

ĐÁNH GIÁ TÍNH KHÁNG BỆNH CHÁY LÁ CỦA CÁC NGUỒN GEN TRONG TẬP ĐOÀN KHOAI MÔN SỢ MIỀN BẮC ĐỐI VỚI NẤM *Phytophthora colocasiae* Racib. (1900) BẰNG PHƯƠNG PHÁP LÂY NHIỄM NHÂN TẠO

Lê Thị Thủy, Đỗ Thị Ánh Nguyệt, Nguyễn Xuân Viêt*

Khoa Sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

*Tác giả liên hệ: vietnhunhat@gmail.com

Nhận bài: 12/12/2023 Hoàn thành phản biện: 01/02/2024 Chấp nhận bài: 02/02/2024

TÓM TẮT

Bệnh cháy lá do nấm *Phytophthora colocasiae* Racib. (1900) gây thiệt hại lớn cho nhiều vùng thâm canh khoai môn sọ. Nghiên cứu của chúng tôi được thực hiện nhằm đánh giá được tính kháng bệnh cháy lá của các nguồn gen trong tập đoàn khoai môn sọ được bảo tồn, qua đó sàng lọc và phát hiện các nguồn gen kháng để phục vụ các chương trình chọn tạo giống khoai môn sọ kháng bệnh cháy lá. Bằng lây nhiễm *in vitro* mảnh lá cắt rời với chủng nấm *P. colocasiae* phân lập từ mô lá bị bệnh và đánh giá dựa trên diện tích lá biểu hiện triệu chứng bệnh, nghiên cứu đã đánh giá được tính kháng/nhiễm của 209 nguồn gen thuộc tập đoàn khoai môn sọ miền Bắc Việt Nam. Trong đó, phát hiện 4 nguồn gen là SP-19-027 (khoai môn, Điện Biên), 28351 (khoai Phước thảo, Cao Bằng), 11612 (khoai Má phở, Lai Châu) và 11545 (khoai Hậu đánh, Tuyên Quang) không bị nhiễm nấm; 12 nguồn gen kháng; 62 nguồn gen kháng trung bình, 58 nguồn gen nhiễm nặng (mẫn cảm) và 73 nguồn gen nhiễm nghiêm trọng (mẫn cảm cao) với chủng nấm *P. colocasiae* lây nhiễm. Kiểm chứng tính kháng nấm của các nguồn gen miễn dịch và kháng nấm sau 7 ngày lây nhiễm *in vivo* cho kết quả phù hợp với đánh giá bằng lây nhiễm *in vitro*. Tuy nhiên, dưới áp lực nhiễm nấm kéo dài đến 15 ngày, mức độ kháng của một số nguồn gen đã bị giảm. Kết quả nghiên cứu đã cung cấp số liệu về khả năng kháng với nấm gây bệnh cháy lá, góp phần xây dựng cơ sở dữ liệu nguồn gen khoai môn sọ nước ta, có ý nghĩa đối với công tác chọn tạo giống khoai môn sọ kháng bệnh cháy lá.

Từ khóa: Bệnh cháy lá, Khoai môn sọ, Lây nhiễm *in vitro*, *Phytophthora colocasiae*, Tính kháng

ASSESSMENT OF THE LEAF BLIGHT RESISTANCE OF THE ACCESSIONS IN THE NORTHERN TARO COLLECTION TO *Phytophthora colocasiae* Racib. (1900) BY ARTIFICIAL INOCULATION

Le Thi Thuy, Do Thi Anh Nguyet, Nguyen Xuan Viet*

Faculty of Biology, Hanoi National University of Education

ABSTRACT

Leaf blight caused by the fungus *Phytophthora colocasiae* Racib. (1900) causes great damage to many areas of intensive taro cultivation. Our research was conducted to evaluate the fire blight resistance of accessions in the conserved taro group, thereby screening and detecting leaf blight resistance accessions. These accessions will be put into long-term conservation and serve the program of breeding taro varieties resistant to leaf blight. In this study, 209 accessions from Northern taro collection were evaluated for resistance by *in vitro* infection of detached leaf disc with the fungus *P. colocasiae* based on the leaf area showing disease symptoms. Among them, 4 accessions with immunity were detected, including SP-19-027 collected in Dien Bien province, Phuoc Thao taro (28351) in Cao Bang province, Ma pho taro (11613) in Lai Chau province and Hau danh taro (11545) in Tuyen Quang province with immunity; 12 accessions for resistance; 62 accessions for moderate resistance; 58 accessions for susceptibility and 73 accessions for high susceptibility to *P. colocasiae* strain. Testing fungal resistance of the taro accessions (including 4 immune and 12 resistant taro accessions) after 7 days of *in vivo* infection showed results consistent with those assessed by *in vitro* infection. However, under fungal infection pressure lasting up to 15 days, the resistance level of some taro accessions decreased. The research results have provided data on resistance to the fungus causing leaf blight, contributing to building a database of taro accessions in our country. The highly resistant accessions discovered in the study have implications for breeding programs of taro with resistance to *P. colocasiae* fungus.

Keywords: Leaf blight, Taro, *In vitro* infection, Susceptibility, *Phytophthora colocasiae*, Resistance

1. MỞ ĐẦU

Khoai môn sọ (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) là loại cây trồng được nhân giống vô tính và thuần hóa đầu tiên ở Đông Nam Á, sau đó lan rộng khắp thế giới, được xem là cây trồng lấy củ quan trọng ở Châu Á, Châu Phi và khu vực Thái Bình Dương (Nath và cs., 2016). Diện tích trồng khoai môn sọ đạt khoảng 1,8 triệu ha, tập trung chủ yếu ở các nước đang phát triển, năng suất trung bình 6,7 tấn/ha, sản lượng khoai sọ trên toàn thế giới năm 2021 ước tính khoảng 12 triệu tấn, đứng thứ 14 trong số các loại rau phổ biến (FAO, 2021). Ở Việt Nam, khoai môn sọ được trồng rộng rãi ở nhiều tỉnh thành khác nhau từ khu vực đồng bằng đến miền núi, với diện tích trồng khoảng 15.000 ha. Mặc dù là loại cây trồng có giá trị kinh tế, song do chưa có quy hoạch vùng trồng, khó khăn trong lựa chọn nguồn giống phù hợp khiến việc phát triển các vùng sản xuất khoai môn sọ hàng hóa còn nhiều hạn chế (Tạ Quang Tường và cs., 2015).

Bên cạnh đó, trong thâm canh khoai môn sọ, bệnh cháy lá do nấm *Phytophthora colocasiae* gây ra đe dọa tính bền vững của hoạt động sản xuất khoai môn sọ trên toàn cầu (Miyasaka và cs., 2012). Bệnh gây thiệt hại khác nhau về năng suất củ tùy thuộc vào mức độ miễn cảm của giống. Sản lượng củ giảm 25-50% thậm chí lên đến 95% đã được báo cáo và ghi nhận ở nhiều vùng trồng khoai môn sọ trên thế giới trong đó có Việt Nam (Mirsa và cs., 2011; Nguyễn Phú Dũng và cs., 2021). Tuy nhiên, ở nước ta còn khá ít nghiên cứu liên quan đến bệnh này, một số tập trung vào việc phân lập, đánh giá đặc điểm hình thái của các chủng nấm *P. colocasiae* và nghiên cứu sử dụng chế phẩm sinh học trong việc phòng trừ loại nấm này nhưng kết quả còn khá hạn chế

(Nguyễn Phi Hùng và cs., 2015; Nguyễn Phú Dũng và cs., 2021; Lê Thị Thủy và cs., 2023). Hiện nay, luân canh cây trồng hay sử dụng thuốc diệt nấm vẫn là các biện pháp phổ biến được áp dụng nhằm giảm thiểu tác hại của bệnh cháy lá, tuy nhiên hiệu quả phòng trừ bệnh chưa cao, đặt ra các vấn đề về ô nhiễm môi trường và sự xuất hiện của các chủng kháng thuốc khi lạm dụng thuốc diệt nấm trong thời gian dài (Nath và cs., 2014). Do đó, việc chọn tạo và nhân giống các nguồn gen khoai môn sọ có khả năng kháng bệnh được xem là một giải pháp thân thiện với môi trường trong việc kiểm soát bệnh cháy lá (Nath và cs., 2016). Để thực hiện được việc này, việc đánh giá và sàng lọc được các nguồn gen khoai môn sọ kháng bệnh từ tập đoàn nguồn gen sẵn có là giải pháp khả thi nhất và thường được tiến hành trên đồng ruộng, nơi có sẵn nguồn nấm gây bệnh. Tuy nhiên, việc thực nghiệm trong điều kiện canh tác thường mất thời gian, gây tốn kém đồng thời kết quả có thể bị sai lệch do sự phân bố không đều của mầm bệnh. Do vậy, một số tác giả đã sử dụng các biện pháp lây nhiễm nhân tạo nhằm khắc phục những hạn chế này (Nath và cs., 2016; Padmaja và cs., 2016). Bài báo này trình bày kết quả đánh giá khả năng kháng với nấm *P. colocasiae* gây bệnh cháy lá của 209 nguồn gen trong tập đoàn khoai môn sọ được bảo tồn, qua đó góp phần xây dựng cơ sở dữ liệu nguồn gen và giới thiệu các nguồn gen kháng phục vụ các chương trình chọn tạo giống có khả năng kháng bệnh cháy lá.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Chủng nấm phân lập *Phytophthora colocasiae* SB (Lê Thị Thủy và cs., 2023) được dùng làm nguồn nấm lây nhiễm in

vitro vào mẫu lá cắt rời của các nguồn gen khoai môn sọ.

Tập đoàn gồm 209 nguồn gen khoai môn sọ miền Bắc đang bảo tồn tại Trung tâm Tài nguyên thực vật, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, được dùng làm vật liệu đánh giá tính kháng với nấm *P. colocasiae*.

Môi trường WA (thạch nước cất) và PDA (thạch khoai tây) được sử dụng để nhân nuôi chủng nấm *P. colocasiae*.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nhân nuôi *P. colocasiae* tạo nguồn nấm lây nhiễm *in vitro*

Trong điều kiện vô khuẩn, một khoanh (1 cm²) môi trường lưu chủng nấm *P. colocasiae* được cắt và chuyển cây vào giữa đĩa Petri chứa môi trường PDA và nhân nuôi trong điều kiện tối ở nhiệt độ 22-23°C trong 5 ngày. Sợi nấm khi mọc lan khắp bề mặt môi trường được dùng làm nguồn nấm lây nhiễm vào lá để đánh giá tính kháng bệnh.

2.2.2. Đánh giá tính kháng bệnh của các nguồn gen khoai môn sọ bằng phương pháp lá cắt rời.

Nghiên cứu đánh giá tính kháng bệnh của các nguồn gen khoai môn sọ bằng phương pháp lá cắt rời theo mô tả của Brooks và cs. (2008). Củ khoai giống không bị bệnh, kích thước tương đương nhau được trồng vào chậu chứa giá thể TN1. Cây sinh

trưởng trong nhà lưới tại Vườn thực nghiệm của trường Đại học Sư phạm Hà Nội. Khi cây có 5 lá, các lá non đã mở hoàn toàn và không biểu hiện triệu chứng bệnh được thu làm vật liệu lây nhiễm. Lá được rửa nhẹ dưới vòi nước chảy, sau đó thấm khô nước và làm sạch bề mặt bằng bông tăm cồn 70°. Lá sạch được cắt thành các mảnh nhỏ (4 cm²) và khử trùng bằng javen 1% trong 3 phút, rửa trong nước cất khử trùng 3 lần để loại bỏ hoàn toàn javen. Mảnh lá sau đó được thấm khô trên giấy thấm khử trùng và cấy lên môi trường WA trong các đĩa Petri. Một khoanh nấm (1 cm²) cắt từ đĩa môi trường nhân nấm PDA được đặt cạnh mảnh lá. Ở các đĩa đối chứng, thay thế khoanh nấm bằng khoanh môi trường PDA không có sợi nấm. Tất cả các đĩa mẫu được nuôi ở nhiệt độ 20 - 22°C với thời gian chiếu sáng 12 giờ/ngày.

Xác định diện tích lá bị bệnh (phần lá bị biến màu, khô hoặc hoại tử) dựa trên phần mềm ImageJ. Đối với các vết bệnh có góc cạnh việc tính diện tích thông qua cách chia ô vuông trên giấy (ô 1 mm²). Thí nghiệm được lặp lại 5 lần cho mỗi nguồn gen, mỗi mảnh lá/lần lặp lại.

Tỉ lệ diện tích lá nhiễm bệnh (%) = (diện tích vùng lá nhiễm bệnh/tổng diện tích mẫu lá lây nhiễm) × 100

Chỉ số bệnh (Percent Disease Index) PDI (%) được tính theo công thức (Little và Hills, 1978):

$$PDI = \frac{(n_1 \times 1) + (n_2 \times 2) + (n_3 \times 3) + (n_4 \times 4) + (n_5 \times 5)}{N \times 5}$$

Trong đó: n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 lần lượt là số lá bị bệnh cấp 1, 2, 3, 4 và 5

N là tổng số lá (mẫu) đánh giá; 5 là cấp bệnh cao nhất trong thang cấp gây hại (Bảng 1).

Mức độ kháng bệnh của nguồn gen được đánh giá dựa trên thang điểm của Prasad (1982) và Padjama và cs. (2016) cũng như hướng dẫn trong quyết định số 144 của Trung tâm Tài nguyên thực vật (Bảng 1).

Bảng 1. Cấp gây hại đánh giá mức độ kháng bệnh cháy lá, thối củ do nấm *P. colocasiae* ở khoai môn sọ (Padjama và cs., 2016)

Cấp bệnh	Mô tả biểu hiện bệnh	Chỉ số nhiễm bệnh (PDI) %	Phản ứng với bệnh (mức độ kháng bệnh)
0	Không nhiễm bệnh	0	Miễn dịch (Immune)
1	Nhiễm ít, dưới 1% diện tích lá nhiễm bệnh	1%	Kháng cao (Highly resistant)
2	Nhiễm nhẹ, từ 1,01% đến 5% diện tích lá nhiễm bệnh	1,01-5%	Kháng (Resistant)
3	Nhiễm trung bình, diện tích lá nhiễm bệnh từ 5,01 đến 25%	5,01-25%	Kháng trung bình (Moderately resistant)
4	Nhiễm nặng, diện tích lá nhiễm bệnh từ 25,01% đến 50%	25,01-50%	Mẫn cảm (Susceptible)
5	Nhiễm nghiêm trọng, diện tích lá nhiễm hơn 50%	> 50%	Mẫn cảm cao (Highly susceptible)

2.2.3. Phương pháp xác định thời điểm thu số liệu đánh giá khả năng kháng với nấm của nguồn gen sau lây nhiễm

Thí nghiệm dự bị nhằm xác định thời điểm sau lây nhiễm thích hợp cho thu số liệu tính kháng được thực hiện với 25 nguồn gen. Các nguồn gen được chọn ngẫu nhiên trong tập đoàn 209 nguồn gen nghiên cứu để thực hiện lây nhiễm nấm bằng phương pháp lá cắt rời. Theo dõi và xác định phần diện tích mảnh lá có triệu chứng bệnh ở 3 thời điểm: 5, 7 và 10 ngày sau lây nhiễm. Tại thời điểm phát hiện ít nhất một nguồn gen có diện tích lá bị nhiễm nấm hoàn toàn (Chỉ số nhiễm bệnh PDI = 100%) được xem là thời điểm phù hợp lấy số liệu đánh giá khả năng kháng với nấm giữa các nguồn gen.

2.2.4. Thí nghiệm kiểm tra khả năng kháng nấm *P. colocasiae* của các nguồn gen kháng bằng phương pháp lây nhiễm *in vivo*

Lây nhiễm nhân tạo *in vivo* được thực hiện trong nhà lưới với điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của nấm bệnh theo phương pháp được mô tả bởi Amol (2016).

Củ khoai môn sọ của 16 nguồn gen đã được đánh giá là miễn dịch/kháng bệnh từ kết quả lây nhiễm *in vitro* được trồng trong nhà lưới. Khi cây có 4 - 5 lá, tiến hành lây nhiễm trực tiếp vào lá thứ 2 (dưới lá ngọn) bằng cách làm sạch lá bằng nước khử trùng, sau đó tạo vết thương trên lá bằng

giấy nhám mịn đã được khử trùng. Miếng thạch (khoảng 4 mm²) cắt từ đĩa môi trường PDA chứa hệ sợi chủng nấm *P. colocasiae* SB được đặt trực tiếp lên vùng lá đã gây tổn thương trước đó. Đảm bảo đủ ẩm để sợi nấm sinh trưởng và xâm nhập vào mô lá nhờ lớp bông tẩm nước cất khử trùng phủ trên bề mặt, sau đó sử dụng băng dính trong suốt để cố định miếng thạch và bông trên lá, thực hiện tưới phun sương 2 lần/ngày vào sáng sớm và chiều tối. Thí nghiệm được tiến hành tương tự trên cây đối chứng nhưng thay thế miếng thạch chứa nấm bằng miếng thạch sạch không nuôi nấm. Quá trình lây nhiễm thực hiện vào cuối ngày để tránh nhiệt độ quá cao. Chăm sóc cây và theo dõi diễn biến của bệnh ở ngày thứ 5, 7, 10 và 15 sau lây nhiễm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, mỗi nguồn gen tiến hành lây nhiễm trên 5 cây/lần lặp lại.

2.2.5. Xử lý số liệu

Các số liệu được xử lý thống kê dựa trên Microsoft Excel 16.0 và phần mềm SPSS 16.0. Phân tích phương sai một yếu tố và kiểm định Turkey's - b để đánh giá sự sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính kháng bệnh sau khi lây nhiễm *in vitro*

Đánh giá mức độ kháng bệnh cháy lá do nấm *P. colocasiae* của mỗi nguồn gen cần dựa trên diện tích lá biểu hiện triệu chứng bệnh trong các thí nghiệm lây nhiễm.

Để xác định và so sánh khả năng kháng nấm của mỗi nguồn gen và giữa các nguồn gen trong tập đoàn nghiên cứu cần chọn được thời điểm thích hợp sau lây nhiễm để thu nhận số liệu đánh giá. Thí nghiệm thăm dò trên 25 nguồn gen khoai môn sọ được lựa chọn ngẫu nhiên và đánh giá ở 3 thời điểm

là 5, 7 và 10 ngày sau lây nhiễm *in vitro* đã cho thấy: ở ngày thứ 3 sau lây nhiễm, lá của một số nguồn gen bắt đầu xuất hiện các vết biến màu, triệu chứng bệnh biểu hiện rõ hơn ở ngày thứ 5 sau lây nhiễm. Từ diện tích lá bị tổn thương bởi nấm đã tính được giá trị PDI của mỗi nguồn gen (Bảng 2).

Bảng 2. Mức độ nhiễm bệnh cháy lá của 25 nguồn gen khoai môn sọ tại thời điểm 5, 7 và 10 ngày sau lây nhiễm nấm *P. colocasiae*

Số đăng kí/kí hiệu nguồn gen	Chỉ số nhiễm bệnh PDI (%)		
	5 ngày	7 ngày	10 ngày
10053	0	3,5	17,6
10098	28,7	47,1	68,5
10087	55,2	94,0	100
10149	39,5	75,5	100
10133	18,2	32,8	45,1
11609	65,6	100	100
11630	4,5	20,8	41,7
28035	0	17,5	39,7
T.7053	20,4	32,5	80,2
28301	0	14,0	35,0
28262	19,2	40,6	80,4
28315	57,1	100	100
28265	2,3	20,0	50,0
T.15881	60,3	78,5	100
28208	15,7	30,4	72,8
T.17675	13,5	32,7	50,1
SP-19-026	0	6,1	23,6
SP-19-057	0	23,5	32,4
SP-19-061	24,1	45,2	90,0
MS.06	4,8	20,3	34,2
SP-19.002	35,7	82,6	100
SP-19-048	0	27,4	39,0
065K2H2	67,4	100	100
Sp-19-071	40,3	80,0	100
Sp-19-033	0	13,6	23,2

Ở ngày thứ 5 sau lây nhiễm nấm, đã phát hiện có 18 nguồn gen bị nhiễm. Trong đó, 5 nguồn gen có chỉ số bệnh > 50% (PDI cao nhất là 67,4%), 9 nguồn gen có PDI dưới 5% và 7 nguồn gen chưa có biểu hiện triệu chứng bệnh (PDI = 0%). Ở ngày thứ 7 sau lây nhiễm đã quan sát thấy 3/25 nguồn gen có 100% diện tích lá biểu hiện triệu chứng bệnh, 7 nguồn gen không bị nấm gây hại ở ngày thứ 5 đã biểu hiện các tổn thương trên lá. Tại thời điểm 10 ngày sau lây nhiễm, đã có 15/25 nguồn gen có chỉ số

bệnh trên 50%, trong đó có 8 nguồn gen có lá nhiễm bệnh và hoại tử hoàn toàn (PDI = 100%).

Với 3/25 nguồn gen trong thí nghiệm thăm dò có PDI là 100% sau 7 ngày lây nhiễm trong khi 22 nguồn gen còn lại có diện tích lá bị nấm hại ở các mức độ khác nhau với PDI dao động trong khoảng 6,1% - 94%, chúng tôi cho rằng, 7 ngày sau lây nhiễm lá *in vitro* là thời điểm có thể sử dụng để đánh giá mức độ kháng bệnh cháy lá do nấm *P. colocasiae* đối với các nguồn

gen khoai môn sọ trong tập đoàn. Thời điểm 7 ngày sau lây nhiễm cũng đã được sử dụng để đánh giá mức độ gây hại của nấm trong các nghiên cứu thực hiện bằng phương pháp lá cắt rời (Nowakowka và cs., 2014; Padjama và cs. 2016). Việc chọn thời điểm sau lây nhiễm nhân tạo để đánh giá tình trạng bệnh là có khác nhau giữa các ông bố. Nath và cs. (2016) khi lây nhiễm *in vitro* các mảnh lá khoai môn sọ bằng bào tử nấm *P. colocasiae*, nhận thấy triệu chứng bệnh xuất

hiện trên các mảnh lá sau 1 ngày lây nhiễm, biểu hiện của bệnh trở nên rõ và đa dạng hơn ở ngày thứ 4 sau lây nhiễm.

Đánh giá tại thời điểm 7 ngày sau lây nhiễm *in vitro* nấm *P. colocasiae* đối với 209 nguồn gen khoai môn sọ miền Bắc đã thu được kết quả trình bày trong Bảng 3. Thống kê số lượng nguồn gen theo mức độ kháng/mẫn với nấm được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 3. Kết quả đánh giá tính kháng bệnh cháy lá của các nguồn gen khoai môn sọ miền Bắc sau lây nhiễm nấm *Phytophthora colocasiae*

Số ĐK/ KH	PDI (%)	R/S	TT	Số ĐK/ KH	PDI (%)	R/S	TT	Số ĐK/ KH	PDI (%)	R/S
10093	24,3	MR	71	28035	5,0	R	141	28351	0	I
10102	80,0	HS	72	28037	17,5	MR	142	28281	38,4	S
10022	18,7	MR	73	11635	35,5	S	143	28282	54,5	HS
10053	3,5	R	74	28039	12,3	MR	144	28354	21,5	MR
11674	15,6	MR	75	28041	15,4	MR	145	28355	11,2	MR
11586	24,6	MR	76	T.6652	25,0	MR	146	28356	56,5	HS
11522	50,1	HS	77	T.7053	32,5	S	147	28284	12,3	MR
10042	25,5	S	78	T.7057	35,5	S	148	28364	57,5	HS
11599	34,5	S	79	28051	46,3	S	149	28251	13,2	MR
11523	4,7	R	80	T.7373	49,5	S	150	28288	33,6	S
11524	35,2	S	81	28053	70,6	HS	151	28380	22,0	MR
11675	90,1	HS	82	11642	66,0	HS	152	28381	66,5	HS
10085	21,4	MR	83	11643	20,4	MR	153	28198	73,2	HS
10038	66,2	HS	84	11644	70,1	HS	154	28191	2,3	R
10098	47,3	S	85	T.8537	55,7	HS	155	28199	44,9	S
10006	48,2	S	86	T.8843	60,8	HS	156	28235	39,4	S
10068	10,2	MR	87	11664	2,5	R	157	28200	90,5	HS
10087	94,4	HS	88	11665	90,6	HS	158	T.15877	5,6	MR
11584	70,5	HS	89	28244	3,0	R	159	28236	10,2	MR
10063	16,5	HS	90	28224	24,2	MR	160	T.15881	78,5	HS
11543	23,1	MR	9	28257	64,3	HS	161	28293	65,7	HS
10052	25,4	S	92	28301	14,2	MR	162	28382	80,0	HS
10140	22,7	MR	93	28304	80,1	HS	163	28230	59,5	HS
11544	30,8	S	94	28305	38,5	S	164	28222	90,3	HS
10093	24,3	MR	95	28307	4,2	R	165	28208	30,0	S
10149	75,5	HS	96	11908	25,1	S	166	28297	40,5	S
10103	31,2	S	97	28308	51,2	HS	167	28233	33,0	S
10106	40,2	S	98	28310	50,9	HS	168	T.17663	2,5	R
11530	14,6	MR	99	28259	90,0	HS	169	28386	30,5	S
11545	0	I	100	11916	53,7	HS	170	28387	32,4	S
10134	10,5	MR	101	11919	90,3	HS	171	T.17675	32,7	S
T.3445	18,2	MR	102	11920	35,1	S	172	SP-19-017	45,8	S
10133	32,8	S	103	11924	60,0	HS	173	SP-19-026	6,6	MR
10168	43,2	S	104	11926	68,5	HS	174	SP-19-038	85,5	HS
11546	34,7	S	105	11930	57,0	HS	175	SP-19-056	26,9	S
10176	4,5	R	106	28314	42,5	S	176	SP-19-061	45,2	S
11547	36,1	S	107	28262	40,6	S	177	SP-19-1003	90,0	HS

11679	20,6	MR	108	28315	100	HS	178	SP-19-1002	16,9	MR
T.3578	90,0	HS	109	28316	12,5	MR	179	MS.03	6,2	MR
10186	80,1	HS	110	28318	30,1	S	180	MS.04	16,5	MR
11552	70,5	HS	111	28265	20,0	MR	181	MS.05	30,0	S
T.3368	31,5	S	112	11937	60,8	HS	182	MS.06	20,3	MR
11594	100	HS	113	28266	100	HS	183	MS.07	45,9	S
11565	12,0	MR	114	28247	30,7	S	184	SP-19.030	46,8	S
11566	19,0	MR	115	28268	53,5	HS	185	SP-19.013	24,3	MR
10158	3,1	R	116	28269	52,5	HS	186	SP-19.036	70,0	HS
10174	60,4	HS	117	28324	32,1	S	187	SP-19.002	82,6	HS
T.3515	90,3	HS	118	28325	20,0	MR	188	SP-19-027	0	I
28006	60,1	HS	119	28326	22,5	MR	189	SP-19-091	100	HS
11704	36,7	S	120	11943	58,5	HS	190	SP-19-048	27,4	S
11696	55,0	HS	121	28328	55,1	HS	191	SP-19-074	40,1	S
11574	48,2	S	122	11946	12,6	MR	192	SP-19-079	11,6	MR
11698	100	HS	123	28330	80,7	HS	193	SP-19-032	56,4	HS
11539	10,5	MR	124	11948	24,2	MR	194	SP-19-075	100	HS
28010	3,3	R	125	11953	15,1	MR	195	SP-19-024	80,4	HS
11605	67,3	HS	126	11954	12,0	MR	196	Khoai rừng	50,5	HS
T.3681	14,7	MR	127	28332	14,0	MR	197	065K2H2	100	HS
11608	9,0	MR	128	28335	7,5	MR	198	Sp-19-1001	95,8	HS
11609	70,2	HS	129	11961	25,0	MR	199	Sp-19-071	80,1	HS
11612	0	I	130	11962	86,7	HS	200	Sp-19-019	9,4	MR
11613	20,1	MR	131	28276	37,6	S	201	Sp-19-033	13,2	MR
11614	30,4	S	132	28337	100	HS	202	Sp-19-006	32,4	S
28016	17,5	MR	133	28340	4,8	R	203	Sp-19-009	17,0	MR
11615	52,3	HS	134	28278	90,1	HS	204	SP-19-016	100	HS
28019	21,0	MR	135	28279	26,8	S	205	SP-19-023	45,5	S
28021	34,7	S	136	28345	56,5	HS	206	SP-19-035	20,7	MR
11625	30,1	S	137	28347	36,0	S	207	SP-19-042	50,9	S
28028	28,7	S	138	28348	15,3	MR	208	SP-19-054	37,3	S
11630	20,8	MR	139	28349	16,0	MR	209	SP-19-057	23,5	MR
28031	90,1	HS	140	11967	13,6	MR				

TT: thứ tự; ĐK/KH: số đăng kí/kí hiệu nguồn gen; R/S: mức độ kháng/nhiễm nấm; I: không nhiễm nấm (miễn dịch); R: kháng; MR: kháng trung bình; S: miễn cảm; HS: miễn cảm cao.

Bảng 4. Thống kê kết quả đánh giá tính kháng bệnh cháy lá của các nguồn gen khoai môn sọ miền Bắc sau lây nhiễm nấm *Phytophthora colocasiae*

Cấp bệnh	PDI (%)	Mức độ kháng	Số lượng nguồn gen	Tỉ lệ % tổng nguồn gen nghiên cứu
0	0	Miễn dịch (Immune)	4	1,91
1	< 1%	Kháng cao (Highly resistant)	0	0
2	1,01-5%	Kháng (Resistant)	12	5,74
3	5,01-25%	Kháng trung bình (Moderately resistant)	62	29,67
4	25,01-50%	Mẫn cảm (Susceptible)	58	27,75
5	> 50%	Mẫn cảm cao (Highly susceptible)	73	34,93

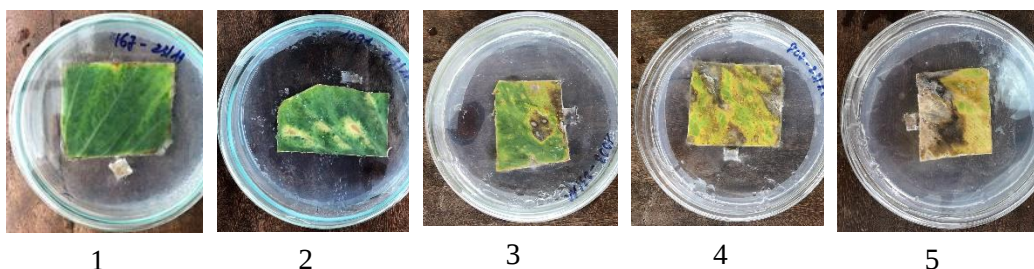
Số liệu thống kê ở Bảng 4 cho thấy, hơn một nửa số nguồn gen được đánh giá không có khả năng kháng nấm *P.*

colocasiae, nói cách khác là mẫn cảm và mẫn cảm cao với bệnh cháy lá do nấm này gây ra. Cụ thể, trong 209 nguồn gen được

lây nhiễm *in vitro* với chủng nấm *P. colocasiae* SB, có 58 nguồn gen (chiếm 27,75%) bị nhiễm nặng ở cấp hại 4 (diện tích lá bị hại từ 25,01-50%), 73 nguồn gen (chiếm 34,93%) bị nhiễm nghiêm trọng ở cấp hại 5 và 62 nguồn gen nhiễm trung bình (diện tích lá bị hại dưới 50%) ở cấp hại 3. Đặc biệt, đã phát hiện trong tập đoàn khoai môn sọ nghiên cứu có 4 nguồn gen không bị nhiễm với chủng nấm lây nhiễm (miễn dịch), 12 nguồn gen kháng với nấm *P. colocasiae*. Bốn nguồn gen không biểu hiện triệu chứng bệnh trong điều kiện sàng lọc *in vitro* bao gồm: SP-19-027 thu ở xã Nong U, huyện Điện Biên Đông, tỉnh Điện Biên; khoai Phước thảo (28351) ở huyện Nguyên Bình, tỉnh Cao Bằng; khoai Má phớ (11612) ở huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu; khoai Hậu đành (11545) ở huyện Na Hang, tỉnh Tuyên Quang. Bốn nguồn gen này, dù đặt dưới áp lực bệnh cao, hệ sợi nấm *P. colocasiae* lan rộng trên đĩa cấy nhưng chúng chỉ sinh trưởng trên môi trường mà không bao phủ hay xâm nhập vào mô lá,

không xuất hiện vết bệnh, mô lá tươi và xanh trong suốt 10 ngày theo dõi sau lây nhiễm nấm.

Trong số 12 nguồn gen kháng còn lại được phát hiện trong nghiên cứu này có 3 nguồn gen từ tỉnh Sơn La là khoai Má phứa (10053), khoai Hâu (11523) và khoai Năm lâu (28010); 1 nguồn gen từ Tuyên Quang là khoai sọ ta (28191); 2 nguồn gen thu ở tỉnh Quảng Ninh là Hậu đòai (10158) và Bò côi ốc (T.17663), 2 nguồn gen ở Cao Bằng là khoai Phước (28244) và khoai sọ (số đăng kí 11664). Các tỉnh Yên Bái, Phú Thọ, Hà Nội và Thanh Hóa mỗi địa phương có 1 nguồn gen kháng lần lượt là: Cò cai (28035), Hậu đang (28340), khoai nương (28307) và Phước lạ (10176). Trong điều kiện lây nhiễm với nấm, mô lá của cả 12 nguồn gen này đều không biểu hiện triệu chứng bệnh sau 5 ngày theo dõi, các vết bệnh thường chỉ bắt đầu xuất hiện vào cuối ngày thứ 6 và biểu hiện ở ngày thứ 7 với diện tích lá bị hại dưới 5%.



Hình 1. Cấp hại do nấm *P. colocasiae* gây ra đối với các nguồn gen khoai môn sọ sau 7 ngày lây nhiễm *in vitro* (cấp hại 1 đến 5 trên các nguồn gen có số đăng kí lần lượt tương ứng là 28010- 28236-28354-11920-28198)

Khác với các nguồn gen kháng, các nguồn gen kháng trung bình hay miễn cảm thường có tốc độ tiến triển bệnh nhanh, đặc biệt từ thời điểm 7 ngày sau lây nhiễm. Quan sát cho thấy, cần khoảng gần 3 ngày để vết bệnh đầu tiên xuất hiện trên mảnh mô lá, tuy nhiên sau khi những sợi nấm đã xâm nhập được vào mô lá chúng đã lan khá nhanh đến các phần còn lại của mảnh lá trong môi trường nuôi cấy *in vitro*. Sự tấn

công của nấm làm phá hủy diệp lục của lá, làm mất màu xanh, gây ra các vết đốm màu vàng đến nâu, sau hoại tử dần tạo nên vết bệnh cháy lá (Hình 1).

Việc sàng lọc và tìm kiếm các nguồn gen khoai môn sọ có khả năng kháng nấm *P. colocasiae* đã luôn được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Pillai và cs. (1993) đã thí nghiệm lây nhiễm nấm nhân tạo trên 270 nguồn gen khoai môn sọ nhưng

chỉ phát hiện được 4 nguồn gen kháng với loại nấm này, trong khi có tới 79 nguồn gen mẫn cảm. Trong một nghiên cứu khác, sau khi sàng lọc trên 50 nguồn gen khoai môn sọ khác nhau, Goswami và cs. (1993) đã phát hiện được 2 nguồn gen có khả năng kháng cao với nấm *P. colocasiae*, 5 nguồn gen kháng và 12 nguồn gen kháng trung bình, còn lại là những nguồn gen mẫn cảm với nấm. Nghiên cứu tương tự của Yadav và Agrawal (2008) tiến hành trên 105 kiểu gen (genotype) khoai môn sọ, đã báo cáo 4 kiểu gen có khả năng kháng cao với nấm *P. colocasiae*. Trong khi đó, phân tích tính kháng của 12 giống khoai môn sọ đối với 4 chủng nấm *P. colocasiae*, Padjama và cs. (2016) nhận thấy, không có giống nào có phản ứng miễn dịch và kháng cao với nấm, chỉ có 1 giống có khả năng kháng trung bình, 7 giống khoai địa phương được cho là mẫn cảm với cả 4 chủng lây nhiễm. Trong thí nghiệm lây nhiễm nhân tạo 11 giống khoai môn sọ với nấm *P. colocasiae* phân lập ở miền Nam Việt Nam trong điều kiện nhà lưới, Nguyễn Phi Hùng và cs. (2015) đã báo cáo 4/11 giống kháng/miễn dịch, trong đó giống khoai môn tím Trắng Bom không nhiễm bệnh, 3 giống khác nhiễm nhẹ còn lại 7 giống mẫn cảm với bệnh này. Với 16 nguồn gen kháng/miễn dịch (chiếm 7,65%) được phát hiện trong nghiên cứu này là gần với các báo cáo trên thế giới, nhưng tương đối thấp so với công bố của Nguyễn Phi Hùng và cs. (2015).

Đối sánh các kết quả nghiên cứu trên, nhận thấy tỉ lệ nguồn gen khoai môn sọ có khả năng kháng cao và chống chịu được bệnh do nấm *P. colocasiae* gây ra là không cao. Đa số các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, phần lớn các giống khoai môn sọ có khả năng kháng yếu và mẫn cảm với loại nấm này. Ở Việt Nam, bệnh cháy lá hay còn gọi là bệnh sương mai là một trong những loại bệnh hại phổ biến nhất, đồng thời gây ảnh hưởng lớn đến năng suất của các vùng trồng khoai môn sọ (Nguyễn Phi Hùng và cs., 2015; Nguyễn Phú Dũng và cs., 2021). Do vậy, việc sàng lọc và tìm kiếm các nguồn gen khoai môn sọ có khả năng chống chịu tốt với bệnh do nấm *P. colocasiae* gây ra là rất quan trọng và có ý nghĩa định hướng lựa chọn vật liệu trong chọn tạo giống khoai môn sọ có khả năng kháng với mầm bệnh này.

3.2. Kiểm tra khả năng kháng với nấm *P. colocasiae* của các nguồn gen bằng phương pháp lây nhiễm *in vivo*

Bốn nguồn gen được đánh giá là miễn dịch và 12 nguồn gen kháng thu được từ kết quả sàng lọc *in vitro* nêu trên đã được kiểm tra tính kháng bằng lây nhiễm nhân tạo *in vivo* với chủng nấm *P. colocasiae* SB lên lá của các cây khoai môn sọ. Theo dõi tiến triển của bệnh trong điều kiện *in vivo*, xác định tỉ lệ diện tích lá tổn thương do nấm bệnh sau lây nhiễm và chỉ số bệnh PDI thu được kết quả trình bày trong Bảng 5 và Hình 2.

Bảng 5. Kết quả đánh giá tính kháng của 16 nguồn gen được lây nhiễm *in vivo* với nấm *P.colocasiae*

STT	Số đăng kí/Kí hiệu của nguồn gen	7 ngày sau lây nhiễm			15 ngày sau lây nhiễm		
		Tỉ lệ diện tích lá nhiễm bệnh (%)	PDI (%)	Tính kháng	Tỉ lệ diện tích lá nhiễm bệnh (%)	PDI (%)	Tính kháng
1	SP-19-027	0	0	I	0	0	I
2	11545	0	0	I	0	0	I
3	11612	0	0	I	0	0	I
4	28351	0,9 ^a	1,1 ^a	R	2,0 ^a	2,1 ^a	R
5	28244	2,4 ^c	2,5 ^c	R	4,1 ^c	4,2 ^c	R
6	11523	4,1 ^f	4,2 ^{ef}	R	6,7 ^g	6,9 ^g	MR
7	28307	3,6 ^e	3,8 ^e	R	4,7 ^b	5,0 ^e	R
8	10053	3,0 ^d	3,1 ^d	R	4,2 ^c	4,3 ^c	R
9	28191	1,9 ^b	2,0 ^b	R	4,4 ^d	4,6 ^d	R
10	T.17663	2,0 ^b	2,1 ^b	R	4,5 ^d	4,7 ^{de}	R
11	28035	4,5 ^g	4,5 ^f	R	6,9 ^g	7,1 ^h	MR
12	10176	3,9 ^{ef}	4,1 ^e	R	6,3 ^f	6,4 ^f	MR
13	10158	2,6 ^{cd}	2,7 ^c	R	4,8 ^e	4,9 ^e	R
14	28010	2,8 ^d	2,9 ^{cd}	R	4,5 ^d	4,6 ^d	R
15	11664	2,0 ^b	2,1 ^b	R	3,3 ^b	3,4 ^b	R
16	28340	4,2 ^f	4,4 ^f	R	6,6 ^{fg}	6,7 ^{fg}	MR
P	-	0,029	0,027	-	0,014	0,011	-

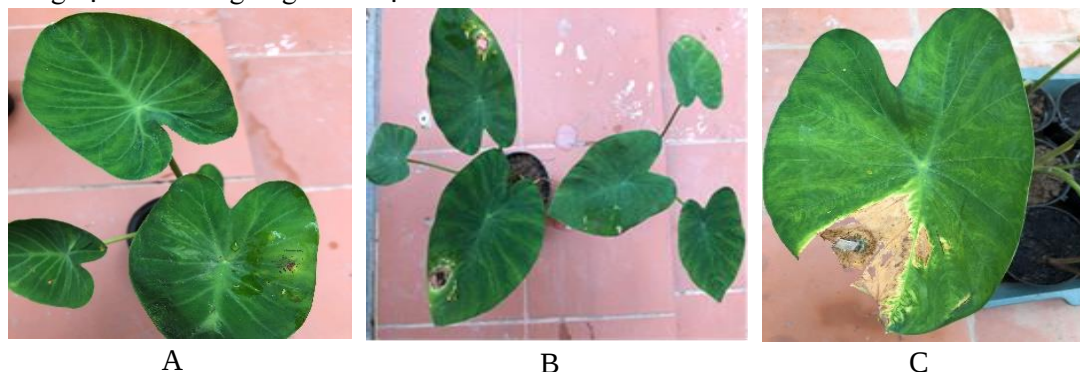
I: không nhiễm nấm (miễn dịch); R: kháng; MR: kháng trung bình; Các số trong cùng 1 cột theo sau bởi một hoặc nhiều chữ cái giống nhau thể hiện sự sai khác không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% theo phép thử Tukey's.

Bảng 5 cho thấy, tại thời điểm 7 ngày sau lây nhiễm *in vivo*, chỉ có 1 nguồn gen có sự sai khác về tính kháng nấm và 15 nguồn gen khác có kết quả tương đồng về tính kháng so với kết quả đánh giá bằng lây nhiễm nấm *in vitro*. Cụ thể, nguồn gen có số đăng kí là 28351 có tỉ lệ diện tích lá nhiễm bệnh là 0,9% với chỉ số PDI 1,1%, sai khác so với kết quả là 0% trong lây nhiễm *in vitro*. Tuy nhiên, dưới áp lực nhiễm nấm kéo dài những ngày sau đó, tỉ lệ diện tích lá biểu hiện triệu chứng bệnh tăng lên khá rõ và giá trị PDI của các nguồn gen đã thay đổi, dẫn đến sự thay đổi mức độ kháng ở những nguồn gen này. Trong 4 nguồn gen được xác định là miễn dịch trong lây nhiễm *in vitro*, có 3 nguồn gen (có số đăng kí là SP-19-027, 11545 và 11612) duy trì khả năng miễn dịch với nấm sau 15 ngày lây nhiễm *in vivo*, quan sát thấy trên lá chỉ có vết tổn thương cơ học nhỏ, riêng nguồn gen 28351 có diện tích lá biểu hiện triệu

chứng bệnh tăng từ 0,9% (sau 7 ngày lây nhiễm) lên 2,0% với chỉ số PDI đo được là 2,1%, do đó khả năng kháng bệnh cháy lá được xếp với nhóm kháng. Đối với 12 nguồn gen được đánh giá có khả năng kháng nấm *P. colocasiae* (trong điều kiện lây nhiễm *in vitro*) đã xác nhận 8 nguồn gen có khả năng kháng với nấm *P. colocasiae* với chỉ số PDI dao động từ 3,4 – 4,9%. Bốn nguồn gen còn lại (có số đăng kí là 11523, 28035, 10176 và 28340) có tỉ lệ diện tích lá bị bệnh từ 6,3 đến 6,9% và có giá trị PDI lớn hơn 5% nên được đánh giá lại kháng ở mức trung bình. Theo dõi diễn biến của bệnh sau lây nhiễm nhận thấy, tất cả 16 nguồn gen đều không có biểu hiện triệu chứng bệnh sau 5 ngày lây nhiễm, các tổn thương bắt đầu xuất hiện ở ngày thứ 7 và triệu chứng bệnh quan sát thấy rõ ràng tại thời điểm 15 ngày sau lây nhiễm. Kết quả kiểm tra tính kháng bằng lây nhiễm *in vivo* cũng cho thấy, không có sự sai khác lớn giữa kết quả đánh giá tính kháng của các nguồn gen

khoai môn sọ với nấm *P. colocasiae* bằng phương pháp lây nhiễm *in vitro* và *in vivo*, đặc biệt là khi theo dõi ở cùng thời điểm sau lây nhiễm. Nath và cs. (2016) cũng chỉ ra có sự nhất quán về kết quả nghiên cứu giữa phương pháp lây nhiễm *in vitro* (mảnh lá cắt rời) với phương pháp lây nhiễm ngoài thực địa khi đánh giá về mức độ miễn cảm và kháng bệnh của các giống khoai sọ với nấm

P. colocasiae. Tương tự, khi nghiên cứu về khả năng kháng bệnh mốc sương do nấm *P. infestans* của cây cà chua, Nowakowska và cs. (2014) cũng nhận thấy, có sự tương đồng về kết quả đánh giá tính kháng bệnh giữa các thử nghiệm trên đồng ruộng với các thí nghiệm đặt trong điều kiện kiểm soát (*in vitro*).



Hình 2. Kết quả lây nhiễm *in vivo* quan sát tại thời điểm 15 ngày au lây nhiễm trên các nguồn gen

A. Nguồn gen 11545 (miễn dịch); B. nguồn gen 10053 (PDI = 4,3% - kháng) và cây đối chứng (không biểu hiện bệnh); C. Nguồn gen 2808 (mẫn cảm – đối chứng âm)

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đánh giá và sàng lọc *in vitro* đã cung cấp số liệu tính kháng nấm gây bệnh cháy lá của 209 nguồn gen trong tập đoàn quỹ gen khoai môn sọ miền Bắc, đa số các nguồn gen trong tập đoàn bảo tồn (131/209 nguồn gen, chiếm 62,68%) là miễn cảm (nhiễm nặng) và miễn cảm cao (nhiễm nghiêm trọng) với chủng nấm *P. colocasiae* SB. Phát hiện trong tập đoàn có 4 nguồn gen (chiếm 1,91%) là không bị nhiễm nấm (miễn dịch), và 12 nguồn gen (chiếm 5,74%) kháng với chủng nấm lây nhiễm.

Kiểm tra tính kháng bệnh của 4 nguồn gen miễn dịch và 12 nguồn gen kháng từ kết quả lây nhiễm *in vitro* bằng phương pháp lây nhiễm *in vivo* đã xác nhận, tại thời điểm 7 ngày sau lây nhiễm tất cả 16 nguồn gen đều thuộc nhóm miễn dịch và kháng với nấm *P. colocasiae*. Dưới áp lực lây nhiễm nấm *in vivo* kéo dài 15 ngày, 12 trong số 16 nguồn gen được xác định là có

khả năng miễn dịch và kháng, 4 nguồn gen được xếp vào nhóm kháng trung bình.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ tài chính từ Chương trình Quỹ gen cấp Quốc gia thông qua đề tài mang mã số NVQG-2019/ĐT.05.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- Nguyễn Phú Dũng, Lê Minh Tường và Lê Thị Việt Nhân. (2021). Nghiên cứu chế phẩm sinh học chứa xạ khuẩn *Streptomyces* sp. CMAG5 đối kháng nấm *Phytophthora* sp. gây bệnh cháy lá trên cây khoai môn. *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn*, 2, 42-47.
- Nguyễn Phi Hùng, Nguyễn Văn và Lê Đình Đôn. (2015). Nghiên cứu một số đặc điểm nấm *Phytophthora colocasiae* gây bệnh cháy lá cây khoai môn (*Colocasia esculenta* L.) phân lập ở miền Nam Việt Nam. *Tạp chí Bảo vệ thực vật*, 1, 38-43.
- Lê Thị Thủy, Nguyễn Thị Na, Lê Thị Tươi, Nguyễn Xuân Việt. (2023). Phân lập và đánh giá khả năng gây bệnh cháy lá của nấm *Phytophthora colocasiae* trên khoai môn sọ

(*Colocasia esculenta* L. Schott) tại một số tỉnh miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khoa học, Đại học Sư phạm Hà Nội*, 68(1), 91-103, 2023.

Tạ Quang Tường, Đặng Ngọc Vượng và Nguyễn Đắc Bình Minh. (2015). Hiện tượng và giải pháp phát triển cây khoai môn ở miền núi phía Bắc. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ nông nghiệp Việt Nam*, 1(55), 94-101.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

Amol, D. S. (2016). Studies on leaf blight of *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* (L.) schott. Incited by *Phytophthora colocasiae* Racib. *Agricultural and Food Sciences*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:91011831>.

Brooks, F. E. (2008). Detached leaf bioassay for evaluating Taro resistance to *Phytophthora colocasiae*. *Plant Disease*, 92, 126-131.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 16. <http://faostat.fao.org/>

Goswami, B. K., Zahid, M. I., & Haq, M. D. (1993). Screening of *Colocasia esculenta* germplasm to *Phytophthora* leaf blight. *Bangladesh Journal of Plant Pathology*, 9, 21-24.

Little, T.M., & F.J. Hills. (1978), Agricultural experimentation: Design and analysis. John and Sons, New York, pp 234.

Misra, R. S., Mishra, A. K., Sharma, K., Muthulekshmi, L. J., & Hegde, V. (2011). Characterisation of *Phytophthora colocasiae* isolates associated with leaf blight of taro in India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 44(6), 581–590.

Miyasaka, S. C., Lamour, K., Shintaku, M., Shreshta, S., & Uchida, J. (2012). Chapter

12. Taro leaf blight caused by *Phytophthora colocasiae* in: K.H. Lamour (ed.) *Phytophthora: A global perspective*. CAB Intl., New York, NY.

Nath, V. S., Basheer, S., Jeeva, M. L., Hegde, V. M., Devi, A., Misra, R. S., Veena, S. S., Raj, M. (2016). A rapid and efficient method for in vitro Screening of taro for leaf blight disease caused by *Phytophthora colocasiae*. *Journal of Phytopathology*, 164(7-8), 520–527.

Nath, V. S., Hegde, V. M., Jeeva, M. L., Misra, R. S., Veena, S. S., Raj, M., Sankar, D. S. (2014). Morphological, pathological and molecular characterization of *Phytophthora colocasiae* responsible for taro leaf blight disease in India. *Phytoparasitica*, 43, 21–35.

Nowakowska, M., Nowicki, M., Kłosińska, U., Maciorowski, R., Kozik, E. U. (2014). Appraisal of artificial screening techniques of tomato to accurately reflect field performance of the late blight resistance. *Plos One*, 9(10), e109328. DOI: 10.1371/journal.pone.0109328.

Padmaja, G., Uma, D. G., Mahalakshmi, B. K., & Sridevi, D. (2016). In vitro screening of taro varieties against *Phytophthora* leaf blight disease. *Journal of Root Crops*, 42(1), 57-60.

Pillai, V. S., Thankappan, M., & Misra, R. S. (1993). Leaf blight resistant hybrids of taro. *Journal of Root Crops*, 19, 66-68.

Prasad, S. M. (1982). National survey for diseases of ropical tuber crops. Regional centre of CTCRI, Bhubaneswar.

Yadav, V. K., & Agrawal, A. P. (2008). Screening of germplasms of *Colocasia* against *Phytophthora colocasiae*. *Annual Plant Protection Science*, 16(1), 261-267.