp với BA 5 mg/L đều thúc đẩy sự tạo chồi và gia tăng chiều cao chồi. Tuy nhiên sau 8 tuần, môi trường bổ sung BA 5 mg/L và NAA 0,5 mg/L cho hiệu quả tăng sinh chồi cao nhất (Bảng 6). Như vậy, trong nghiên cứu này, NAA 0,5 mg/L có tác động mạnh hơn IAA 0,5 mg/L khi kết hợp với BA 5 mg/L trong sự tăng sinh chồi. Các nghiên cứu trước đây đã chứng minh auxin tác động trên sự tạo chồi khi phối hợp với cytokinin và tác dụng phụ thuộc vào bản chất và nồng độ auxin⁷. Escobar và cộng sự (2002) ghi nhận có thể phá vỡ trạng thái ngủ của nụ nách ở nhiều loài thuộc chi *Opuntia* thông qua việc sử dụng cytokinin riêng lẻ hay phối hợp với các nhân tố khác¹². Nhiều loại cytokinin thích hợp để khởi phát và tăng sinh chồi ở xương rồng lê gai, trong đó, BA có hiệu quả hơn kinetin và 2iP⁴. Trong sự tăng sinh chồi xương rồng lê gai *Opuntia ficus-indica*, auxin ảnh hưởng khác nhau lên sự tăng sinh chồi. BA 5 mg/L riêng lẻ cho hiệu quả tốt tạo chồi tốt nhất⁴, trong khi sự phối hợp BA và NAA không có hiệu quả rõ rệt trên sự tăng sinh chồi¹. Đến 2013, El Finti và cộng sự ghi nhận, sự bổ sung BA vào môi trường nuôi cấy sẽ làm tăng số chồi, nhưng có sự khác biệt ở 3 giống xương rồng Maroc khác nhau¹³. Tuy nhiên, Ghaffari và cộng sự (2013)¹⁴ chứng minh có sự khác biệt về số chồi tạo mới ở những môi trường bổ sung các chất điều hòa tăng trưởng thực vật khác nhau: trong giai đoạn phát triển chồi, phối hợp IAA 0,5 mg/L với BA 5 mg/L cho hiệu quả nhân chồi cao nhất, trong khi sự phối hợp NAA 0,25 mg/L với BA 5 mg/L cho chiều cao chồi lớn nhất. Từ đó các tác giả kết luận sự biệt hóa chồi là quá trình tương tác giữa auxin và cytokinin. Do đó, tùy thuộc vào giống và điều kiện sinh lý của mẫu cấy mà có sự phối hợp các chất điều hòa tăng trưởng thực vật khác nhau để tăng sinh chồi⁷. Sự phối hợp BA 5 mg/L với IAA ở hai nồng độ 0,5 và 1 mg/L đều làm tăng số chồi và chiều cao trung bình của chồi so với

môi trường chỉ chứa BA 5 mg/L (Bảng 6). Vì IAA là một auxin tự nhiên có tác động yếu nên với hai nồng độ IAA được sử dụng (0,5 và 1 mg/L) khi phối hợp với BA 5 mg/L không làm thay đổi đáng kể số chồi và chiều cao chồi. Việc xử lý auxin chỉ có tác dụng kích thích tăng trưởng ở nồng độ tối hảo thường gặp trong chính cơ thể thực vật, ở nồng độ cao trái lại sẽ ức chế tăng trưởng và có thể trở thành độc tố⁷. Do đó, khi auxin (NAA 0,5; 1; 1,5 mg/L) hiện diện, sự phối hợp hoạt động giữa một cytokinin tổng hợp (BA 5 mg/L) có hiệu quả hơn trong cả sự tăng sinh chồi lẫn sự kéo dài chồi nhưng khi gia tăng nồng độ NAA, số chồi và chiều cao chồi giảm đi rõ rệt.

Tất cả các xử lý tác động lên mô phân sinh ngọn chồi đều giúp gia tăng số lượng chồi hình thành. Số chồi hình thành cao nhất trên mẫu cấy được cắt bỏ phần bề mặt mô phân sinh ngọn chồi chính (2,90 chồi/mẫu cấy), thấp hơn ở mẫu cấy hủy mô phân sinh ngọn chồi chính bằng kim (2,20 chồi/mẫu cấy). Sự khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng: 1,50 chồi/mẫu cấy (Bảng 7). Bình thường, nhu cầu đường cao của ngọn chồi hạn chế đường chuyển vị tới nụ (nụ nách), do đó, cần nụ nách tăng vượt. Khi cắt ngọn, nụ bắt đầu thoát ưu tính ngọn trước khi lượng auxin thay đổi trong thân ở cạnh nụ, trong khi đường nhanh chóng phân phối lại và tích tụ trong nụ. Sau khi cắt bỏ chồi chính, sự cạn kiệt auxin dọc theo thân không như nhau theo thời gian và không gian, nên các nụ ở phần trên của thân thoát hiệu ứng auxin trước các nụ ở phần dưới⁶. Khi gia tăng mức độ tổn thương, số chồi nách sẽ giảm do sự giới hạn của mô phân sinh chồi nách. Trong khi đó, số chồi bất định (thường được cảm ứng do vết thương) sẽ tăng lên¹⁵. Do đó, khi dùng kim hủy mô phân sinh ngọn chồi, sự hình thành chồi chỉ xảy ra tại vị trí chồi nách, thay thế cho mô phân sinh ngọn chồi đã bị phá hủy, và khi cắt bỏ bề mặt của mô phân sinh ngọn chồi, các chồi mới hình thành tại vị trí gốc của vết cắt và các vị trí chồi nách.

KẾT LUẬN

Sự phát sinh chồi từ khúc cắt mang mô phân sinh ngọn chồi cây xương rồng lê gai qua các giai đoạn: hoạt hóa và phân chia tế bào, tạo vùng phát sinh hình thái chồi, hình thành mô phân sinh ngọn chồi và cuối cùng là chồi với các phác thể lá. Việc loại bỏ túm lông làm tăng tốc độ phát triển chồi, khúc cắt mang mô phân sinh ngọn được loại bỏ túm lông luôn có cường độ hô hấp cao hơn. Vị trí mang mô phân sinh ngọn chồi ở mặt chính diện thuộc phần ngọn của nhánh cho hiệu quả tạo chồi cao nhất. Vị trí này có cường độ quang hợp, hô hấp, hoạt tính IAA, zeatin nội sinh cao hơn các vị trí còn lại. Môi trường MS bổ sung BA 5 mg/L và NAA 0,5 mg/L kích thích mạnh tạo cụm

chối. Việc hủy mô phân sinh ngọn chồi chính bằng cách cắt bỏ bề mặt cho số chồi tạo thành cao nhất.

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

2iP: 2-isopentyl adenine

ABA: Abscisic acid

BA: 6-Benzylaminopurine

GA3: Gibberellic acid

IAA: indol acetic acid

IBA: indol butyric acid

MS: Murashige và Skoog

NAA: 1-naphtalene acetic acid

SAM: Shoot Apical Meristem

TLK: Trọng lượng khô

TLT: Trọng lượng tươi

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Tác giả khẳng định không có bất cứ xung đột lợi ích nào.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Nguyễn Thị Cẩm Duyên đóng góp trực tiếp tiến hành thí nghiệm, thu thập và xử lý số liệu, viết bản thảo. Bùi Trang Việt và Trần Thanh Hương đóng góp quan trọng trong phân tích và giải thích kết quả trong bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Finti AE, Boullani RE, Ayadi FE, Aabd NA, Mousadik AE. Micropropagation in vitro of *Opuntia ficus-indica* in south of Morocco. *Int J Chem Biochem Sci.* 2012;1:6–10. Available from: [10.17660/ActaHortic.2013.995.11](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.11).
2. Osuna-Martínez U, Reyes-Esparza J, Rodríguez-Fragoso L. Cactus (*Opuntia ficus-indica*): a review on its antioxidants properties and potential pharmacological use in chronic diseases. *Natural Products Chemistry Research.* 2014;2(6):153. Available from: [10.4172/2329-6836.1000153](https://doi.org/10.4172/2329-6836.1000153).
3. YẾN TTO. Nghiên cứu tính đa dạng di truyền của các chi *Opuntia* và *Hylocereus* và ứng dụng chỉ thị phân tử trong chọn tạo giống *Hylocereus* có hàm lượng Betalain cao. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM; 2014.
4. Khalafalla MM, Abdellatef E, Ahmed MMM, Osman MG. Micropropagation of sweet potato (*I. batatas*) grows regularly. *International Journal for sustainable crop production.* 2007;2007(2):1–8.
5. de Arruda ECP, de Melo-de Pinna GF. Anatomical characters of stem segments in species of Opuntioideae (Cactaceae) subfamily. *Hoehnea.* 2015;42(2):195–205. Available from: [10.1590/2236-8906-12/2014](https://doi.org/10.1590/2236-8906-12/2014).
6. Trương-Thị-Đẹp. Thực vật Dược. Việt Nam: NXB Giáo dục; 2016.
7. Bùi-Trang-Việt. Sinh lý Thực vật đại cương. Tp. Hồ Chí Minh: NXB Đại Học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh; 2016.
8. Litwack G. Plant hormones. Gulf Professional Publishing; 2005.
9. George EF. Plant Tissue Culture Procedure-Background. In: George EF, Hall MA, Klerk GJ, editors. *Plant propagation by tissue culture: The Background*; 2008.
10. Wang R, Estelle M. Diversity and specificity: auxin perception and signaling through the TIR1/AFB pathway. *Current opinion in plant biology.* 2014;21:51–58. Available from: [10.1016/j.pbi.2014.06.006](https://doi.org/10.1016/j.pbi.2014.06.006).
11. Hương TT, Việt BT, Teng-Yung F. Vai trò của các chất điều hòa tăng trưởng thực vật trong sự hình thành rễ bất định từ các khúc cắt mang chồi ở một vài giống chuối (*Musa sp.*). *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ.* 2009;12(9):23–30.
12. Escobar MA, Leslie CA, McGranahan GH, Dandekar AM. Silencing crown gall disease in walnut (*Juglans regia L.*). *Plant Science.* 2002;163(3):591–597.
13. Finti AE, Boullani RE, Naima A, Msanda F, Serghini M, Mousadik AE. In vitro propagation of three moroccan prickly pear cactus *Opuntia* and plant establishment in soil. *Not Sci Biol.* 2013;5(1):39–44. Available from: [10.15835/nsb518354](https://doi.org/10.15835/nsb518354).
14. Ghaffari A, Hasanloo T, Nekouei MK. Micropropagation of tuna (*Opuntia ficus*) and effect of medium composition on proliferation and rooting. *Int J Biosci.* 2013;3:129–39.
15. Klimešová J, Malíková L, Rosenthal J, Smilauer P. Potential bud bank responses to apical meristem damage and environmental variables: matching or complementing axillary meristems? *PLoS One.* 2014;9(2):e88093. Available from: [10.1371/journal.pone.0088093](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088093).

Studying on the *in vitro* shoot formation of *Opuntia ficus – indica* (L.) Mill.

Nguyen Thi Cam Duyen^{1,*}, Bui Trang Viet², Tran Thanh Huong²

ABSTRACT

This study presented the elimination of the glochids in the areoles of *Opuntia ficus-indica* cladode induced the shoot formation from the explants containing the shoot apical meristem (SAM) on Murashige and Skoog medium (MS) supplemented with 6-benzylaminopurine (BA) 5 mg/L. Morphological and physiological changes in shoot formation process were analyzed. This process involved the constant stages: activation of cell division, initiating of meristematic region; formation of shoot primordium and shoot with leaves. The SAM position in the upper front of the cladode gave the highest shoot productivity. This position had the photosynthesis rate, respiration rate, endogenous indole acetic acid (IAA) and zeatin activity higher than the others. Difference of auxin concentrations increased the amount of shoots and shoot height. The maximum number of shoots per explant was obtained on MS medium supplemented with BA 5 mg/L and 1-naphthalene acetic acid (NAA) 0.5 mg/L. The elimination of SAM by removing the surface of the shoot gave the highest number of the shoot. The correlation of the glochids in the areoles, explant position, plant hormones, photosynthesis rate respiration rate and shoot formation were discussed.

Key words: Cactus, Glochids, *Opuntia ficus-indica*, Shoot formation

¹Nguyen Tat Thanh University

²University of Sciences, VNUHCM

Correspondence

Nguyen Thi Cam Duyen, Nguyen Tat Thanh University

Email: ntcamduyen@gmail.com

History

- Received: 14-11-2018
- Accepted: 09-01-2019
- Published: 31-03-2019

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjns.v3i1.714>



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Thi Cam Duyen N, Trang Viet B, Thanh Huong T. **Studying on the *in vitro* shoot formation of *Opuntia ficus – indica* (L.) Mill..** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(1):18-28.