



DOI:10.22144/ctujos.2023.203

## KHẢO SÁT TƯƠNG TÁC CỦA TUYẾN TRÙNG *Meloidogyne incognita* VÀ NẤM *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* TRÊN CÂY CHUỐI GIÀ NAM MỸ (*Musa acuminata*) TRONG ĐIỀU KIỆN NHÀ LƯỚI

Nguyễn Gia Huy\*, Lê Thị Ngọc Tiên và Trần Vũ Phấn  
 Trường Đại học Cần Thơ

\*Tác giả liên hệ (Corresponding author): giahuybvtv@gmail.com

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 25/04/2023

Sửa bài (Revised): 01/06/2023

Duyệt đăng (Accepted): 07/06/2023

**Title:** Interactions research of the glass *Meloidogyne incognita* and the fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* on Cavendish banana (*Musa acuminata*) in net house conditions

**Author(s):** Nguyen Gia Huy\*, Le Thi Ngọc Tien and Tran Vu Phen

**Affiliation(s):** Can Tho University

### TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát sự tương tác giữa tuyến trùng bươu rễ *Meloidogyne incognita* và nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* gây bệnh héo rũ Panama trên giống chuối già Nam Mỹ (*Musa acuminata*) đánh giá sự tương tác đồng thời của hai tác nhân mầm bệnh và sự gia tăng tuần tự của mật số tuyến trùng đến triệu chứng héo rũ Panama. Kết quả ghi nhận tại các thí nghiệm được lấy nhiễm kết hợp đồng thời hai tác nhân tuyến trùng và nấm bệnh đều có chỉ tiêu sinh trưởng của cây thấp hơn, biểu hiện triệu chứng héo rũ và/hoặc thiếu dinh dưỡng nặng hơn so với khi lấy nhiễm riêng lẻ, mức độ này tăng nhanh và trầm trọng hơn theo sự gia tăng mật số tuyến trùng hiện diện đồng thời. Nghiệm thức mật độ tuyến trùng *Meloidogyne incognita* 1 con/g đất và nấm *Fusarium oxysporum*  $10^6$  bào tử/mL thì sự phát triển của cây đã giảm và thấp hơn so với nghiệm thức chỉ xâm nhiễm riêng lẻ và sự gia tăng triệu chứng héo rũ tỷ lệ thuận với mật số tuyến trùng *M. incognita*. Tuy nhiên, thí nghiệm lấy nhiễm 4 con tuyến trùng/g đất tương tác với  $10^6$  bào tử nấm/mL thì mật độ tuyến trùng gia tăng thấp nhất cho thấy với mật độ lấy nhiễm ban đầu cao đã có sự cạnh tranh giữa hai tác nhân ký sinh.

**Từ khóa:** Chuối, nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, tuyến trùng *Meloidogyne incognita*

### ABSTRACT

Investigation of the interaction between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* cause Panama wilt disease on Cavendish bananas (*Musa acuminata*). This study aimed to evaluate the simultaneous interaction of two pathogens and how the sequential increase in nematode populations affects the symptoms of Panama wilt. The results showed that simultaneously infected with two nematode and fungal agents had lower plant growth parameters and showed more severe symptoms of wilting and nutritional deficiency compared with the experimental ones infected individually. This level increased rapidly and was aggravated by the increased number of nematodes present simultaneously. In the treatment with the nematode *M. incognita* (1 individual/g soil) and the fungus *Fusarium oxysporum* ( $10^6$  spores/mL), the plant growth was reduced and lower than that of the treatment alone, and the symptoms increased and wilting was proportional to the number of nematodes *M. incognita*. However, in the experiment of infecting 4 nematodes/g of soil interacting with  $10^6$  fungal spores/mL, the nematode density increased the lowest, showing that with a high initial infection density, there was competition between the two pathogens parasites.

**Keywords:** Banana, *Fusarium oxysporum* fungal, *Meloidogyne incognita*, root-knot nematodes

## 1. GIỚI THIỆU

Chuối thuộc họ Musacea, chi *Musa*, là cây thân thảo lớn nhất trong các loài thân thảo, bao gồm khoảng 1.500 giống (INIBAP, 2000). Trong những loại trái cây quan trọng nhất ở Việt Nam, chuối đứng đầu về tổng sản lượng (1,4 triệu tấn/năm) với diện tích trồng hiện mở rộng trên 100.000 ha, chiếm 19% tổng diện tích cây ăn quả trên cả nước (Eco-Fruits, 2020). Chuối là cây thực phẩm quan trọng thứ 4 trên thế giới sau lúa gạo, lúa mì và ngô (Sharrock & Frison, 1999), là một mặt hàng xuất khẩu, đóng góp chính cho nền kinh tế của nhiều quốc gia đang phát triển. Cây chuối được trồng ở mọi nơi thuộc vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, cho thu hoạch quả quanh năm, tạo nguồn thu và cung cấp thực phẩm cả khi các loại cây trồng khác không cho thu hoạch. Quả chuối tươi được xuất khẩu nhiều nhất trên thế giới về khối lượng và giá trị (Arias et al., 2003). Việt Nam là một trong những trung tâm đa dạng của cả cây trồng và sâu bệnh. Điều kiện khí hậu của Việt Nam rất thuận lợi, không chỉ để sản xuất chuối mà còn thuận lợi cho sâu bệnh phát triển (Jones, 2000). Hầu hết các vùng trồng chuối chuyên canh cùng giống là điều kiện thuận lợi cho nhiều loại sinh vật tích lũy và gây hại, đặc biệt là tuyến trùng ký sinh thực vật. Mặt khác, do bộ rễ chuối phát triển dưới mặt đất nên việc phát hiện tác nhân gây hại rễ là rất hạn chế.

Tuyến trùng được coi là một trong những loài gây hại chuối nguy hiểm nhất. Những loài tuyến trùng chính ký sinh trên rễ chuối được ghi nhận là *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, *P. goodeyi*, *Helicotylenchus multicotyepus* và *Meloidogyne* spp. (Gowen & Quénehervé, 1990; Sarah, 2000; Speijer et al., 2000; Sikora et al., 2018). Theo Jones et al. (2013), hàng năm tuyến trùng nốt sần rễ *Meloidogyne* spp. gây thiệt hại kinh tế lên tới hơn 80 tỷ USD. Tuyến trùng *M. incognita* gây ra những nốt sần làm tổn thương rễ cây, mở đường cho vi sinh vật trong đất xâm nhiễm và gây hại bộ rễ (Sasser, 1980). Bên cạnh đó, bệnh héo rũ Panama do nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* gây ra trở nên nghiêm trọng hơn khi có sự hiện diện của tuyến trùng ký sinh. Chính vì vậy, nghiên cứu được tiến hành nhằm tìm hiểu mức độ tương tác giữa tuyến trùng nốt sần rễ *M. incognita* ở các mật độ khác nhau và nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng và phát triển của giống chuối già Nam Mỹ.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Tuyến trùng nốt sần rễ *Meloidogyne* spp. được thu thập từ nông trường chuối già Nam Mỹ tại huyện Cờ Đỏ, thành phố Cần Thơ.

Nguồn nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* được cung cấp bởi Khoa Bảo vệ Thực vật, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ.

Cây chuối già Nam Mỹ (AAA) vi nhân giống trên môi trường Murashige và Skoog (Murashige & Skoog, 1962) do Trường Đại học Cần Thơ cung cấp.

Nguồn đất: đất Tribat được thanh trùng kỹ 3 lần với nhiệt độ 121°C, thời gian 30 phút với áp suất 1 atm nhằm loại bỏ toàn bộ nguồn sinh vật có trong đất.

Dụng cụ: Rây lọc thô đường kính lỗ 1 mm; rây lọc mịn đường kính 20 µm và 30 µm (IMPACT, Anh); chậu và dụng cụ phòng thí nghiệm; kính hiển vi ở các vật kính 4X, 10X, 40X (Nikon, Nhật Bản); môi trường PDA (Burgess et al., 2009); MGA (Castella et al., 1997).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp tách lọc, giám định tuyến trùng và chỉ tiêu đánh giá

##### a. Phương pháp tách lọc tuyến trùng

Phương pháp tách lọc mẫu đất dựa theo phương pháp của Bearmann cải tiến (Barker, 1985) được mô tả như sau: Mẫu đất được thu về, trộn đều, cân 500 gram và ngâm mẫu, sau đó được bóp tan và lọc qua rây 1 mm. Tiếp theo, mẫu được đợi lắng và lọc qua rây mịn với kích thước 20 µm trong các khoảng thời gian 30 phút, 5 phút và 30 giây để thu đủ số lượng tuyến trùng cần cho thí nghiệm.

Phương pháp tách lọc mẫu rễ dựa theo Hooper et al. (2005) được mô tả như sau: Mẫu rễ được cân 5 g, sau đó được cắt nhuyễn và trải đều lên rây lọc tĩnh, sau 24 giờ tiến hành thu huyền phù tuyến trùng để quan sát.

##### b. Phương pháp giám định tuyến trùng *Meloidogyne incognita*

Phương pháp mô tả hình thái học và so sánh vân sinh môn của con cái loài tuyến trùng *Meloidogyne incognita* theo phương pháp acid lactic Taylor and Netscher (1974) theo quy trình mô tả của Hartman and Sasser (1985) và định danh dựa theo một số nghiên cứu khác.

Bên cạnh đó, kỹ thuật nhuộm tuyến trùng trong mô thực vật được thực hiện dựa theo phương pháp NaOCl - Acid - Fuschin của Byrd et al. (1983).

2.2.2. *Thí nghiệm lây nhiễm tuyến trùng trong nhà lưới*

a. *Chuẩn bị cây chuối thí nghiệm*

Cây chuối con *in vitro* được trồng trong chậu nhựa thể tích 1 dm<sup>3</sup> chứa 1 kg đất đã khử trùng. Cây được tưới nước cần thiết trong suốt quá trình thí nghiệm và sáu tuần sau khi trồng, được lây nhiễm với nguồn tuyến trùng nhân nuôi. Thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện nhà lưới dựa theo phương pháp của Purwati and Harran (2007), Rocha et al. (2018).

b. *Chuẩn bị nguồn tuyến trùng lây nhiễm*

Sau khi tuyến trùng được giám định là loài *M. incognita*, cây cà chua và mồng tơi được trồng để nhân mật số tuyến trùng. Nguồn tuyến trùng *M. incognita* được nhân nuôi bằng phương pháp nuôi trên chậu cây cà chua và mồng tơi lá to trong nhà lưới (Hussey & Jassen, 2002). Sau 3 tháng đầu tiên, bấu rễ trên cây mồng tơi được thu và thuần mẫu được làm bằng cách cắt bấu rễ, rửa mẫu trong cồn 70% nhiều lần nhằm loại bỏ các tác nhân bám xung quanh bấu rễ. Sau đó bấu rễ được xay nhuyễn, tiếp tục xâm nhiễm trên cây cà chua và mồng tơi với đất đã thanh trùng. Phương pháp trên được lặp lại, đồng thời tăng số lượng cây cà chua và mồng tơi với mật số 1000 con *M. incognita* J2/kg đất/ chậu cho đến khi đạt đủ mật số tuyến trùng dùng để nghiên cứu theo Hình 1.



**Hình 1. Phương pháp tưới huyền phù tuyến trùng và bấu rễ thu hoạch trên mồng tơi sau 3 tháng lây nhiễm**

c. *Chuẩn bị nguồn nấm lây nhiễm*

Nguồn nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* được nhân nuôi trên môi trường PDA trong 15 ngày với số lượng đĩa đủ cho mỗi nghiệm thức là 10<sup>6</sup> bào tử nấm/g đất để thực hiện nghiên cứu.

d. *Công thức thí nghiệm*

Tuyến trùng *M. incognita* được ly trích từ mẫu đã thu thập dựa theo Agrios (2005) có cải tiến. Mật số bào tử nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* được chuẩn bị sẵn sàng cho thí nghiệm. Thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện nhà lưới dựa theo phương pháp của Purwati and Harran (2007), Rocha et al. (2018). Đồng thời, thí nghiệm được căn cứ vào nghiên cứu của Ravichandra (2014) về ngưỡng thiệt hại kinh tế tuyến trùng *M. incognita*, Agrios (2005); về ngưỡng thiệt hại về kinh tế của nấm *F. oxysporum*, nghiên cứu của Tariq-Khan et al. (2017), vòng đời tuyến trùng *Meloidogyne* (tại nhiệt độ 27°C tuyến trùng *Meloidogyne* cần 25 ngày). Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 10 nghiệm thức, 5 lần lặp lại, tổng cộng 50 chậu:

- (1) Nghiệm thức đối chứng (không chủng);
- (2) Nghiệm thức chỉ chủng 1 con *M. incognita*/g đất (1000 con J2/ kg đất) (J2 là tuyến trùng tuổi 2);
- (3) Nghiệm thức chỉ chủng 2 con *M. incognita*/g đất (2000 con J2/ kg đất);
- (4) Nghiệm thức chỉ chủng 3 con *M. incognita*/g đất (3000 con J2/ kg đất);
- (5) Nghiệm thức chỉ chủng 4 con *M. incognita*/g đất (4000 con J2/ kg đất);
- (6) Nghiệm thức chỉ chủng 10<sup>6</sup> bào tử nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* /g đất (Chỉ chủng nấm);
- (7) Nghiệm thức đồng chủng 1 con *M. incognita*/g đất (1000 con J2/ kg đất) và 10<sup>6</sup> bào tử nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* /g đất;
- (8) Nghiệm thức đồng chủng 2 con *Meloidogyne incognita*/g đất (2000 con J2/ kg đất) và 10<sup>6</sup> bào tử nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* /g đất;
- (9) Nghiệm thức đồng chủng 3 con *M. incognita*/g đất (3000 con J2/ kg đất) và 10<sup>6</sup> bào tử nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* /g đất;
- (10) Nghiệm thức đồng chủng 4 con *M. incognita*/g đất (4000 con J2/ kg đất) và 10<sup>6</sup> bào tử nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* /g đất.

e. *Chỉ tiêu theo dõi:*

- Thời gian hoàn thành thí nghiệm sau 28 ngày lây nhiễm.
- Mật độ tuyến trùng tuổi 2 *M. incognita* trong 1 gram đất và 5 g rễ; số lượng con cái đẻ trứng.
- Chỉ số nốt sần (GI) được đánh giá trên thang điểm từ 0 đến 5 (cấp 0 = không nhiễm bệnh; 1 = 1-

20% số rệp có bướu; 2 = 21–40%; 3 = 41– 60%; 4 = 61–80%; và 5 = 81–100%) (Oka et al., 2012).

– Biến màu của thân ngấm (Mak et al., 2004): cấp 0 - thân củ hoàn toàn khỏe mạnh, cấp 1 - thân củ có các điểm bị xâm lấn cô lập 0 - 5%, cấp 2 - thân củ bị xâm lấn chiếm 5 - 35%, cấp 3 - thân củ bị xâm lấn chiếm 35 - 50%, cấp 4 - thân củ bị xâm lấn chiếm 50 - 75%, cấp 5 - thân ngấm bị xâm lấn > 75%. Phân tích khối gồm 20 nghiệm thức được biểu đồ kết quả về cấp độ xâm lấn củ ngấm.

– Triệu chứng lá héo Panama bên ngoài (Pérez-Vicente et al., 2014): cấp 0 - không có triệu chứng, cấp 1 - triệu chứng vàng xuất hiện tại lá già, cấp 2 - triệu chứng vàng xuất hiện tại lá già cùng với sự biến màu ở lá non, cấp 3 - tất cả lá đều bị vàng, cấp 4 - cây bị chết.

2.2.3. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Office Excel 2016, phân tích thống kê Anova và phép thử Duncan ở mức ý nghĩa 5% qua phần mềm MSTATC.

3. KẾT QUẢ

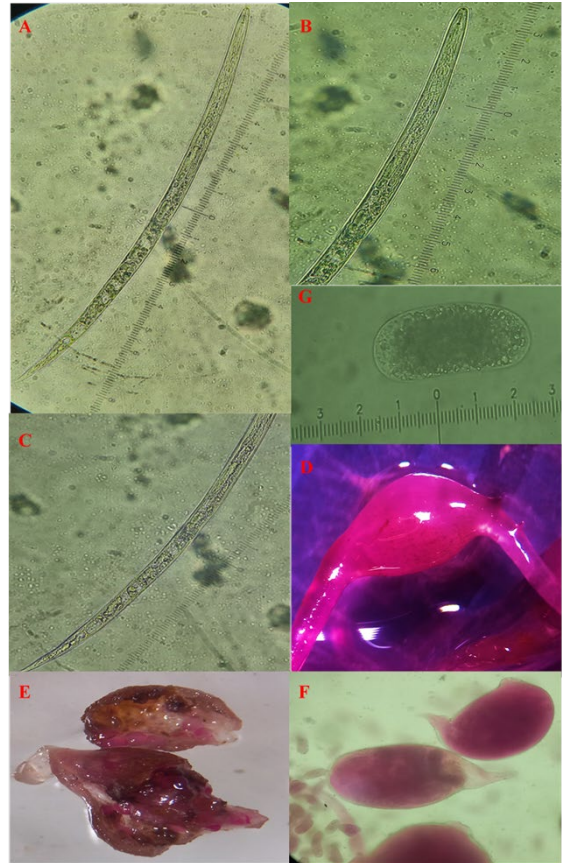
3.1. Đặc điểm hình thái học của loài *Meloidogyne incognita*

Ấu trùng tuổi J2: Cơ thể hình giun, thuôn dần về phía đầu và đuôi. Kim hút (stylet) mảnh với đế kim (spear knobs) tròn hai bên và khá nhỏ. Điều giữa (metacarpus) phát triển hơi yếu. Vị trí lỗ bài tiết (excretory pore) nằm phía sau điều giữa khoảng 1 - 1,5 μm. Đuôi dài hình chóp nhọn với nút đuôi tròn tù và hơi cong về phía bụng (Hình 2).

Con cái trưởng thành: Cơ thể dạng quả lê đến hình cầu không cân đối, vùng bên không có hoặc chỉ biểu hiện dạng fork ở chỗ nối các vân giữa hai vùng lưng bụng, cổ rất ngắn. Vùng môi (lip region) rõ ràng. Mấu đuôi rất nhỏ hầu như không thấy. Kim hút (stylet) có đế kim tròn và phần conus cong về phía lưng. Vị trí lỗ bài tiết (excretory pore) nằm sau góc stylet một chút. Điều giữa có van phát triển. Hệ sinh dục kép dạng didelphic - amphidelphic với hai buồng trứng (ovary) phát triển và đối xứng. Tử cung (uterus) chứa nhiều trứng (Hình 2).

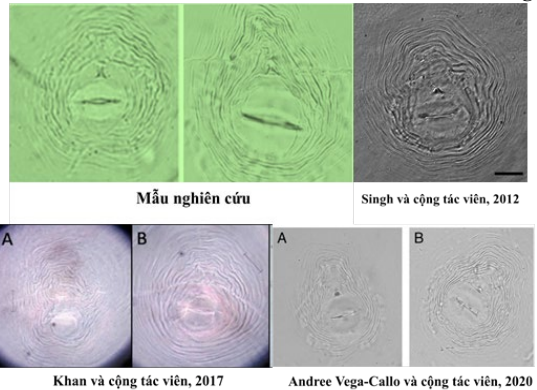
Hình thái vân sinh môn: Dựa theo mô tả của Eisenback et al. (1981), Châu và Thanh (2000) cùng Hunt and Handoo (2009) rằng tâm huyết (perineal pattern) có nhiều dạng khác nhau từ hình bầu dục đến tròn nhưng cơ bản vẫn là hình oval, hơi kéo dài về hướng lưng bụng, luôn có vòm lưng (dorsal arch) cao và không bị bóp lại từ hai bên phía, các đường vân (striae) không liên tục, trong trường hợp các

đường vân ở phía bụng không bị cắt gần về phía vulva các vân luôn gấp khúc rất mạnh dạng các làn sóng dồn được so sánh với các nghiên cứu của Singh et al. (2013), Khan et al. (2017) và Andree Vega - Callo et al. (2020) (Hình 3).



Hình 2. Đặc điểm hình thái loài tuyến trùng *Meloidogyne incognita*

Ghi chú: A. Cơ thể ấu trùng, B. Phần đầu, C. Phần đuôi, D. Bướu rệp được nhuộm phương pháp NaOCl - Acid - Fuchsin, E và F. Con cái được nhuộm Fuchsin, G. Trứng



Hình 3. Vân sinh môn loài *Meloidogyne incognita* so với các nghiên cứu trước đó

### 3.2. Mật độ tuyến trùng *Meloidogyne incognita* trong đất và rễ

Bảng 1 cho thấy hiện diện mật số tuyến trùng và nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* có ảnh hưởng đến mật số tuyến trùng được sinh ra ở 28 ngày sau khi lây nhiễm. Kết quả phân tích tuyến trùng cho thấy có sự khác biệt thống kê mức ý nghĩa 1% giữa các nghiệm thức về mật số của tuyến trùng *M. incognita* và mật số tuyến trùng tại các nghiệm thức riêng lẻ hay đồng chủng đều gia tăng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Tariq-Khan et al. (2017) về vòng đời của tuyến trùng ở nhiệt độ 30°C phù hợp với điều kiện khí hậu tại Việt Nam.

**Bảng 1. Mật số tuyến trùng trong đất tại thời điểm phân tích mẫu 28 ngày sau khi chủng bệnh**

STT	Nghiệm thức	Mật số con/g đất
1	Đối chứng	0,0 <sup>g</sup>
2	Chỉ chủng 1 con Me/g đất	2,56 <sup>f</sup>
3	Chỉ chủng 2 con Me/g đất	6,08 <sup>d</sup>
4	Chỉ chủng 3 con Me/g đất	8,59 <sup>b</sup>
5	Chỉ chủng 4 con Me/g đất	9,54 <sup>a</sup>
6	Chỉ chủng 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	0,0 <sup>g</sup>
7	Đồng nhiễm 1 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	2,69 <sup>f</sup>
8	Đồng nhiễm 2 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	6,55 <sup>cd</sup>
9	Đồng nhiễm 3 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	6,74 <sup>e</sup>
10	Đồng nhiễm 4 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	4,59 <sup>e</sup>
<b>CV (%)</b>		<b>12,04%</b>
<b>Mức ý nghĩa</b>		<b>**</b>

Ghi chú: Các số trung bình trong cùng cột có cùng chữ theo sau giống nhau thì không khác biệt qua phân tích thống kê ở mức ý nghĩa 1% và qua kiểm định Duncan; \*\* khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1%. Me: *Meloidogyne incognita*, Fu: *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*.

Các nghiệm thức chủng riêng lẻ có sự gia tăng khác biệt tại thời điểm 28 ngày chủng bệnh: mật số *M. incognita* tại nghiệm thức chỉ chủng 1 con gia tăng lên 2,56 con/g đất, chủng 2 con là 6,08 con/g đất, chủng 3 con là 8,59 con/g đất và chủng 4 con là 9,54 con/g đất; trong đó, nghiệm thức chỉ xâm nhiễm 2 con/g đất gia tăng mật số tuyến trùng nhiều nhất, hai nghiệm thức chỉ 3 và 4 con/g đất sự gia tăng mật số kém hơn. Tại các nghiệm thức chỉ chủng tuyến trùng thì tại mật số 3 con/g đất mới bắt đầu có

triệu chứng vàng héo. Nghiệm thức chỉ chủng 3 con tuyến trùng/g đất có sự gia tăng mật số nhanh nhất.

**Bảng 2. Mật số tuyến trùng trong rễ tại thời điểm phân tích mẫu 28 ngày sau khi chủng bệnh**

STT	Nghiệm thức	Mật số con/ 5 g rễ
1	Đối chứng	0,0 <sup>d</sup>
2	Chỉ chủng 1 con Me/g đất	5,4 <sup>d</sup>
3	Chỉ chủng 2 con Me/g đất	15,8 <sup>c</sup>
4	Chỉ chủng 3 con Me/g đất	36,8 <sup>b</sup>
5	Chỉ chủng 4 con Me/g đất	50,8 <sup>a</sup>
6	Chỉ chủng 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	0,0 <sup>d</sup>
7	Đồng nhiễm 1 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	4,4 <sup>d</sup>
8	Đồng nhiễm 2 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	14,2 <sup>c</sup>
9	Đồng nhiễm 3 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	30,8 <sup>b</sup>
10	Đồng nhiễm 4 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	28,8 <sup>bc</sup>
<b>CV (%)</b>		<b>18,66%</b>
<b>Mức ý nghĩa</b>		<b>**</b>

Ghi chú: Các số trung bình trong cùng cột có cùng chữ theo sau giống nhau thì không khác biệt qua phân tích thống kê ở mức ý nghĩa 1% và qua kiểm định Duncan; \*\* khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1%. Me: *Meloidogyne incognita*, Fu: *F. oxysporum* f.sp. *cubense*.

Các nghiệm thức đồng chủng hai tác nhân gây bệnh cho kết quả hai nghiệm thức đồng chủng 1 và 2 con/g đất với mật số 106 bào tử nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* có sự gia tăng mật số tuyến trùng lần lượt là 2,69 và 6,55 con/g đất, kết quả tương tự với các nghiệm thức chỉ chủng 1 và 2 con tuyến trùng/g đất. Sự gia tăng tuyến trùng tại thời điểm 28 ngày sau khi chủng ở nghiệm thức 3 và 4 con/g đất tương tác với nấm có sự gia tăng chậm hơn, mật số ít hơn lần lượt là 6,74 và 4,59 con/g đất và gia tăng ít nhất trong các nghiệm thức đồng chủng hoặc riêng lẻ. Nghiệm thức đồng chủng 2 con tuyến trùng/g đất với 106 bào tử nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* có sự gia tăng mật số tuyến trùng *M. incognita* hiệu quả hơn các nghiệm thức còn lại. Kết quả này cũng được ghi nhận bởi Gao et al. (2006) mối quan hệ tương tác giữa tuyến trùng *Heterodera glycines* và nấm *F. solani* f.sp. *glycines* ở cây đậu nành và nghiên cứu của Rocha et al. (2018) khi thực hiện tương tác giữa *M. javanica* với nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* trên các giống chuối cũng cho kết quả tương tự. Như vậy, khi mật số thấp cả hai mầm bệnh tương tác với nhau gây hại cho cây trồng; tuy nhiên, khi mật số

vượt qua ngưỡng tương tác thì xảy ra hiện tượng cạnh tranh dinh dưỡng. Ngoài ra, mật số cả hai mầm bệnh quá cao cũng dẫn đến vấn đề cây chuối không đủ khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cả hai mầm bệnh.

Bảng 2 cho thấy tại nghiệm thức chỉ chủng 4 con Me/g đất thì mật số đạt 50,8 con/ 5 g rễ khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% so với các nghiệm thức khác. Tuy nhiên, nghiệm thức đồng nhiễm 4 con Me/g đất và  $10^6$  bào tử Fu/ g đất đạt 28,8 con/ 5 g rễ lại cho kết quả thấp hơn so với nghiệm thức chỉ chủng 4 con Me/g đất và tương đương với chỉ chủng 3 con Me/g đất (36,8 con/ 5 g rễ) và đồng nhiễm 3 con với  $10^6$  bào tử Fu/ g đất (30,8 con/ 5 g rễ). Sự hiện diện đồng thời tuyến trùng ở mật số cao kết hợp với  $10^6$  bào tử Fu/g đất làm giảm mật số tuyến trùng ở chu kỳ tiếp theo.

Các nghiệm thức chỉ chủng hay đồng nhiễm 1 hay 2 con Me/g đất không khác biệt ý nghĩa thống kê.

### 3.3. Các đánh giá về chỉ tiêu sinh trưởng

Kết quả Bảng 3 về gia tăng chiều cao cây tại 28 ngày sau khi chủng bệnh (NSKCB) cho thấy các nghiệm thức đồng nhiễm tuyến trùng với nấm thì chiều cao cây thấp so với nghiệm thức chỉ chủng tuyến trùng và thấp hơn so với đối chứng. Nghiệm thức chỉ chủng 1, 2, 3 và 4 con/g đất chiều cao cây giảm tăng lần lượt 19,88; 18,02; 15,72 và 14,58 cm. Nghiệm thức tuyến trùng đồng nhiễm 1, 2, 3 và 4 con/ g đất với  $10^6$  bào tử nấm/ g đất lần lượt 16,84; 13,82; 12,62 và 11,78 cm có khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% so với đối chứng (21,28 cm) và thấp hơn nghiệm thức chỉ xâm nhiễm  $10^6$  bào tử nấm/ g đất (17,42 cm). Bên cạnh đó, các nghiệm thức đồng nhiễm tuyến trùng và nấm ghi nhận hiện diện nhiều rễ bất định trên mặt đất (Hình 4).

Khối lượng tươi của cây cho thấy các nghiệm thức chỉ nhiễm tuyến trùng hay nấm hay đồng nhiễm đều khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 1% so với đối chứng (495,4 g). Nghiệm thức chỉ nhiễm tuyến trùng 1, 2, 3 và 4 con/g đất khối lượng tươi của cây lần lượt 462,8; 424,6; 375,2 và 352,8 g và đồng nhiễm với nấm lần lượt là 401,0; 332,6; 306,0 và 287,5 g cho thấy tuân tự mật số tuyến trùng cao tương tác với nấm làm giảm khối lượng tươi của cây.



**Hình 4. Rễ bất định xuất hiện**

Ghi chú: A: Nghiệm thức đồng nhiễm 3 con Me và  $10^6$  bào tử Fu/ mL đất và B: Nghiệm thức đồng nhiễm 4 con Me và  $10^6$  bào tử Fu/ mL

Khối lượng tươi của rễ tại các nghiệm thức xâm nhiễm riêng lẻ hay đồng nhiễm đều khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% so với đối chứng (171,2 g). Các nghiệm thức xâm nhiễm riêng lẻ tuyến trùng 1, 2, 3 và 4 thì khối lượng tươi lần lượt 159,6; 143,6; 125,8 và 117,2 g và đồng nhiễm tương tác với nấm lần lượt 136; 110,8; 100,8 và 94,2 g rễ. Sự xâm nhiễm của tuyến trùng dù riêng lẻ hay đồng nhiễm với nấm cũng làm giảm sinh khối của rễ chuối. Tuy nhiên, sự đồng nhiễm hai tác nhân thì khối lượng rễ giảm nhiều hơn và lũy tiến khối lượng rễ cũng giảm theo mật số tuyến trùng

Kết quả ở Bảng 3, khối lượng rễ bệnh tại thời điểm phân tích mẫu 28 NSKCB ghi nhận có sự khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% giữa các nghiệm thức. Trong đó, nghiệm thức có mật số đồng nhiễm hai tác nhân càng cao thì khối lượng rễ bệnh càng lớn và sự tương tác gây hại nặng hơn so với sự tấn công riêng rẽ của hai mầm bệnh. Các nghiệm thức đồng nhiễm 1, 2, 3 và 4 con tuyến trùng/ g đất với  $10^6$  bào tử nấm/ g đất thì khối lượng và phần trăm rễ bệnh lần lượt là 36,3 (26,69%), 38,2 (34,73%), 41,1 (40,77%) và 43,6 g rễ (46,28%) và các nghiệm thức chỉ nhiễm 1, 2, 3 và 4 con tuyến trùng/ g đất lần lượt là 16,9 (10,59%), 17,9 (12,47%), 21,7 (17,25%) và 29,9 g rễ (25,51%). Hiện diện của tuyến trùng làm gia tăng khối lượng rễ bệnh và nghiên cứu của Agrios (2005) cho rằng tuyến trùng tạo vết thương và là cửa ngõ cho xâm nhiễm của các mầm bệnh thụ động như *Ralstonia solanacearum*, *Fusarium* spp.,....

**Bảng 3. Các chỉ tiêu sinh trưởng của cây chuối**

STT	Nghiệm thức	Gia tăng chiều cao cây (cm)	Khối lượng tươi của cây (g)	Khối lượng rễ tươi (g)	Khối lượng rễ bệnh (g)	Phần trăm khối lượng rễ bệnh (%)
1	Đối chứng	21,28 <sup>a</sup>	495,4 <sup>a</sup>	171,2 <sup>a</sup>	0,0 <sup>g</sup>	0 <sup>g</sup>
2	Chỉ chủng 1 con Me/g đất	19,88 <sup>b</sup>	462,8 <sup>b</sup>	159,6 <sup>b</sup>	16,9 <sup>f</sup>	10,59 <sup>f</sup>
3	Chỉ chủng 2 con Me/g đất	18,02 <sup>c</sup>	424,6 <sup>c</sup>	143,6 <sup>c</sup>	17,9 <sup>f</sup>	12,47 <sup>f</sup>
4	Chỉ chủng 3 con Me/g đất	15,72 <sup>de</sup>	375,2 <sup>e</sup>	125,8 <sup>d</sup>	21,7 <sup>ef</sup>	17,25 <sup>e</sup>
5	Chỉ chủng 4 con Me/g đất	14,58 <sup>e</sup>	352,8 <sup>e</sup>	117,2 <sup>e</sup>	29,9 <sup>e</sup>	25,51 <sup>d</sup>
6	Chỉ chủng nấm Fu	17,42 <sup>cd</sup>	407,4 <sup>d</sup>	136,8 <sup>cd</sup>	33,0 <sup>de</sup>	24,12 <sup>d</sup>
7	Đồng nhiễm 1 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	16,84 <sup>d</sup>	401,0 <sup>de</sup>	136,0 <sup>cd</sup>	36,3 <sup>cd</sup>	26,69 <sup>cd</sup>
8	Đồng nhiễm 2 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	13,82 <sup>f</sup>	332,6 <sup>ef</sup>	110,8 <sup>ef</sup>	38,2 <sup>bc</sup>	34,73 <sup>c</sup>
9	Đồng nhiễm 3 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	12,62 <sup>f</sup>	306,0 <sup>f</sup>	100,8 <sup>f</sup>	41,1 <sup>ab</sup>	40,77 <sup>b</sup>
10	Đồng nhiễm 4 con Me và 10 <sup>6</sup> bào tử nấm Fu/ g đất	11,78 <sup>f</sup>	287,5 <sup>f</sup>	94,2 <sup>f</sup>	43,6 <sup>a</sup>	46,28 <sup>a</sup>
<b>CV (%)</b>		<b>17,20</b>	<b>25,77</b>	<b>10,66</b>	<b>18,91</b>	<b>26,92</b>
<b>Mức ý nghĩa</b>		<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

Ghi chú: Các số trung bình trong cùng cột có cùng chữ theo sau giống nhau thì không khác biệt qua phân tích thống kê ở mức ý nghĩa 1% và qua kiểm định Duncan; \*\* khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1%. Me: *Meloidogyne incognita*, Fu: *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*

Kết quả ở Bảng 3, khối lượng rễ bệnh tại thời điểm phân tích mẫu 28 NSKCB ghi nhận có sự khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% giữa các nghiệm thức. Trong đó, nghiệm thức có mật số đồng nhiễm hai tác nhân càng cao thì khối lượng rễ bệnh càng lớn và sự tương tác gây hại nặng hơn so với sự tấn công riêng rẽ của hai mầm bệnh. Các nghiệm thức đồng nhiễm 1, 2, 3 và 4 con tuyến trùng/ g đất với 10<sup>6</sup> bào tử nấm/ g đất thì khối lượng và phần trăm rễ bệnh lần lượt là 36,3 (26,69%), 38,2 (34,73%), 41,1 (40,77%) và 43,6 g rễ (46,28%) và các nghiệm thức chỉ nhiễm 1, 2, 3 và 4 con tuyến trùng/g đất lần lượt là 16,9 (10,59%), 17,9 (12,47%), 21,7 (17,25%) và 29,9 g rễ (25,51%). Hiện diện của tuyến trùng làm gia tăng khối lượng rễ bệnh và nghiên cứu của Agrios (2005) cho rằng tuyến trùng tạo vết thương và là cửa ngõ cho xâm nhiễm của các mầm bệnh thụ động như *Ralstonia solanacearum*, *Fusarium spp.*,...

**3.4. Mối quan hệ giữa cấp độ chỉ số nốt sần rễ, cấp độ héo và cấp độ xâm lấn củ ngậm tại thời điểm phân tích mẫu 28 NSKCB**

Theo Hình 5 thì chỉ số nốt sần rễ phụ thuộc rất lớn vào các yếu tố là khối lượng rễ hình thành và số lượng tuyến trùng ban đầu. Giữa các nghiệm thức đồng chủng hay riêng lẻ đều ghi nhận có sự tấn công của tuyến trùng *M. incognita* và sự hình thành nốt sần ở rễ chuối. Trong đó, nghiệm thức chỉ chủng riêng lẻ 1 con *M. incognita*/g đất kém hiệu quả hơn so với đồng chủng 1 con *M. incognita*/g đất với nấm *F. oxysporum f.sp. cubense* về cấp độ nốt sần rễ. Mặt khác, nấm *F. oxysporum* được chứng minh là gây biến đổi sinh lý của cây ký chủ giúp có lợi cho nó (Knogge, 1996) và những biến đổi này làm suy giảm khả năng tạo nốt sần, khả năng sinh sản của tuyến trùng và khả năng nở của trứng (Ribeiro et al., 2012). Sự suy giảm sinh sản tuyến trùng đó cũng được tìm thấy trong hệ thống bệnh *M. hapla* - *Alfalfa* - *F. oxysporum* (Griffin & Thyr, 1988).

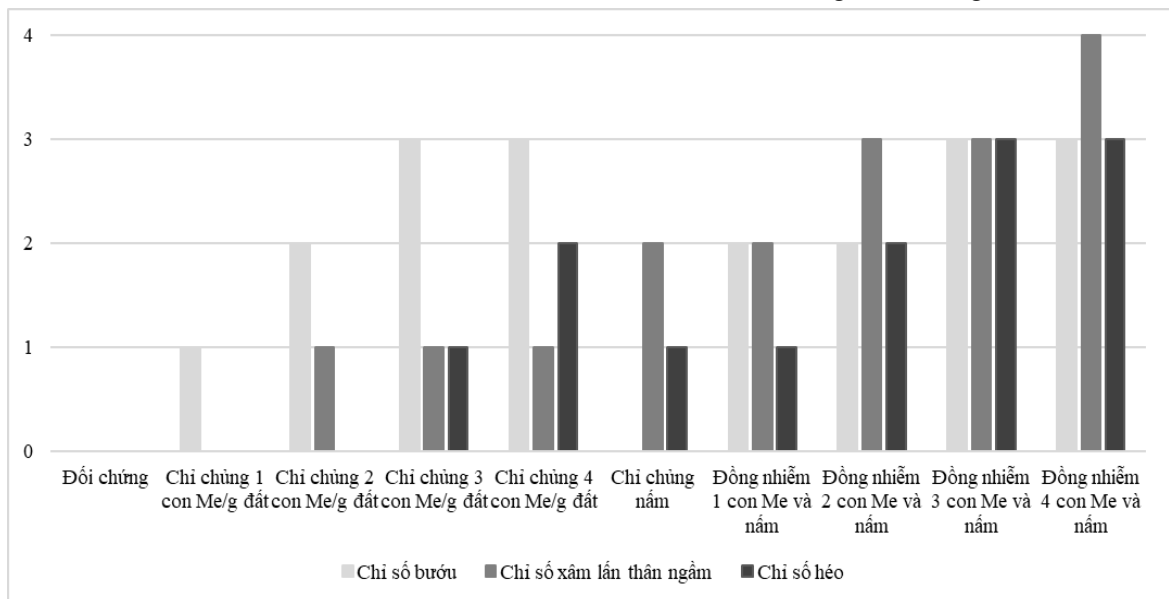
Hình 5 cũng cho thấy, sự xâm lấn của thân ngầm ở các nghiệm thức chủng riêng lẻ tuyến trùng *M. incognita* ở cấp độ 1 chiếm khoảng 5% diện tích bề mặt thân củ, bắt đầu xuất hiện ở nghiệm thức chủng 2 con *M. incognita*/g đất. Vấn đề này là do các sản phẩm tiết của tuyến trùng ảnh hưởng đến hoạt động trao đổi chất của rễ hình thành các tế bào khổng lồ huy động dưỡng chất từ rễ đến chồi chứ không phải do nấm bệnh (Hofmann & Grundler, 2007).

Tuy nhiên, tại các nghiệm thức đồng chủng cho thấy có sự khác biệt giữa các nghiệm thức và mật số tuyến trùng có ảnh hưởng đến biểu hiện chỉ số xâm lấn của thân ngầm. Trong đó, nghiệm thức 1 con *M. incognita*/g đất gây hại tương đương với nghiệm thức chỉ chủng nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* đạt cấp độ xâm lấn thứ 2 tại thời điểm 28 NSKCB. Tiếp đó, nghiệm thức đồng nhiễm 2 và 3 con tuyến trùng với nấm đạt cấp độ 3; 4 con *M. incognita*/g đất với nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense* đạt cấp 4 tại thời điểm 28 NSKCB.

Đối với chỉ số héo, cho thấy ở các nghiệm thức xâm nhiễm riêng lẻ tuyến trùng *M. incognita* bắt đầu xuất hiện triệu chứng héo tại thời điểm 28 NSKCB ở nghiệm thức 3 con/g đất héo cấp 1 và nghiệm thức 4 con/ g đất đạt cấp độ héo 2.

Các nghiệm thức đồng nhiễm biểu hiện bệnh sớm và nặng hơn so với các nghiệm thức riêng lẻ có cùng mật số tuyến trùng. Trong đó, nghiệm thức 1 con tuyến trùng/g đất biểu hiện triệu chứng tại thời điểm 28 NSKCB tương đương với độ héo ở nghiệm thức chỉ chủng  $10^6$  bào tử/g đất và nguyên nhân chính là do sự xâm nhiễm của nấm *F. oxysporum* f.sp. *cubense*. Tại các nghiệm thức đồng nhiễm còn lại sự gia tăng mật số tuyến trùng tuần tự cũng làm gia tăng triệu chứng héo Panama trên cây chuối già Nam Mỹ.

Theo ghi nhận chỉ số héo toàn cây thấp hơn chỉ số xâm lấn tại củ ngầm và rễ, kết quả này đã được Beckmann et al. (1990) kiểm chứng, sự gây hại tại củ ngầm và rễ luôn cao hơn sự biểu hiện triệu chứng bệnh ngoài. Trong suốt quá trình thực hiện thí nghiệm từ tháng 10 đến tháng 11 (thời điểm mưa nhiều và ẩm độ cao tạo điều kiện phát triển tốt cho nấm *Fusarium*, làm gia tăng triệu chứng bệnh héo rũ (Pattison et al., 2014). Tuy nhiên, hoạt động của tuyến trùng trong đất lại bị tác động mạnh (Cabasan et al., 2014). Ngoài ra, theo ghi nhận chỉ số héo toàn cây thấp hơn chỉ số xâm lấn tại thân ngầm và rễ, kết quả này đã được Beckmann et al. (1990) kiểm chứng, sự gây hại tại củ ngầm và rễ luôn cao hơn sự biểu hiện triệu chứng bệnh bên ngoài



Hình 5. Mối quan hệ giữa chỉ số bươm, chỉ số xâm lấn thân ngầm và chỉ số héo trên chuối già Nam Mỹ

#### 4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

##### 4.1. Kết luận

Chủng riêng lẻ hay xâm nhiễm đồng thời hai tác nhân nấm bệnh và tuyến trùng đều ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của cây chuối. Tuy

nhien, xâm nhiễm đồng thời hai tác nhân làm xuất hiện triệu chứng nhanh hơn và bệnh phát triển nặng hơn.

Mật số tuyến trùng trong đất và rễ cao khi tương tác với nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* ảnh



hưởng đến quá trình sinh trưởng, sinh sản của tuyến trùng và làm giới hạn mật số tuyến trùng.

Sự phối hợp tương tác của tuyến trùng và nấm sẽ chuyển sang cạnh tranh khi gặp các bất lợi về mật số cao, điều kiện dinh dưỡng, không gian hay ít nhất là đặc tính ký sinh tác động có lợi cho chính mầm bệnh.

Đồng chủng tuyến trùng *Meloidogyne incognita* ở nghiệm thức 3 hoặc 4 con tuyến trùng/g đất và mật số bào tử nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* 10<sup>6</sup> bào tử/ mL tại thời điểm phân tích mẫu 28 NSKCB, làm cây héo nặng nhất và làm giảm khả năng sinh sản của tuyến trùng ở các vòng đời kế tiếp. Bên cạnh đó, sự biểu hiện triệu chứng héo bên ngoài cây luôn thấp hơn các tác động ảnh hưởng bên trong rễ và củ ngâm cây chuỗi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. Elsevier.
- Andree Vega-Callo, R., Yaquelin Mendoza-Lima, M., Ruth Mamani-Mendoza, N., Sharon Lozada-Villanueva, L., Jose Tamo-Zegarra, J., Gloria Casa-Ruiz, T., & Belle, C. (2020). First report of southern root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, infecting pomegranate, *Punica granatum*, in Peru. *Journal of Nematology*, 52. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-026>
- Arias, P. (2003). The World Banana Economy, 1985-2002 (No. 1). *Food & Agriculture Org.*
- Barker, K. R. (1985). Nematode extraction and bioassays. In: An advanced treatise on *Meloidogyne*, Volume II – Methodology. In Barker, K. R., Carter, C. C., & Sasser, J. N. (Eds). *A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the U. S. Agency for International Development, USA* (pp. 19-32).
- Beckmann, J., Körber, C., Rau, G., Hubel, A., & Cravalho, E. G. (1990). Redefining cooling rate in terms of ice front velocity and thermal gradient: first evidence of relevance to freezing injury of lymphocytes. *Cryobiology*, 27(3), 279-287. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(90\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0011-2240(90)90027-2)
- Burgess, L. W., Knight, T. E., Tesoriero, L., & Phan, H. T. (2009). *Cẩm nang chẩn đoán bệnh cây ở Việt Nam*. ACIAR: Canberra.
- Byrd, J. R. D. W., Kirkpatrick, T., & Barker, K. (1983). An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *Journal of nematology*, 15(1), 142.
- Cabasan, M. T. N., Kumar, A., Bellafiore, S., & De Waele, D. (2014). Histopathology of the rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, on *Oryza sativa* and *O. glaberrima*. *Nematology*, 16(1), 73-81. <https://doi.org/10.1163/15685411-00002746>
- Castella, G., Bragulat, M. R., Rubiales, M. V., & Caba es, F. J. (1997). Development of a selective culture medium for *Fusarium moniliforme*. *MICROBIOLOGIA-MADRID-*, 13, 493-498.
- Eco-Fruits (2020). Vietnam Green Cavendish Banana: Step-by-step dominate the market. <https://eco-fruits.com/vietnam-green-cavendish-banana-step-by-step-dominate-the-market/> (March 4, 2020).
- Eisenback, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J. N., & Triantaphyllou, A. C. (1981). A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) with a pictorial key. *U.S. Agency for International Development* (pp.48).
- Gao, X., Jackson, T. A., Hartman, G. L., & Niblack, T. L. (2006). Interactions between the soybean cyst nematode and *Fusarium solani* f.sp. *glycines* based on greenhouse factorial experiments. *Phytopathology*, 96(12), 1409-1415. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-1409>
- Gowen, S., & Quénéhervé, P. (1990). Nematode Parasites of Bananas, Plantains and Abaca, 431-460. In *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (Eds. M. Luc, R. A. Sikora & Bridge, J.). *CAB International, Wallingford, UK* (pp. 896).
- Griffin, G. D., & Thyr, B. D. (1988). Interaction of *Meloidogyne hapla* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *medicaginis* on alfalfa. *Phytopathology*, 78(4), 421-425. <https://doi.org/10.1094/Phyto-78-421>
- Hartman, K. M., & Sasser, J. N. (1985). Identification of *Meloidogyne* species on the

- basis of differential host test and perineal pattern morphology. In: An advanced treatise on *Meloidogyne*, Volume II. Methodology (Barker, K. R., Carter, C. C., & Sasser, J. N. (editors)). *A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the U.S. Agency for International Development* (pp. 69-78).
- Hofmann, J., & Grundler, F. M. W. (2007). How do nematodes get their sweets? Solute supply to sedentary plant-parasitic nematodes. *Nematology*, 9, 451-458. <https://doi.org/10.1163/156854107781487305>
- Hooper, D. J., Hallmann, J., & Subbotin, S. A. (2005). Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture (2nd edition) (M. Luc, M., Sikora, R. A. and Bridge, J. (editors)). *CAB International*. (pp. 53 - 80). <https://doi.org/10.1079/9780851997278.0053>
- Hunt, D. J., & Handoo, Z. A. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In *Root-knot nematodes* (pp. 55-97). Wallingford UK: CABI.
- Hussey, R. S., & Janssen, G. J. W. (2002). Root-knot nematode: *Meloidogyne* species. In: Starr JL, Cook R, Bridge J, editors. *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. Wallingford, UK: *CAB International* (pp. 43-70). DOI. 10.1079/9780851994666.0043
- INIBAP (2000). International Network for the Improvement of Banana and Plantain (2000) Networking banana and plantain. 64 p. 521.
- Jones, D. R. (2000). *Diseases of banana, Abacá and Enset*. CABI Publishing, Wallingford.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M., & Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14, 946-961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>
- Khan, M. R., Pal, S., Manohar, G. T., Bhattacharyya, S., Singh, A., Sarkar, P., & Lalliansanga, S. (2017). Detection, diagnosis and pathogenic potential of *Meloidogyne incognita* on passion fruit from mizoram, India. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(4). <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.4.1207.1214>
- Knogge, W. (1996). Fungal infection of plants. *The Plant Cell*, 8(10), 1711. <https://doi.org/10.2307/3870224>
- Mak, C., Mohamed, A. A., Liew, K. W., & Ho, Y. W. (2004). Early screening technique for *Fusarium* wilt resistance in banana micropropagated plants. In *Banana improvement: cellular, molecular biology, and induced mutations*. Proceedings of a meeting held in Leuven, Belgium, 24-28 September 2001, (pp. 219-227). Science Publishers, Inc.
- Classic Murashige, C. T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*, 15, 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Châu, N. N., & Thanh, N. V. (2000). *Động vật chí Việt Nam: Tuyển trùng ký sinh thực vật, tập 4*. Việt Nam: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Oka, Y., Ben-Daniel, B., & Cohen, Y. (2012). Nematicidal activity of the leaf powder and extracts of *Myrtus communis* against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Plant pathology*, 61(6), 1012-1020. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02587.x>
- Pattison, A. B., Wright, C. L., Kukulies, T. L., & Molina, A. B. (2014). Ground cover management alters development of *Fusarium* wilt symptoms in Ducasse bananas. *Australasian Plant Pathology*, 43(4), 465-476. <https://doi.org/10.1007/s13313-014-0296-5>
- Pérez-Vicente, L., Dita, M. A., & Martínez-de la Parte, E. (2014). *Prevention and diagnostic of Fusarium wilt (Panama disease) of banana caused by Fusarium oxysporum f. sp. cubense. Tropical race 4 (TR4)*. FAO Rome, Italy (Edn), (pp.74).
- Purwati, R. D., & Harran, S. (2007). *In vitro* selection of abaca for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *HAYATI Journal of Biosciences*, 14(2), 65-70. <https://doi.org/10.4308/hjb.14.2.65>
- Ravichandra, N. G. (2014). *Horticultural nematology*. New Dehli: Springer India. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1841-8>
- Ribeiro, R. C. F., Campos, V., Xavier, A., De Souza L. Rocha, Ribeiro, H. B., Aguiar F. M., Souza R. M., Mizobutsi E. H., & Dias-Arieira, C. R. (2012). Control of *Meloidogyne javanica* and Panama disease with rhizobacteria. *Nematropica*, 42(2), 218-226.
- Rocha, L. D. S., Santana, R. F. D., Soares, A. C. F., & Haddad, F. (2018). Reaction of banana cultivars to the *Meloidogyne javanica* × *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* complex. *Revista Caatinga*, 31, 572-583. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n305rc>
- Sarah, J. L. (2000). *Cultural practices as a way of nematode control of banana*.
- Sasser, J. N. (1980). Root-knot nematodes: a global menace to crop production. *Plant disease*, 64(1), 36-41. <https://doi.org/10.1094/PD-64-36>

- Sharrock, S., & Frison, E. A. (1999). #Musa# production around the world-trends, varieties and regional importance.
- Sikora, R., Coyne, D., & Quénehervé, P. (2018). Nematode parasites of bananas and plantains. In *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (pp. 617-657). Wallingford UK: CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781786391247.0617>
- Singh, Sunil S. K., Barry, CondeC., & Mike, Hodda H. (2012). Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on bitter melon (*Momordica charantia*) near Darwin, Australia. *Australasian Plant Disease Notes* 7, 75-78. <https://doi.org/10.1007/s13314-012-0052-z>
- Speijer, P. R., Gold, C. S., Karamura, E. B., Goossens, B., Elsen, A., & De Waele, D. (2000). Rate of nematode infestation of clean banana planting material (Musa spp. AAA) in Uganda. *Acta Horticulturae*, 461-470. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.540.52>
- Tariq-Khan, M., Munir, A., Mukhtar, T., Hallmann, J., & Heuer, H. (2017). Distribution of root-knot nematode species and their virulence on vegetables in northern temperate agro-ecosystems of the Pakistani-administered territories of Azad Jammu and Kashmir. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124, 201-212. <https://doi.org/10.1007/s41348-016-0045-9>
- Taylor, A. L., & Sasser, J. N. (1978). Biology, identification and control of root-knot nematodes. *North Carolina State University Graphics*, (pp111).
- Taylor, D. P., & Netscher, C. (1974). An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica*, 20(2), 268-269.