

Đặc điểm hệ nấm nội cộng sinh rễ cây hồ tiêu (*Piper nigrum* L.) ở một số tỉnh phía Nam

Nguyễn Vũ Phong*, Vũ Trung Nguyên, Trần Kiên, Hà Thị Trúc Mai

Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 10/6/2021; ngày chuyển phản biện 15/6/2021; ngày nhận phản biện 22/7/2021; ngày chấp nhận đăng 30/7/2021

Tóm tắt:

Nấm nội cộng sinh rễ có vai trò quan trọng đối với sinh trưởng của thực vật, đặc biệt khi điều kiện môi trường bất lợi. Từ 60 mẫu đất vùng rễ cây hồ tiêu (*Piper nigrum* L.) trồng ở các tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Đồng Nai và Gia Lai đã xác định sự hiện diện của nấm nội cộng sinh rễ thuộc chi *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomite*, *Glomus* và *Scutellospora*, trong đó *Glomus* và *Acaulospora* là hai chi phổ biến nhất. Khi nhân nuôi hỗn hợp nấm cộng sinh hệ số nhân đạt khoảng 8,5 lần trên cây bắp (*Zea mays*) so với 6,5 lần trên cây cao lương (*Sorghum bicolor*) hay cỏ mần trầu (*Eleusine indica*) sau 40 ngày. Hom hồ tiêu giâm trên giá thể bổ sung hỗn hợp nấm rễ cộng sinh có chiều cao hom, số lượng rễ và khối lượng rễ tươi cao hơn có ý nghĩa so với cây đối chứng. Kết quả này cho thấy triển vọng ứng dụng nấm nội cộng sinh như là tác nhân sinh học trong canh tác hồ tiêu bền vững, thích ứng biến đổi khí hậu.

Từ khóa: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomite*, *Glomus*, hồ tiêu, nấm nội cộng sinh rễ, *Scutellospora*.

Chỉ số phân loại: 4.1

Mở đầu

Ngày nay, các quốc gia nông nghiệp đang hướng tới một nền nông nghiệp bền vững. Các giải pháp sinh học theo hướng “tiếp cận xanh” được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi. Các nghiên cứu phát triển và ứng dụng các chế phẩm sinh học dần thay thế các loại sản phẩm hóa học, giúp tăng năng suất cây trồng và bảo vệ môi trường. Nấm rễ cộng sinh Arbuscular mycorrhizal (AM) được sử dụng như một loại phân bón sinh học làm tăng khả năng hấp thu dinh dưỡng của cây trồng, mặt khác làm ổn định cấu trúc và đặc tính sinh học của đất và là yếu tố chỉ thị cho mức độ suy thoái của đất. Ở Việt Nam đã có một số nghiên cứu về sự phân bố cũng như ảnh hưởng của nấm rễ đến một số loại cây trồng, chủ yếu là cây có múi và cây ngắn ngày. Nguyễn Thị Kim Liên và cs (2012) [1] đã nghiên cứu thành phần và ảnh hưởng của nấm rễ cộng sinh AM đến sinh trưởng của cây cam con. Năm 2017, từ mẫu rễ và đất trồng ngô tại Đồng bằng sông Cửu Long, Võ Thị Tú Trinh và Dương Minh [2] đã xác định sự hiện diện 3 chi nấm *Glomus*, *Acaulospora*, *Entospora*. Cũng trên cây ngô, Lê Thị Hoàng Yến và cs (2017) [3] đã phân lập được các bào tử thuộc 15 loài nấm rễ AM khác nhau từ 15 mẫu đất thu thập tại Hà Nội. Từ các mẫu đất vùng rễ của một số cây hòa thảo và cây bụi thu thập tại hai vùng đất bạc màu và đất ferralit, Nguyễn Thị Minh và cs (2014) [4] đã phân lập được 15 giống nấm rễ AM thuộc 4 chi *Gigaspora*, *Glomus*, *Scutellospora*, *Acaulospora*. Anandaraj và cs (1994) [5] đã chứng minh khi bổ sung nấm rễ cộng sinh *Glomus fasciculatum* vào trong giá thể đã tăng cường khả năng tạo rễ hom hồ tiêu. Thanuja và cs (2001) [6] đã so sánh ảnh hưởng của 3 loài nấm *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora laevis* đến sự sinh rễ và chồi hom hồ tiêu. Kết quả cho thấy, tỷ lệ hom ra rễ và chồi đạt cao nhất khi bổ sung loài *Acaulospora laevis*. Bên cạnh đó, nấm rễ còn

đóng vai trò quan trọng trong việc phòng trừ sinh học. Một số loài nấm rễ có thể kiểm soát tốt mầm bệnh trong đất do nấm *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia* và *Sclerotinium*... gây ra, nhờ đó hạn chế thất thu năng suất cây trồng [7]. Ở Việt Nam, có rất ít các công bố về nghiên cứu và ứng dụng của loại nấm rễ cộng sinh trên cây hồ tiêu. Nghiên cứu này trình bày ảnh hưởng của nấm nội cộng sinh rễ phân lập từ mẫu đất và rễ hồ tiêu ở các tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Đồng Nai và Gia Lai đến sinh trưởng của hom giâm hồ tiêu.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Mẫu đất và rễ hồ tiêu được thu thập ở độ sâu 5-20 cm tại các vườn chuyên canh hồ tiêu từ 3 năm tuổi ở tỉnh Gia Lai (huyện Iagrai và TP Pleiku), Đồng Nai (huyện Trảng Bom và Thống Nhất), Bà Rịa - Vũng Tàu (huyện Châu Đức và Xuyên Mộc).

Hạt giống cà chua, ngô, cao lương và cỏ mần trầu được mua từ các công ty thương mại hạt giống. Hom hồ tiêu giống Vĩnh Linh được giữ ở nhà lưới Khoa Khoa học sinh học, Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh.

Phương pháp nghiên cứu

Xác định chi nấm dựa vào hình thái bào tử: bào tử nấm rễ được phân lập từ đất bằng kỹ thuật sàng ướt (wet sieving) qua rây lọc có kích thước lần lượt 350, 150 và 50 μ m kết hợp với nồng độ đường sucrose 50% và tách bào tử đơn theo Brundrett và cs (1996) [8]. Bào tử phân lập được chia thành các nhóm khác nhau dựa vào hình thái. Quan sát dưới kính hiển vi Olympus ở độ phóng đại 40X màu sắc, kích thước, bề mặt và cấu trúc vách bào tử. Định danh

*Tác giả liên hệ: Email: nvphong@hcmuaf.edu.vn

Characterisation of arbuscular mycorrhizal fungi community on black pepper (*Piper nigrum* L.) in Northern

Vu Phong Nguyen*, Trung Nguyen Vu, Kien Tran, Thi Truc Mai Ha

Nong Lam University, Ho Chi Minh city

Received 10 June 2021; accepted 30 July 2021

Abstract:

Mycorrhiza was considered to enhance plant growth, especially in unfavourable environmental conditions. From 60 samples of rhizospheric soils and roots of black pepper (*Piper nigrum*) grown in Ba Ria - Vung Tau, Dong Nai, and Gia Lai provinces, the presence of *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomite*, *Glomus*, and *Scutellospora* genera were detected, of which *Glomus* and *Acaulospora* were dominants. After 40 days of inoculation, mycorrhiza multiplied 8.5 fold on corn (*Zea mays*) and 6.5 fold on sorghum (*Sorghum bicolor*) or goosegrass (*Eleusine indica*). Black-pepper cuttings on substrate supplemented mycorrhiza showed better growth than the non-inoculated cuttings. Results suggest the potential of applying mycorrhizal fungi as biological agents in sustainable black pepper cultivation, adapting to climate change.

Keywords: *Acaulospora*, arbuscular mycorrhizal fungi, black pepper, *Gigaspora*, *Glomite*, *Glomus*, *Scutellospora*.

Classification number: 4.1

nấm dựa vào hình thái bào tử theo phương pháp của Gerdemann và Nicolson (1963) [9].

Hình thái sợi nấm, túi và cấu trúc cộng sinh trong rễ được quan sát theo phương pháp của Giovannetti và Mosse (1980) [10]. Rễ được rửa sạch đất bên ngoài và cắt nhỏ thành từng đoạn 1 cm, tiếp theo nhuộm với Trypan blue 0,1%. Quan sát dưới kính hiển vi độ phóng đại 40X [8].

Nhân nấm nội cộng sinh trên cây ký chủ trong chậu: hạt cà chua, cỏ màn trâu, cao lương và ngô được khử trùng bề mặt bằng cồn 70% và gieo trên giá thể đất mùn. Cây con 4 ngày tuổi được chuyển sang chậu kích thước 22x16 cm chứa 2 kg giá thể (đất:xơ dừa, w/w) hoặc (đất:cát, w/w) đã hấp khử trùng và bổ sung 100 g đất chứa hỗn hợp khoảng 420 bào tử các loài nấm rễ. Tưới nước đủ ẩm đến 5 ngày sau lây nhiễm, khi cây đã ổn định chỉ bổ sung nước 3 lần một tuần. Mỗi thí nghiệm thực hiện 10-15 chậu tùy loại cây. Chậu không bổ sung bào tử nấm rễ làm đối chứng. Sau lây nhiễm 30 hoặc 60 ngày, ghi nhận sinh khối rễ tươi, số lượng bào tử nấm rễ trong giá thể trồng, so sánh với chậu đối chứng và tính hệ số nhân bào tử nấm rễ.

Đánh giá ảnh hưởng của nấm rễ đến sinh trưởng cải xanh và hom tiêu giảm: hạt cải xanh được khử trùng với cồn 70% trong 2 phút và rửa lại nước máy 3 lần, sau đó gieo vào khay trồng gồm đất sạch và tro trấu (1:1) đã khử trùng và bổ sung 100 g đất chứa khoảng 3000 hỗn hợp bào tử nấm. Các khay được tưới nước 2 ngày 1-2 lần tùy thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm hàng ngày. Sau 5 ngày, tỉa cây để lại 5 cây trên khay, thí nghiệm trên 4 khay. Các khay không chủng nấm làm đối chứng.

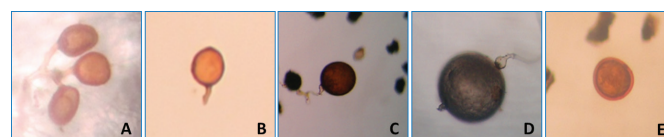
Hom tiêu giống Vĩnh Linh có 2 đợt được xử lý bằng thuốc diệt nấm Ridomil Gold 68WG trong 2 phút, ngâm trong chậu nhựa chứa 0,5 kg giá thể đã hấp khử trùng. Sau 60 ngày chọn những hom tương đồng về chiều cao chồi và số lá, sau đó bổ sung 250 bào tử nấm rễ mỗi chậu. Thí nghiệm thực hiện trên 30 chậu, 30 chậu không chủng nấm làm đối chứng.

Sau 30 ngày chủng nấm, các chỉ tiêu như số lá, chiều cao cây, khối lượng tươi phần thân lá, độ dài rễ, khối lượng tươi rễ, số bào tử nấm trong giá thể và trong rễ được ghi nhận và tính hệ số nhân bào tử.

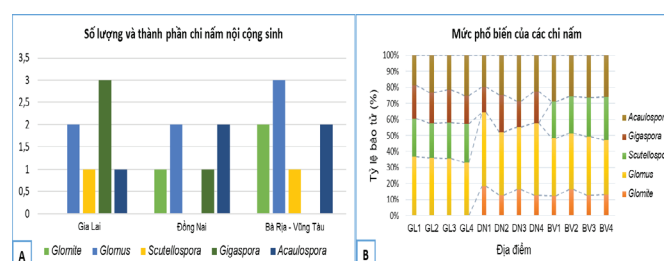
Kết quả

Thành phần nấm rễ trong các mẫu đất thu thập

Từ 54/60 mẫu rễ và 60/60 mẫu đất thu thập đã phân lập được bào tử nấm rễ nội cộng sinh. Dựa vào đặc điểm hình dạng, màu sắc, cuống và thành bào tử, các bào tử được xếp thành 14 kiểu thuộc 5 chi gồm *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomite*, *Glomus*, *Scutellospora* thuộc 3 họ, gồm *Acaulosporaceae*, *Glomaceae* và *Gigasporaceae* (hình 1). Tuy nhiên, *Gigaspora*, *Glomite* và *Scutellospora* lại không xuất hiện trong mẫu đất tương ứng thu thập ở tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Gia Lai và Đồng Nai. Số lượng bào tử nấm cộng sinh hiện diện trong mẫu đất thu thập đạt trung bình 32-38 bào tử trong 50 g đất. *Acaulospora* và *Glomus* là 2 chi nấm xuất hiện ở tất cả các mẫu thu thập với tỷ lệ bào tử 24,3 và 37,7% tương ứng với 8,7 và 12,9 bào tử/50 g đất, chi *Glomite* có tỷ lệ bào tử thấp nhất là 14,3% với 4,6 bào tử/50 g đất (hình 2).



Hình 1. Kiểu hình bào tử của năm chi nấm phân lập từ đất vùng rễ hồ tiêu thu thập. (A) *Glomite*, (B) *Glomus*, (C) *Scutellospora*, (D) *Gigaspora*, (E) *Acaulospora*.



Hình 2. Thành phần các chi nấm nội cộng sinh thu thập từ 3 tỉnh (n=60). (A) Số lượng và thành phần chi nấm nội cộng sinh hiện diện ở 3 tỉnh; (B) Mức độ phổ biến của các chi nấm nội cộng sinh trên 12 vườn trồng tiêu.

Đánh giá khả năng tăng sinh của các chi nấm

Để xác định khả năng sinh trưởng của nấm cộng sinh, thí nghiệm được thực hiện với cây cà chua. Sau 1 tháng lây nhiễm, khả năng sinh trưởng của các chi nấm gấp 5-7 lần so với lần đầu, cao nhất ở *Glomus* và *Acaulospora*, thấp nhất ở *Scutellospora* và *Gigaspora* (bảng 1).

Bảng 1. Hệ số nhân của nấm cộng sinh rễ trên cây cà chua 30 ngày sau lây nhiễm (n=10).

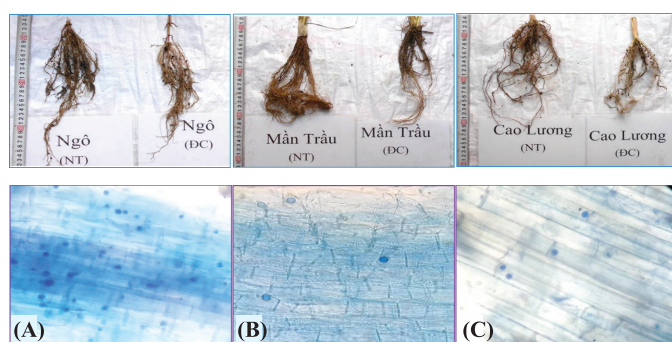
Chi nấm	<i>Acaulospora</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Glomite</i>	<i>Glomus</i>	<i>Scutellospora</i>
Hệ số nhân	7,13	5,33	6,03	7,25	5,46

Để xác định loại cây ký chủ phù hợp cho nhân nuôi các chủng nấm, thí nghiệm đã được tiến hành trên 3 loại cây gồm ngô, cao lương, mần trâu. Sau 60 ngày nhân nuôi, số bào tử nấm rễ đều tăng rõ rệt. Trong đó, số bào tử trong cơ chất đạt nhiều nhất trên cây ngô với hệ số nhân 8,5 lần, trong khi trên cây mần trâu và cao lương hệ số nhân đạt 6,0-6,5 lần. Đồng thời, sinh khối rễ cây có sự khác biệt rõ rệt với cây đối chứng không bổ sung nấm (bảng 2, hình 3).

Bảng 2. Hệ số nhân bào tử và sinh khối rễ cây ngô, cao lương, mần trâu sau 40 ngày (n=15).

Cây ký chủ	<i>Acaulospora</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Glomite</i>	<i>Glomus</i>	<i>Scutellospora</i>	Hệ số tăng sinh khối rễ (*)
Ngô	6,73	15,6	7,77	5,82	6,02	1,90
Cao lương	5,48	10,2	5,65	4,53	5,84	1,88
Mần trâu	5,65	9,24	5,84	4,56	5,51	2,09

(*) so với cây không bổ sung nấm rễ.



Hình 3. Rễ và túi nấm trong rễ ngô (A), mần trâu (B), cao lương (C) sau 40 ngày lây nhiễm.

Ảnh hưởng của nấm rễ lên sinh trưởng của cây chủ

Để kiểm tra khả năng giúp tăng cường sinh trưởng cây trồng của nấm cộng sinh, thí nghiệm đã được tiến hành với cây cải xanh. Sau 30 ngày lây nhiễm, ở giá thể bổ sung nấm cây có số lá, chiều cao thân, độ dài rễ, trọng lượng tươi rễ lớn hơn so với các cây đối chứng trong giá thể không bổ sung nấm rễ ($p<0,01$) (bảng 3). Số lượng bào tử nấm cộng sinh sau 1 tháng tăng gấp 3,4 lần so với lượng lây nhiễm ban đầu. Bước đầu có thể nhận định các chủng nấm cộng sinh nghiên cứu có khả năng giúp tăng cường sinh trưởng cây trồng.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nấm AM lên sinh trưởng của cây cải xanh.

Nghiệm thức	Số lá	Chiều cao thân (cm)	Độ dài rễ (cm)	Trọng lượng tươi thân lá (g)	Trọng lượng tươi rễ (g)
Thí nghiệm	4,48±0,36	12,0±0,36	5,5±0,23	34,9±0,05	5,05±0,003
Đối chứng	3,67±0,43	11,6±0,35	5,0±0,06	34,6±0,15	4,89±0,001

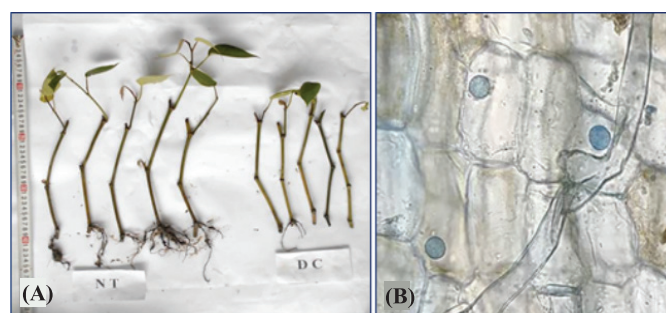
Ghi chú: số liệu được trình bày bởi giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=20).

Khả năng thúc đẩy sinh trưởng cây hồ tiêu của nấm cộng sinh được kiểm chứng với hom hồ tiêu giảm trong vườn ươm. Sau 30 ngày bổ sung nấm, các chi tiêu như số lá, chiều dài, khối lượng thân lá đều cao hơn gấp đôi so với các hom không bổ sung nấm ($p<0,01$). Chiều dài rễ và khối lượng tươi rễ (9,60 cm, 0,32 g) cao hơn nhiều so với hom đối chứng (0,53 cm, 0,01 g). Ngoài ra, các hiện tượng thường gặp như rụng lông, hóa nâu và chết giảm đi rõ rệt khi bổ sung nấm vào giá thể giảm (bảng 4). Có thể nhận thấy rõ sự khác biệt giữa hom tiêu trồng trên giá thể bổ sung và không bổ sung nấm rễ (hình 4).

Bảng 4. Ảnh hưởng của nấm AM lên sinh trưởng của hom tiêu.

Nghiệm thức	Số lá	Chiều dài chồi (cm)	KLT thân lá (g)	Chiều dài rễ (cm)	KL rễ (g)	Tỷ lệ hom rụng lông (%)	Số hom chết (%)
Chủng nấm	2,47 ±0,92	8,75 ±2,32	2,59±1,43	9,60 ±1,45	0,32 ±0,13	47,5	6,6
Không chủng nấm	1,33 ±0,83	3,32 ±2,00	0,63±0,49	0,53 ±1,39	0,01 ±0,02	85,0	23,3

Ghi chú: KLT: khối lượng tươi, số liệu được trình bày bởi giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=30).



Hình 4. Hom tiêu (A) và túi nấm trong rễ hom tiêu (B) sau 30 ngày. NT: bổ sung nấm rễ; DC: không bổ sung nấm rễ.

Thảo luận

Trong hệ vi sinh vật đất, nấm rễ cộng sinh là loài phổ biến nhất và đóng một vai trò quan trọng trong mối quan hệ giữa thực vật và đất, sự cộng sinh giữa nấm và cây xảy ra ở hầu hết các môi trường sống và khí hậu khác nhau [11]. Từ 60 mẫu đất thu từ các vườn hồ tiêu 3-4 năm tuổi ở Gia Lai, Đồng Nai và Bà Rịa - Vũng Tàu đã xác định sự hiện diện của nấm nội cộng sinh rễ thuộc 5 chi. Điều ngạc nhiên là không phát hiện nấm *Gigaspora* trong mẫu đất ở Bà Rịa - Vũng Tàu, khác với công bố của Lê Thị Kim Duyên và cs (2019) [12]. Ngược lại, đó là trường hợp chi *Glomite*, hiện diện trong nghiên cứu này với tỷ lệ thấp nhất trong 5 chi nấm. Vấn đề này cần được kiểm chứng thêm bằng cách tăng số lượng mẫu

kiểm chứng và sử dụng kỹ thuật định danh sinh học phân tử. Bên cạnh đó, số bào tử nấm rễ trong đất ở nghiên cứu này là 32-38 bào tử/50 g đất, thấp hơn so với công bố 110-130 bào tử/50 g đất của Lê Thị Kim Duyên và cs (2019) [12]. Nguyên nhân có thể do mẫu đất thu thập từ vườn trồng thuần hồ tiêu khoảng 3-4 năm tuổi vào cuối mùa mưa nên sự tích tụ về thành phần và mật số bào tử còn thấp so với vườn hồ tiêu lâu năm xen canh với các loại cây trồng khác như chuối, điều, cà phê. Sự hiện diện, phong phú về thành phần và mật độ nấm AM liên quan mật thiết đến hệ sinh thái thực vật hiện hữu [13]. Mật khác sự đa dạng của nấm AM phụ thuộc vào mùa [14], đặc điểm địa lý và điều kiện môi trường [15]. Để có cái nhìn tổng quát hơn, các đặc tính lý hóa của đất, hiện trạng vườn canh tác, tuổi vườn, giống cây trồng cần được phân tích đánh giá nhằm xác định mối tương quan với mức độ đa dạng di truyền, sự đa dạng loài (species richness) và loài cộng sinh chính (dominant) trên rễ cây hồ tiêu.

Khi nhân nuôi trên cây cà chua, ngô, cao lương và cỏ mần trầu, các chi nấm đều có hệ số nhân khá tốt. Khi có sự cộng sinh giữa nấm và rễ cây trồng, sự tăng trưởng của cây, nhất là sinh khối rễ đều tăng một cách có ý nghĩa. Điều này chứng minh rằng, nấm rễ cộng sinh có tác động tích cực đến sự phát triển bộ rễ của cây trồng, giúp cây trồng phát triển tốt hơn. Bốn loại cây trồng này đều là cây chủ thích hợp để nhân các loại nấm rễ cộng sinh đề cập. Khả năng cộng sinh và thúc đẩy tăng trưởng cây trồng của nấm cộng sinh cũng đã được khảo sát trên cây cải xanh và cây hồ tiêu. Kết quả cho thấy, hỗn hợp nấm cộng sinh đã thiết lập được sự cộng sinh trong rễ cây trồng và có tác động tích cực đến sinh trưởng của cây chủ. Năm 1994, Anandaraj và Sarma [5] đã chứng minh *Glomus fasciculatum* giúp tăng cường sự ra rễ của hom hồ tiêu giâm. Thanuja và cs (2001) [6] báo cáo rằng 69,9% đoạn thân hồ tiêu tạo rễ khi được giâm trong giá thể bổ sung *Acaulospora laevis*, *Gigaspora*. Gogoi và Singh (2011) [16] cho thấy, 23 chủng AM giúp tăng sinh khối và hàm lượng N-P trong thân lá hom tiêu. Tác động tích cực của nấm rễ đến sinh khối, khả năng tạo rễ, tạo chồi, hấp thu chất dinh dưỡng của hom giâm hồ tiêu cũng được các tác giả báo cáo [17-19]. Sự tổng hợp các chất thứ cấp ở hom tiêu cũng được tăng cường khi bổ sung nấm rễ [20, 21].

Nghiên cứu này cung cấp dữ liệu về thành phần, khả năng cộng sinh và tác động của nấm nội cộng sinh rễ cây hồ tiêu đến sinh trưởng của cây trồng, làm cơ sở cho việc nghiên cứu sử dụng nấm nội cộng sinh rễ như là tác nhân sinh học trong bảo vệ cây hồ tiêu, phục vụ canh tác bền vững.

Kết luận

Kết quả khảo sát cho thấy, cả 60 mẫu rễ và đất trồng hồ tiêu được thu thập tại Gia Lai, Bà Rịa - Vũng Tàu, Đồng Nai đều có sự hiện diện của nấm rễ cộng sinh. Năm chi *Glomite*, *Glomus*, *Scutellospora*, *Gigaspora*, *Acaulospora* đã được ghi nhận, trong đó chi *Glomus* và *Acaulospora* hiện diện trong tất cả các mẫu thu thập. Ngô, cao lương, mần trầu, cà chua đều là cây chủ thích hợp cho quá trình nhân nuôi đa bào tử trên môi trường đất. Nấm rễ cộng sinh có tác động tích cực đến sự sinh trưởng của cây trồng. Các nghiên cứu sâu hơn về thành phần loài nấm cộng sinh, tác

động tăng cường sự sinh trưởng và giúp cây hồ tiêu chống chịu với tác nhân gây stress sinh học và phi sinh học cần được tiếp tục thực hiện để làm cơ sở sử dụng tác nhân sinh học này trong canh tác nông nghiệp bền vững, thích ứng biến đổi khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thị Kim Liên, Lê Thị Thủy, Nguyễn Viết Hiệp, Nguyễn Huy Hoàng (2012), "Nghiên cứu đa dạng hệ nấm cộng sinh Arbuscular mycorrhiza trong đất và rễ cam tại Quý Hốp, Nghệ An", *Tạp chí Sinh học*, 4, tr.436-440.
- [2] Võ Thị Tú Trinh và Dương Minh (2017), "Sự phân bố và xâm nhiễm của nấm rễ nội sinh (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza - VAM) trong mẫu rễ và đất trồng ngô tại một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, 53, tr.105-111.
- [3] Lê Thị Hoàng Yến, Lê Thị Lệ Quyên, Lưu Thị Dung, Mai Thị Đàm Linh, Dương Văn Hốp (2017), "Nghiên cứu đa dạng nấm rễ nội cộng sinh (Arbuscular mycorrhizal fungi) phân lập từ đất trồng ngô ở Hà Nội", *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội*, 33, tr.312-318.
- [4] Nguyễn Thị Minh, Nguyễn Thu Hà, Phạm Quốc Hưng (2014), "Phân lập và tuyển chọn giống Arbuscular mycorrhizae dùng để sản xuất vật liệu sinh học nhằm tái tạo thảm thực vật phủ xanh", *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 3, tr.49-55.
- [5] M. Anandaraj, Y.R. Sarma (1994), "Effect of vesicular Arbuscular mycorrhiza on rooting of black pepper (*Piper nigrum* L.)", *Journal of Spices & Aromatic Crops*, 3, pp.39-42.
- [6] T.V. Thanuja, et al. (2001), "Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae, types of cutting and mist on rooting and sprouting of pepper (*Piper nigrum* L.) cuttings", *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 14, pp.412-416.
- [7] A. Al-Askar, Y. Rashad (2010), "Arbuscular mycorrhizal fungi: a biocontrol agent against common", *Plant Pathology Journal*, 9, pp.31-38.
- [8] M. Brundrett, et al. (1996), *Working With Mycorrhizas In Forestry and Agriculture*, Australian Centre for International Agricultural Research.
- [9] J.W. Gerdemann, T.H. Nicolson (1963), "Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting", *Transactions of the British Mycological Society*, 46, pp.235-244.
- [10] M. Giovannetti, B. Mosse (1980), "An evaluation of techniques for measuring vesicular Arbuscular mycorrhizal infection in roots", *New Phytologist*, 84, pp.489-500.
- [11] C. Azcón-Aguilar, J.M. Barea (1997), "Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials", *Scientia Horticulturae*, 68, pp.1-24.
- [12] Lê Thị Kim Duyên, Trần Trọng Nghĩa, Trần Đỗ Hoàng, Đào Uyên Trân Đa, Lê Đình Đôn (2019), "Xác định nấm cộng sinh Mycorrhiza trên rễ cây hồ tiêu", *Tạp chí Bảo vệ Thực vật*, 2, tr.3-7.
- [13] B. Böstler, et al. (2006), "Species composition of arbuscular mycorrhizal fungi in two mountain meadows with differing management types and levels of plant biodiversity", *Biology and Fertility of Soils*, 42, pp.286-298.
- [14] A.J. Dumbrell, et al. (2011), "Distinct seasonal assemblages of Arbuscular mycorrhizal fungi revealed by massively parallel pyrosequencing", *New Phytologist*, 190, pp.794-804.
- [15] M. Öpik, et al. (2013), "Global sampling of plant roots expands the described molecular diversity of Arbuscular mycorrhizal fungi", *Mycorrhiza*, 23, pp.411-430.
- [16] P. Gogoi, R.K. Singh (2011), "Differential effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae)", *Indian Journal of Science and Technology*, 4, pp.119-125.
- [17] W.J. Mala, et al. (2010), "Effective spore density of glomus mosseae, arbuscular mycorrhiza, for inoculation of rooted cuttings of black pepper (*Piper nigrum* Linn.)", *Tropical Agricultural Research*, 21(2), pp.189-197.
- [18] H. Wimalaratne, et al. (2014), "Effect of Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on shoot and root development of black pepper (*Piper nigrum* Linn.) rooted cuttings", *Int. Invent. J. Agric. Soil. Sci.*, 2, pp.105-111.
- [19] A. Sahur (2020), *Growth Response of Pepper (Piper nigrum L.) on Application Arbuscular Mycorrhizal Fungi and the Shallot Filtrate*, IOP Publishing.
- [20] S.F. Da Luz, et al. (2016), "Effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on the essential oil composition and antioxidant activity of black pepper (*Piper nigrum* L.)", *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 9, pp.10-17.
- [21] R. Da Trindade, et al. (2019), "Arbuscular mycorrhizal fungi colonization promotes changes in the volatile compounds and enzymatic activity of lipooxygenase and phenylalanine ammonia lyase in *Piper nigrum* L. 'Bragantina'", *Plants*, 8, DOI: 10.3390/plants8110442.