Identification of plant-parasitic nematodes present in roots and rhizophere of rice (*Oryza sativa*) in Soc Trang province

Thu N. M. Ngo, Huy G. Nguyen*, Tuan V. Nguyen, & Phen V. Tran
College of Agriculture, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: August 13, 2024
Revised: November 23, 2024
Accepted: November 28, 2024

Keywords

Composition
Identification
Nematodes
Rice roots and rhizosphere
Soc Trang province

***Corresponding author**

Nguyen Gia Huy
Email:
giahuybvtv@gmail.com

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa*) is a crucial staple crop in Vietnam, and plant-parasitic nematodes are of increasing concern due to their negative impacts. This study aimed to identify the nematode species parasitizing rice (Dai Thom 8) in several cultivation areas of Soc Trang province. The results showed that four genera including *Meloidogyne, Hirschmanniella, Tylenchorhynchus*, and *Tylenchus* were detected. Based on morphological characteristics and morphometrics, seven nematode species were identified: *Meloidogyne graminicola, Hirschmanniella diversa, H. mucronata, H. oryzae, Tylenchorhynchus leviterminalis, T. nudus*, and *Tylenchus* sp. Notably, *Hirschmanniella* appeared with high density and was present in 100% of surveyed samples, with higher parasitic density in root samples than in soil samples. *Meloidogyne graminicola* was common but occurred at low density in the flooded rice model, while *Tylenchorhynchus* appeared sporadically, with higher density in roots than in soil. This study indicates that the rice cultivation area in Soc Trang province has low nematode diversity, with *Hirschmanniella* identified as the main harmful nematode in the rhizosphere. These results provide an important scientific basis for developing control measures in future research.

Cited as: Ngo, T. N. M., Nguyen, H. G., Nguyen, T. V., & Tran, P. V. (2025). Identification of plant-parasitic nematodes present in roots and rhizophere of rice (*Oryza sativa*) in Soc Trang province. *The Journal of Agriculture and Development* 24(4), 22-39.

Định danh thành phần tuyến trùng ký sinh thực vật hiện diện tại rễ và vùng đất quanh rễ cây lúa (*Oryza sativa*) tại tỉnh Sóc Trăng

Ngô Nguyễn Minh Thư, Nguyễn Gia Huy*, Nguyễn Văn Tuấn & Trần Vũ Phến
Trường Nông Nghiệp, Đại Học Cần Thơ, Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 13/08/2024
Ngày chỉnh sửa: 23/11/2024
Ngày chấp nhận: 28/11/2024

Từ khóa

Định danh
Rễ và vùng rễ lúa
Thành phần
Tỉnh Sóc Trăng
Tuyến trùng

***Tác giả liên hệ**

Nguyễn Gia Huy
Email:
giahuybvtv@gmail.com

TÓM TẮT

Cây lúa (*Oryza sativa*) là cây lương thực quan trọng hàng đầu tại Việt Nam, những nghiên cứu gần đây cho thấy tuyến trùng ký sinh thực vật ngày càng được quan tâm do tác động tiêu cực mà chúng gây ra. Nghiên cứu này nhằm xác định các loài tuyến trùng ký sinh trên cây lúa (Đài Thơm 8) tại một số khu vực canh tác ở tỉnh Sóc Trăng. Kết quả đã xác định được 4 giống bao gồm *Meloidogyne*, *Hirschmanniella, Tylenchorhynchus* và *Tylenchus.* Dựa vào đặc điểm và các chỉ số hình thái đã định danh được 7 loài tuyến trùng gồm: *Meloidogyne graminicola, Hirschmanniella diversa, H. mucronata, H. oryzae*, *Tylenchorhynchus leviterminalis, T. nudus* và *Tylenchus* sp. Đáng chú ý, giống *Hirschmanniella* xuất hiện với mật độ cao và hiện diện 100% trong tất cả các mẫu khảo sát, mật độ ký sinh trong rễ cao hơn trong đất; loài *Meloidogyne graminicola* phổ biến nhưng ghi nhận mật số thấp trên mô hình lúa ngập nước; loài *Tylenchorhynchus leviterminalis* chỉ xuất hiện với mật độ rải rác và mật độ trong rễ cao hơn trong đất. Vùng canh tác lúa tại tỉnh Sóc Trăng có sự đa dạng thấp về thành phần tuyến trùng và *Hirschmanniella* là tuyến trùng gây hại chính trong vùng đất quanh rễ lúa. Kết quả này là cơ sở khoa học để xây dựng các biện pháp phòng trừ tuyến trùng ký sinh trên lúa trong các nghiên cứu tiếp theo.

1. Đặt Vấn Đề

Cây lúa (*Oryza sativa*) là cây lương thực thiết yếu đối với phần lớn dân số toàn cầu chiếm 30% sản lượng ngũ cốc trên thế giới (Shrestha & ctv., 2007), đặc biệt là ở châu Á. Tại Việt Nam, đến năm 2022 thì khối lượng xuất khẩu gạo đạt 7,11 triệu tấn và đạt 3,45 tỷ USD (AGROINFO, 2022). Tuy nhiên, tuyến trùng ký sinh thực vật đóng một vai trò quan trọng, tạo ra những hạn chế lớn trong sản xuất cây trồng thành công và gây thiệt hại năng suất lúa lên đến 90% và các loài gây hại trên lúa bao gồm *Ditylenchus angustus, Aphelenchoides besseyi, Hirschmanniella* spp., *Heterodera oryzicola* và *Meloidogyne graminicola* (Jain & ctv., 2012). Các loài tuyến trùng gặp phải chủ yếu phụ thuộc vào hệ thống canh tác lúa như loài *Hirschmanniella oryzae* thích nghi với điều kiện ngập nước, trong khi tuyến trùng sưng rễ *Meloidogyne* spp. (RKN) phổ biến ở các cánh đồng lúa cạn và được tưới tiêu (Fortuner & Merny, 1979). Cây lúa khi bị tấn công bởi *M. graminicola* có biểu hiện còi cọc và vàng lá do các vết phồng hoặc sưng đặc trưng ở đầu rễ, cuối cùng dẫn đến giảm sinh trưởng và năng suất nghiêm trọng (Jain & ctv., 2012). Trong khi đó, cây lúa bị nhiễm *Hirschmanniella* có biểu hiện còi cọc và giảm khả năng đẻ nhánh tới 60% dẫn đến thiệt hại 25% năng suất (Hollis & Keoboonrueng, 1984; Bridge & ctv., 2005). Tại Việt Nam, nhiều báo cáo đã ghi nhận sự hiện diện của các loài tuyến trùng ký sinh trên cây lúa, trong điều kiện ngập nước sâu, các loài như *Hirschmanniella mucronata*, *H. oryzae*, *Meloidogyne graminicola*, và *Tylenchorhynchus annulatus* trở nên phổ biến hơn (Cuc & Prot, 1992). Đặc biệt, các yếu tố như lựa chọn luân canh không hợp lý, việc sử dụng giống lúa nhạy cảm và phương pháp gieo sạ trực tiếp đã làm gia tăng mức độ gây hại của tuyến trùng trên các cánh đồng khảo sát (Nguyen & ctv., 2020a), đặc biệt sự kết hợp giữa thay đổi điều kiện khí hậu và môi trường, cường độ sản xuất lúa cao với ba vụ mỗi năm ở một số khu vực, cùng với sự đa dạng giống lúa mà nông dân Việt Nam sử dụng, có thể tạo ra điều kiện thuận lợi cho sự hiện diện và phát triển tính đa dạng di truyền cao (Bellafiore & ctv., 2015). Ví dụ điển hình là việc độc canh kéo dài đã dẫn đến sự gia tăng tích lũy mật độ tuyến trùng, với mật độ quần thể của *Hirschmanniella* spp. trong các cánh đồng lúa hai vụ cao gấp đôi so với các cánh đồng lúa một vụ (Khuong, 1987). Mặt khác, các nghiên cứu về thành phần tuyến trùng ký sinh thực vật trên cây lúa ở đồng bằng sông Cửu Long trong thời gian gần đây ít được thực hiện, dẫn đến thiếu hụt cơ sở dữ liệu khoa học cần thiết để hỗ trợ các mục tiêu phòng trừ tuyến trùng một cách hiệu quả. Đặc biệt là tỉnh Sóc Trăng nơi canh tác của nhiều giống lúa ngon và nổi tiếng thế giới như Đài Thơm 8, ST24, ST25... thì sự gây hại của tuyến trùng càng quan trọng hơn do sự tấn công của chúng ảnh hưởng đến năng suất của cây lúa cao sản càng rõ rệt, đặc biệt là gia tăng thâm canh lúa (Khuong, 1987; Nguyen & ctv., 2020b). Từ những vấn đề trên, nghiên cứu này đã xác định các giống/loài tuyến trùng ký sinh quan trọng trên cây lúa làm cơ sở khoa học trong xây dựng biện pháp phòng trừ.

2. Đối Tượng và Phương Pháp

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Tuyến trùng ký sinh thực vật trên rễ và vùng đất quanh rễ cây lúa tại tỉnh Sóc Trăng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Cách thu mẫu: Mẫu được lấy ngẫu nhiên theo đường zich-zắc và được trộn đều tách riêng phần đất và rễ. Sau đó, mẫu được bảo quản trong thùng xốp và đem về phòng thí nghiệm với 40 mẫu đất và 40 mẫu rễ tại tỉnh Sóc Trăng theo Hình 1.

Hình 1. Bản đồ các vị trí thu mẫu tại tỉnh Sóc Trăng.

Phương pháp tách lọc mẫu đất và rễ: Mẫu đất được trộn đều và định lượng 250 cm^3 được tách lọc theo phương pháp lọc tĩnh; mẫu rễ được định lượng 5 g (Chau, 2003).

Phương pháp cố định mẫu: Tuyến trùng sau khi cố định trong nước ấm nhiệt độ khoảng 60°C trong 30 giây, rồi chuyển sang dung dịch TAF (Southey, 1986) để cố định trong 4 - 5 ngày. Sau đó, tuyến trùng được cố định trong dung dịch FA (4:1) nóng theo Seinhorst (1966). Các mẫu được xử lý với glycerol tinh khiết và được gắn lên các lame dựa theo phương pháp của Hooper (1986) với những điều chỉnh cần thiết. Mẫu được quan sát ở vật kính 10X, 40X và 100X trên kính hiển vi (Nikon E100, Nhật Bản).

Tính toán các chỉ số sinh thái học quần thể tuyến trùng mật số trung bình (MSTB), tần suất tuyệt đối (absolute frequency - AF), tần suất tương đối (relative frequency - RF), chỉ số giá trị ưu thế (prominence value - PV) theo Norton (1978).

Định danh đến loài dựa trên các chỉ số hình thái định tính, định lượng và các khóa phân loại đến loài của các giống có liên quan dựa vào khóa phân loại của Chau & Thanh (2000) và Siddiqi (2000) kết hợp với các công thức về chỉ số hình thái lượng.

2.3. Phân tích số liệu

Các chỉ số về hình thái và mật số tuyến trùng được tổng hợp và xử lý trên phần mềm Microsoft Excel 2016. Giá trị mật số trung bình và chỉ số hình thái được biểu diễn dưới dạng trung bình ± sai số chuẩn (min - max). Mật số tuyến trùng được kiểm định Shapiro-Wilk về normal distribution và so sánh sự khác biệt qua kiểm định Kruskal-Wallis được thực hiện trên phần mềm SPSS version 22.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm sinh học thành phần tuyến trùng ký sinh thực vật trên cây lúa

Kết quả khảo sát thành phần tuyến trùng ký sinh thực vật trên giống lúa Đài Thơm 8 tại 4 khu vực thành phố Sóc Trăng và các huyện Ngã Năm, Kế Sách và Trần Đề. Bảng 1 cho thấy trong mẫu đất ghi nhận 4 giống tuyến trùng bao gồm *Meloidogyne, Hirschmanniella, Tylenchorhynchus* và *Tylenchus*. Về mật số trung bình thể hiện giống *Hirschmanniella* hiện diện với mật số cao đạt 262 ± 66 cá thể/250 cm^3 đất, rất khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1% so với các giống còn lại và mật số ghi nhận cao nhất là 1520 cá thể/250 cm^3 đất. Bên cạnh đó, tần suất xuất hiện (AF), tần suất tương đối (RF) và chỉ số ưu thế (PV) là 100%, 33,9% và 262,4 và cao nhất so với các giống tuyến trùng khác. Tuyến trùng *Meloidogyne* hiện diện mật số thấp hơn so với *Hirschmanniella* chỉ đạt 9 ± 2 cá thể/250 cm^3 đất nhưng AF lại đạt 87,5% cho thấy sự hiện diện phổ biến trong mẫu đất nhưng lại hiện diện với mật số không cao trong đất ngập nước. Tuy nhiên, nhiều ghi nhận cho thấy chúng được xem là một trong

các nhóm tuyến trùng ký sinh đe dọa đến nền nông nghiệp lúa nước tại châu Á (De Waele & Elsen, 2007) thích nghi tốt trong điều kiện ngập nước nhưng sự tấn công của chúng không ảnh hưởng sinh trưởng và năng suất của cây lúa (Tandingan & ctv., 1996; Mantelin & ctv., 2017). Các giống tuyến trùng khác có mật số thấp hơn đáng kể và AF, RF, PV cũng thấp hơn so với *Hirschmanniella*, cho thấy sự ảnh hưởng không lớn của chúng trong mẫu đất.

Bảng 1. Đặc điểm sinh học thành phần tuyến trùng ký sinh cây lúa tại mẫu đất (cá thể/250 cm^3)

Tuyến trùng	Trung bình ± sai số	Min - max	AF (%)	RF (%)	PV
Meloidogyne	9^b ± 2	0 - 40	87,50	29,66	8,23
Hirschmanniella	262^a ± 66	14 - 1.520	100	33,90	262,40
Tylenchorhynchus	2^b ± 1	0 - 17	47,50	16,10	1,41
Tylenchus	1^b ± 1	0 - 11	30,00	10,17	0,77
Mức ý nghĩa	**				

*Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột theo sau bởi chữ cái khác nhau thì khác biệt ý nghĩa thống kê. **: Khác biệt ý nghĩa 1%. Min - max: Nhỏ nhất - lớn nhất, AF (%): Tần suất xuất hiện, RF (%): Tần suất tương đối; PV: Chỉ số ưu thế.*

Bảng 2 cho thấy trong mẫu rễ, có ba giống tuyến trùng đã được ghi nhận: *Meloidogyne, Hirschmanniella* và *Tylenchorhynchus*. *Hirschmanniella* với mật số trung bình cao nhất là 516 ± 73 cá thể/5 g rễ và mật số cao nhất ghi nhận là 1651 cá thể/5 g rễ. Loài này có tần suất xuất hiện (AF) và chỉ số ưu thế (PV) lần lượt là 100% và 516,25, cho thấy sự chiếm ưu thế tuyệt đối trong quần xã tuyến trùng ký sinh trên mẫu rễ. Các giống tuyến trùng khác như *Meloidogyne* và *Tylenchorhynchus* hiện diện với mật số thấp và không chiếm vị trí ưu thế như *Hirschmanniella*. Điều này cho thấy sự phân bố và ưu thế khác nhau của các loài tuyến trùng trong môi trường mẫu rễ. Qua đó, *Hirschmanniella* là tuyến trùng chiếm ưu thế cao nhất và có sự hiện diện rộng rãi nhất trong mẫu rễ, trong khi các giống khác có mật số thấp hơn và không phổ biến trong mẫu này.

Bảng 2. Đặc điểm sinh học thành phần tuyến trùng ký sinh cây lúa tại mẫu rễ (cá thể/5 g)

Tuyến trùng	Trung bình ± sai số	Min - max	AF (%)	RF (%)	PV
Meloidogyne	12^b ± 2	0 - 44	87,50	36,46	10,87
Hirschmanniella	516^a ± 73	25 - 1.651	100	41,67	516,25
Tylenchorhynchus	6^b ± 2	0 - 36	35	14,58	3,48
Mức ý nghĩa	**				

*Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột theo sau bởi chữ cái khác nhau thì khác biệt ý nghĩa thống kê. **: Khác biệt ý nghĩa 1%. Min - max: Nhỏ nhất - lớn nhất, AF (%): Tần suất xuất hiện, RF (%): Tần suất tương đối; PV: Chỉ số ưu thế.*

Nhìn chung, *Hirschmanniella* là giống tuyến trùng phổ biến nhất và ưu thế trong cả mẫu đất và mẫu rễ. Mẫu rễ mật số tuyến trùng *Hirschmanniella* cao hơn so với mẫu đất, cho thấy nơi này là môi trường phát triển phù hợp do đặc điểm nội ký sinh của chúng. Sự phân bố và ưu thế khác nhau của *Hirschmanniella* trong cả mẫu đất và mẫu rễ có thể phản ánh sự ưu thế của giống tuyến trùng này trong khu vực nghiên cứu, có thể ảnh hưởng đáng kể đến sinh thái của cây trồng, đặc biệt là trong điều kiện ngập nước phổ biến nhất ở đất ẩm như trên ruộng lúa (Luc, 1987; Bridge & ctv., 2005). Kết quả này tương đồng với những phát hiện từ nghiên cứu tại các vùng trồng lúa ở tỉnh Pathum Thani, Thái Lan, khi cho thấy *Hirschmanniella* chiếm ưu thế trong cả mẫu đất và rễ lúa so với các loài tuyến trùng ký sinh thực vật (PPNs) khác; đồng thời, mật độ quần thể *Hirschmanniella* được ghi nhận cao hơn trong rễ lúa so với trong đất (Beesa & ctv., 2021a), sự thích nghi trong rễ giúp chúng sống sót tốt hơn (Fortuner & Merny, 1979). Đặc biệt, *Hirschmanniella* spp. liên quan đến việc giảm năng suất lúa trong hệ thống lúa độc canh và sự hiện diện của chúng cũng trở nên ít phổ biến và mật số thấp hơn ở các loại cây trồng cạn so với lúa nước, điều này gợi ý về luân canh đa dạng cây trồng với cây lúa thúc đẩy cải tạo tính chất đất và làm tăng sự đa dạng sinh học trong môi trường đất canh tác (Nguyen & ctv., 2020b; Nguyen & ctv., 2020c).

3.2. Đặc điểm hình thái các loài tuyến trùng ký sinh ghi nhận trên cây lúa

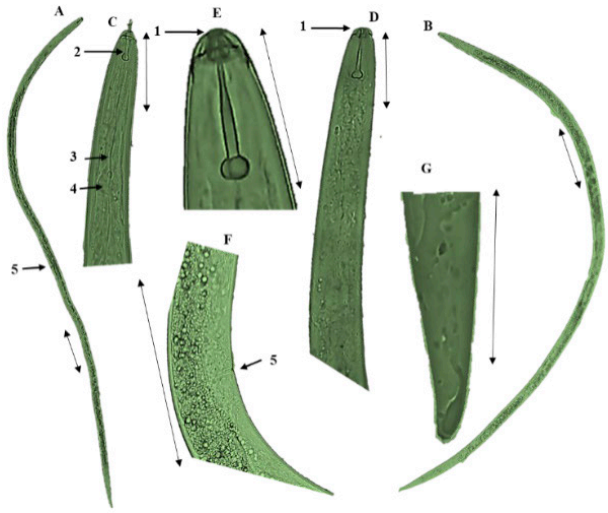
Qua khảo sát các mẫu rễ và vùng đất quanh rễ cây lúa đã định danh được 7 loài bao gồm *Hirschmanniella diversa, H. mucronata, H. oryzae, Meloidogyne graminicola, Tylenchorhynchus leviterminalis, T. nudus* và *Tylenchus* sp. (Bảng 3). Hầu hết các loài này đều ghi nhận trong các nghiên cứu trước đó trên cây lúa (Chau & Thanh, 2000), điều này cho thấy mức độ tương đồng cao về thành phần tuyến trùng hiện diện cây lúa. Tuy nhiên, đối với loài *Tylenchus* sp. do nhiều tài liệu cho thấy chúng là loài ngoại ký sinh, mặc dù kim nhỏ của chúng có khả năng dinh dưỡng từ rễ lông hút, sợi nấm, tảo và rong (Yeates & ctv., 1993). Do vai trò ký sinh thực vật của *Tylenchus* spp. chưa rõ ràng, nên giống này không được coi là quan trọng đối với cây trồng nói chung (Chau & Thanh, 2000).

Bảng 3. Thành phần tuyến trùng ký sinh cây lúa tại tỉnh Sóc Trăng

Họ	Giống	Loài	Đặc điểm ký sinh
Pratylenchidae	*Hirschmanniella*	*H. diversa*	Nội ký sinh di động
		H. mucronata	
		H. oryzae	
Meloidogynidae	*Meloidogyne*	*M. graminicola*	Nội ký sinh cố định
Telotylenchidae	*Tylenchorhynchus*	*T. leviterminalis*	Bán nội ký sinh hoặc ngoại ký sinh
		Tylenchorhynchus nudus	
Tylenchidae	*Tylenchus*	*Tylenchus* sp.	Ngoại ký sinh

3.2.1. *Hirschmanniella diversa*

Đặc điểm hình thái của *H. diversa* dựa theo khóa phân loại của Chau & Thanh (2000) kết hợp với so sánh với chỉ số đo của Sher (1968), Eroshenko & ctv. (1985).



Hình 2. Hình thái của *Hirschmanniella diversa:* A, B. Cơ thể con cái; C, D: Vùng đầu, E: Vùng môi, F. Hệ sinh dục, G. Vùng đuôi (1. Vùng môi; 2. Kim hút, 3. Ống bài tiết, 4. Diều giữa, 5. Âm hộ); Scale: A, B: 100 µm; C - F: 50 µm; G: 25 µm.

Con cái sau khi cố định nhiệt cơ thể thường hay cong, cơ thể có kích thước tương đối lớn 2,34 ± 0,29 (1,98 - 2,63) mm, vùng môi dạng hình bán cầu có 4 - 6 vòng cutin, kim to khỏe, đế kim tròn, cạnh trước hơi vát về phía sau; diều giữa hình oval, lỗ bài tiết thường nằm gần ngang van ruột thực quản. Túi chứa tinh dạng oval; gần vùng đuôi ít areolation; đuôi hình chóp, không phân đốt một đoạn 4 - 6 vòng cutin (Hình 2). Con đực không tìm thấy trong mẫu khảo sát. Mặc dù, các nghiên cứu tại Nhật Bản chỉ ra rằng loài này gây hại quan trọng nhất đối với việc trồng sen và sự tồn tại của chúng trên các khu vực trồng sen trên nền đất lúa (Takagi & ctv., 2019; Takagi & ctv., 2022), điều này củng cố giả thiết về sự hiện diện của chúng trên đất lúa.

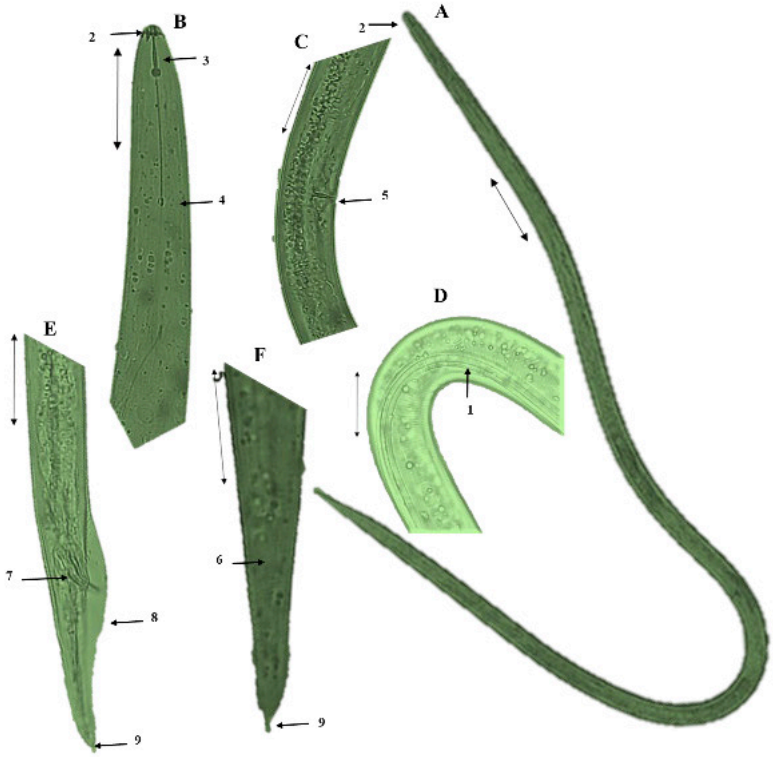
Bảng 4. Số đo hình thái của quần thể loài *Hirschmanniella diversa*

Chỉ tiêu	Mẫu nghiên cứu	Sher (1968)	Eroshenko & ctv. (1985)
Số mẫu (n)	5 ♀♀	20 ♀♀	10 ♀♀
L (mm)	2,34 ± 0,29 (1,98 - 2,63)	2,40 (1,87 - 2,85)	1,9 - 2,1
a	70,74 ± 9,19 (58 - 83,4)	65 (54 - 75)	58 - 64
b	17 ± 2,1 (13,8 - 19,1)	17,8 (13 - 20)	13 - 15
b’	7,34 ± 0,4 (6,8 - 7,9)	-	6 - 7,4
c	16,46 ± 1,4 (14,6 - 18,2)	18,7 (15 - 20)	14 - 16
c’	6,22 ± 0,95 (4,9 - 7,3)	5,3 (4,8 - 6,2)	5,2 - 6,6
Stylet (µm)	23,94 ± 1,35 (22 - 25,6)	24 (23 - 25)	24
V (%)	50,00 ± 1,33 (48 - 51,2)	49 (45 - 51)	47 - 51

3.2.2. *Hirschmanniella mucronata*

Loài *H. mucronata* với các đặc điểm về hình thái học dựa theo mô tả của Chau & Thanh (2000) và khóa phân loại chuyên biệt các loài thuộc giống *Hirschmanniella* theo các khóa định danh của Sher (1968); chỉ số hình thái lượng được so sánh với các nghiên cứu của Beesa & ctv. (2021a; 2021b) tại Campuchia và Thái Lan.

Con cái: Vùng đầu có vỏ cứng mạnh, môi hình bán cầu với 4 - 6 vòng cutin hơi lệch, và vùng bên hình ô vuông (areolation) phía sau cơ thể, vùng bên có 4 đường với cấu trúc chạy dọc cơ thể nhưng mờ và không hoàn chỉnh, kể cả vùng đuôi, mặc dù các đặc điểm phân loại của Khun & ctv. (2015). Kim hút ngắn, chắc và khỏe, đế kim tròn và cạnh trước hơi vát về phía sau. Đuôi hình chóp, phân đốt đến mút đuôi và có 1 mucro hướng về phía bụng. Hệ sinh dục kép đối xứng qua vulva, thực quản tuyến có hai thùy che ruột về phía bụng. Noãn bào xếp thành dãy trong buồng trứng, túi chứa tinh hình oval. Con đực thì tương tự con cái nhưng tinh hoàn dạng đơn ngắn hơn ống sinh tinh. Cánh màng đuôi phát triển hẹp và che phủ theo dạng leptoderal. Gai sinh dục dài khoảng 29,52 ± 3,02 (26 - 34) µm (Hình 3). Mặc dù (Bảng 5), kích thước con cái tại Việt Nam (1.986 ± 119 µm) tương tự với mẫu phân tích tại Campuchia (2.023 ± 140 µm) thì các cá thể đực (2.020 ± 210 µm) to hơn cả hai mẫu nghiên cứu tại Thái Lan và Campuchia (Beesa & ctv., 2021a; Beesa & ctv., 2021b). Mucro con cái trong mẫu tại Sóc Trăng rõ ràng và dễ nhận diện hơn so với mẫu Campuchia, con đực cánh màng đuôi phủ rộng và dài hơn, trong khi cloaca ít nhô ra.



Hình 3. Hình thái của *Hirschmanniella mucronata*: A. Hình thái con cái, B. Vùng đầu, C. Hệ sinh dục con cái, D. Vùng bên, E. Vùng đuôi con đực, F. Vùng đuôi con cái (1. Đường bên, 2. Vùng môi, 3. Kim hút, 4. Diều giữa, 5. Âm hộ, 6. Areolation, 7. Gai sinh dục, 8. Cánh màng, 9. Mucro). Scale: A - D: 100 µm; B - F: 50 µm.

Bảng 5. Số đo hình thái của quần thể loài *Hirschmanniella mucronata*

Chỉ tiêu	Mẫu nghiên cứu		Beesa & ctv. (2021a)		Beesa & ctv. (2021b)	
Số mẫu (n)	5 ♀♀	5 ♂♂	21 ♀♀	30 ♂♂	24 ♀♀	24 ♂♂
L (µm)	1986 ± 119 (1.850 – 2.130)	2020 ± 210 (1.810 – 2.340)	1734 ± 186 (1.421 - 2.109)	1775 ± 188 (1,260 - 2,160)	2,023 ± 140 (1.780 - 2.330)	1,864 ± 131 (1.640 - 2.220)
a	55,04 ± 2,25 (51,39 - 56,9)	48,38 ± 8,34 (38,11 - 57,3)	59 ± 7,6 (45 - 81)	58 ± 5,2 (47 - 67)	63,7 ± 4,2 (55,8 - 72,8)	63,8 ± 6 (52,4 - 75,5)
b	12,62 ± 1,58 (10,62 - 14,8)	13,00 ± 2,47 (9,09 - 15,7)	13,9 ± 1,7 (11,0 - 16,7)	14,0 ± 1,1 (12 - 16)	16 ± 1,2 (14 - 19)	14,5 ± 1,4 (12,4 - 18,5)
b’	5,41 ± 0,67 (4,6 - 6,3)	4,96 ± 0,24 (4,73-5,3)	5,8 ± 0,7 (4,5 - 7,0)	5,9 ± 0,7 (4,4 - 7,4)	6,1 ± 1,1 (4,8 - 8,7)	5,5 ± 0,6 (4,2 - 7,0)
c	19,41 ± 1,11 (17,88 - 20,55)	20,06 ± 2,09 (17,04 - 22,8)	21,0 ± 2,2 (17 - 25)	22 ± 2,7 (16 - 28)	23,6 ± 3 (18 - 30)	22,3 ± 2,3 (17,5 - 26,7)
c’	4,42 ± 0,80 (3,43 - 5,46)	4,22 ± 0,68 (3,33 - 5,00)	4,4 ± 0,4 (3,5 - 5,1)	3,7 ± 0,4 (2,8 - 5,0)	4 ± 0,4 (3,1 - 4,6)	4,5 ± 0,6 (3,6 - 6,0)
Stylet (µm)	25,76 ± 3,23 (21,5 - 30)	25,12 ± 1,7 (22,5 - 27)	23 ± 1,2 (21 - 26)	22,2 ± 0,6 (21 - 23)	25,8 ± 1,1 (24 - 27)	25,7 ± 1,1 (24 - 27)
V (%)	-	57,9 ± 4,2 (53,48 - 62,70)	-	52 ± 2,3 (49 - 59)	53 ± 1,7 (49,2 - 57,3)	-
Spicule (µm)	29,52 ± 3,02 (26 - 34)	-	34 ± 1,6 (31 - 37)	-	-	31,9 ± 1,9 (29 - 36)

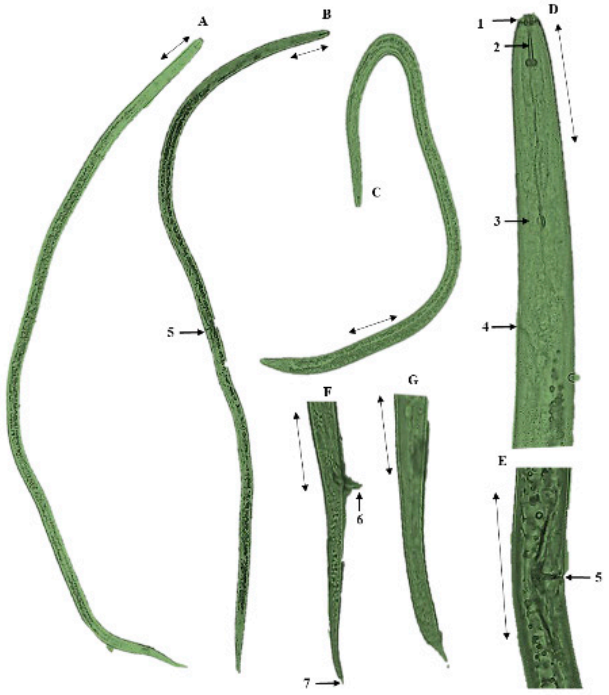
3.2.3. *Hirschmanniella oryzae*

Loài *H. oryzae* với các đặc điểm về hình thái học dựa theo mô tả của Chau & Thanh (2000) vàchỉ số hình thái lượng tương đồng được so sánh với các nghiên cứu của Sher (1968) và Eroshenko & ctv. (1985) của chúng cao được mô tả như sau:

Con cái: Khi cố định, thân hình thường có xu hướng cong. Vùng đầu có vỏ cứng mạnh, môi bằng phẳng với từ 3 - 4 vòng cutin. Vùng bên có 4 đường nhưng không có cấu trúc areolation. Kim hút ngắn, nhỏ nhưng rất khỏe, với núm gốc của stylet tròn. Diều giữa có hình oval. Thực quản tuyến che ruột về phía bụng. Lỗ bài tiết nằm ngang với van thực quản - ruột. Hệ sinh sản kiểu đối xứng nhau theo dạng didelphic - amphidelphic. Noãn bào xếp thành một dãy trong buồng trứng, túi chứa tinh hình oval và đầy tinh trùng. Đuôi hình chóp, có mucro ở tận cùng đuôi hướng về phía bụng (Hình 4).

Con đực: Tương tự con cái nhưng có những đặc điểm riêng như tinh hoàn dạng đơn và ngắn hơn ống sinh tinh. Cánh màng đuôi phát triển không rộng và che phủ theo dạng leptoderal.

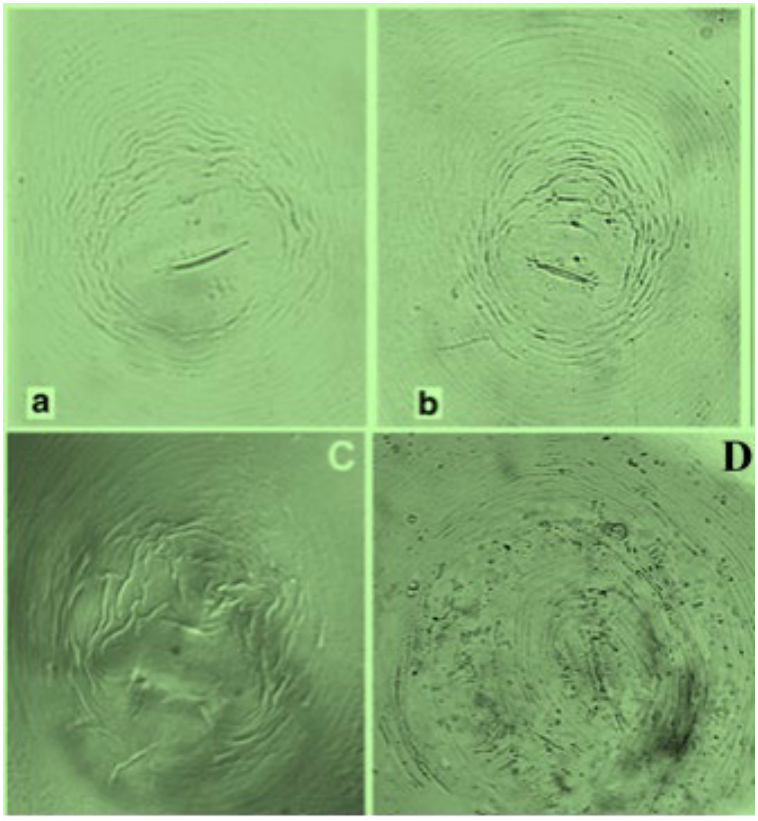
Hầu hết các bằng chứng cho thấy *H. mucronata* và *H. oryzae* được tìm thấy phổ biến tại Philippines và Trung Quốc (Chen & ctv., 2006; Pascual & ctv., 2014). Đặc biệt, *H. oryzae* được đánh giá là nguyên nhân gây ra hiện tượng đổi màu, suy giảm và thối rữa rễ lúa, dẫn đến sự ngừng phát triển và giảm 60% số nhánh lúa (Beesa & ctv., 2021b).



Hình 4. Hình thái của *Hirschmanniella oryzae*: A. Con cái; B. Con đực; C. Ấu trùng; D. Vùng đầu; E. Hệ sinh dục con cái; F. Vùng đuôi con đực; G. Vùng đuôi con cái (1. Vùng môi; 2. Kim hút, 3. Diều giữa, 4. Lỗ bài tiết, 5. Âm hộ, 6. Gai sinh dục, 7. Mucro). Scale: A - D: 100 µm; E - G: 50 µm.

Bảng 6. Số đo hình thái của quần thể loài *Hirschmanniella oryzae*

Chỉ tiêu	Mẫu nghiên cứu		Sher (1968)		Eroshenko & ctv. (1985)	
Số mẫu (n)	5 ♀♀	5 ♂♂	17 ♀♀	10 ♂♂	10 ♀♀	10 ♂♂
L (mm)	1,46 ± 0,08 (1,33 - 1,54)	1,45 ± 0,06 (1,28 - 1,65)	1,44 (1,14 - 1,63)	1,17 (1,01 - 1,40)	1,25 - 1,68	1,30 - 1,60
a	61,43 ± 3,84 (57,04 - 65,4)	53,63 ± 5,48 (47,66 - 60,72)	60 (50 - 67)	59 (52 - 61)	47 - 62	52 - 61
b	9,58 ± 0,84 (8,53 - 10,85)	9,91 ± 1,26 (8,25 - 11,65)	10,7 (8,8 - 12,1)	10,0 (9,1 - 11,3)	8 - 11	8 - 10
b’	4,7 ± 0,44 (4,03 - 5,14)	4,63 ± 0,28 (4,20 - 4,95)	-	-	4,2 - 5,4	4,1 - 4,9
c	18,36 ± 2,62 (14,78 - 21,85)	18,08 ± 1,93 (15,71 - 20,45)	17 (15 - 19)	17 (16 - 18)	15 - 17	16 - 18
c’	4,17 ± 0,50 (3,5 - 4,65)	3,99 ± 0,42 (3,50 - 4,60)	4,6 (4,3 - 5,5)	4,9 (4,1 - 5,4)	3,2 - 4,1	3,9 - 4,2
Stylet (µm)	17,89 ± 1,39 (16 - 19,8)	17,39 ± 0,33 (16,90 - 17,80)	17 (16 - 19)	17 (16 - 18)	17 - 18	16 - 18
V (%)	53,83 ± 2,24 (50,97 - 56,39)	-	52 (50 - 55)	-	51 - 54	-
Spicule (µm)	-	20,42 ± 1,06 (19 - 21,5)	-	23 (18 - 26)	-	20 - 21



Hình 5. Vân sinh môn *Meloidogyne graminicola.*
A, B: Bellé & ctv. (2019); C: Khan & Ahamad (2020); D: mẫu nghiên cứu.

3.2.4. *Meloidogyne graminicola*

Loài *M. graminicola* với các đặc điểm về hình thái học dựa theo mô tả của Chau & Thanh (2000), Perry & ctv. (2009):

Ấu trùng tuổi J2: Cơ thể hình trụ, vòng cutin phân đốt mảnh. Vùng bên với 3 đường và vùng đầu không phân biệt với đường viền cơ thể; vùng môi chitin hóa yếu với 3 vòng cutin tính từ đầu. Kim hút mảnh với đế kim tròn. Vị trí của lỗ bài tiết nằm ngang hoặc ở sau so với vòng thần kinh. Diều giữa hình tròn với van bên trong tâm rất phát triển. Cuối đuôi mút đuôi tròn. Con cái đặc điểm cơ thể hình tròn với cổ ngắn, vỏ cutin trắng đục và phân đốt, môi dẹp và nhẵn. Vân sinh môn được so sánh và đồng nhất với mô tả của Bellé & ctv. (2019), Khan & Ahamad (2020) như sau vân sinh môn dạng oval, tạo thành các vân tròn, vòm lưng với các đường thô, mấu đuôi thô và vùng đuôi có nhiều đường không thành hàng, vùng bên mờ hoặc không có (Hình 5). Con đực thì chưa tìm thấy trong nghiên cứu này. Loài này được xem là nguyên nhân chính gây mất năng suất đáng kể ở tất cả các hệ sinh thái nông nghiệp trồng lúa ở châu Á (Bellafiore & ctv., 2015), vòng đời của chúng phụ thuộc rất lớn vào giống kháng và giống nhạy cảm dao động từ 21 - 28 ngày (Nguyen & ctv., 2021). Đặc biệt, trong mô hình ngập khô xen kẽ thì sự hiện diện của chúng trở nên phổ biến hơn (Win & ctv., 2013). Đặc biệt sự lưu tồn trên cây cỏ gấu (*Cyperus rotundus*) và cỏ lồng vực (*Echinochloa crus-galli*), dẫn đến sự hiện diện của chúng cần được kiểm soát nguồn nước, giống kháng và cây ký chủ trung gian (Netscher & Erlan, 1993).

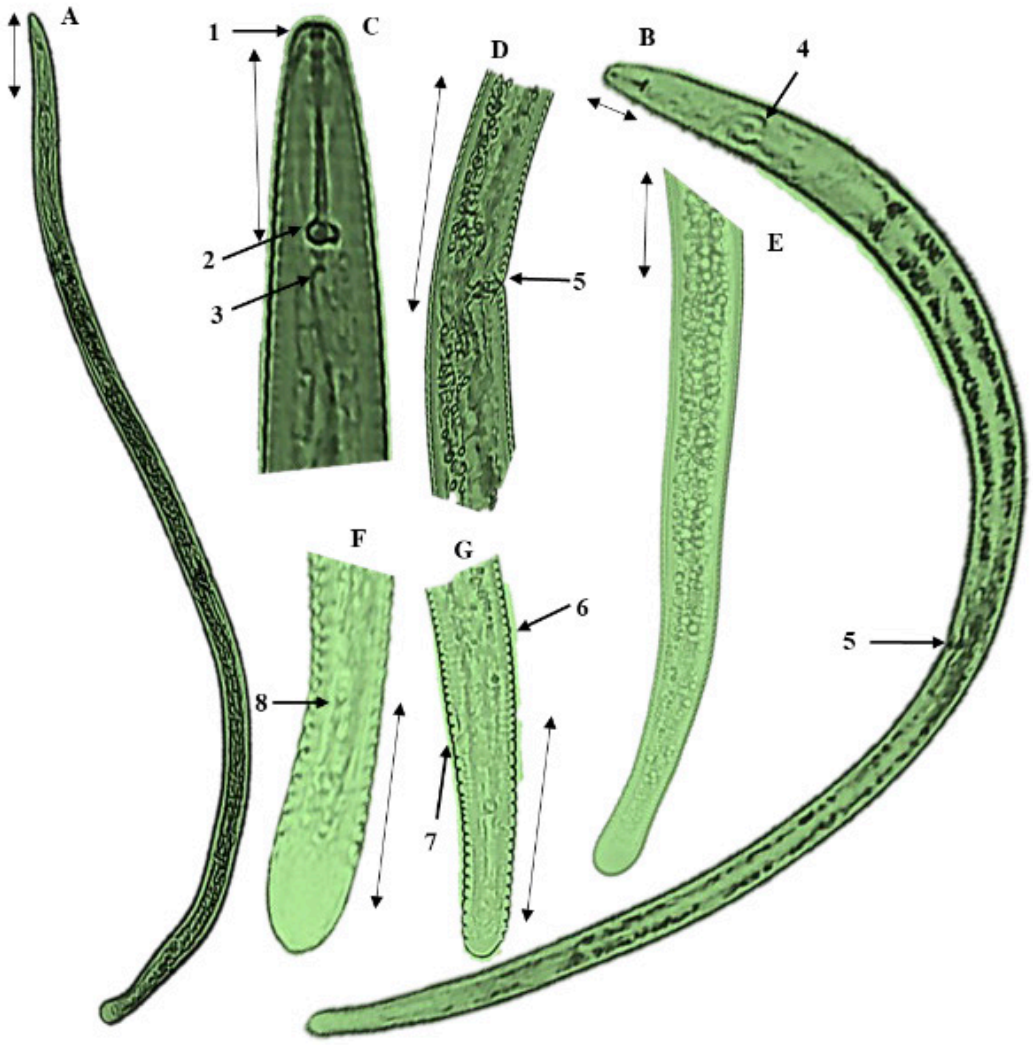
3.2.5. *Tylenchorhynchus leviterminalis*

Loài *Tylenchorhynchus leviterminalis* với các đặc điểm về hình thái học dựa theo khóa phân loại chuyên biệt của các loài *Tylenchorhynchus* của Handoo (2000); Chau & Thanh (2000); chỉ số hình thái lượng được so sánh với các nghiên cứu của Siddiqi & ctv. (1982), Talavera & ctv. (2002), và Tram & ctv. (2023) chúng được mô tả như sau:

Bảng 7. Số đo hình thái của quần thể loài *Tylenchorhynchus leviterminalis*

Chỉ tiêu	Mẫu nghiên cứu	Siddiqi & ctv. (1982)	Talavera & ctv. (2002)	Tram & ctv. (2023)
Số mẫu (n)	5 ♀♀	15 ♀♀	10 ♀♀	15 ♀♀
L (µm)	641,00 ± 35,58 (570 - 710)	650 (540 - 750)	700 ± 30 (600 - 720)	732,5 ± 33 (670 - 760)
a	30,84 ± 1,31 (29,6 - 32,8)	31 (28 - 38)	30,6 ± 2,1 (27,5 - 33,5)	30,2 ± 1,7 (26,9 - 33,8)
b	4,58 ± 0,16 (4,4 - 5,8)	5,4 (5 - 6)	-	5,1 ± 0,2 (4,6 - 5,3)
b’	-	-	5,3 ± 0,2 (5 - 5,5)	-
c	11,48 ± 1,02 (10 - 12,3)	14 (12 - 16)	13 ± 1,2 (11,5 - 14)	12,8 ± 1,1 (11,2 - 15)
c’	3,34 ± 0,36 (2,9 - 3,9)	3,8 (3,0 - 4,5)	3,9 ± 0,3 (3,5 - 4,5)	3,2 ± 0,4 (2,8 - 4,0)
Stylet (µm)	17,82 ± 1,31 (16,4 - 19,6)	18 (17 - 19)	20,5 ± 0,7	19,3 ± 0,8 (18 - 20)
V (%)	59,16 ± 1,83 (56,5 - 61)	54 (52 - 58)	52,9 ± 2,3 (51 - 56,5)	54,0 ± 2,0 (51,1 - 58,5)

Con cái của loài này có cơ thể cong dạng chỉ, cân đối và thuôn dần về hai phía đầu và đuôi. Đầu nhô cao, rõ ràng phân biệt với đường viền của cơ thể, không có sự phân đốt. Phần bên của cơ thể có bốn đường và hai đường lượn sóng kéo dài đến mút đuôi. Kim ký sinh của chúng phát triển bình thường, mảnh và đế kim có hình dạng giống như cái chén với hai cạnh cong về phía trước. Diều giữa hình oval hoặc tròn với van phát triển, eo thực quản mảnh và vòng thần kinh nằm giữa isthmus và thực quản tuyến. Lỗ bài tiết nằm ở giữa thực quản tuyến. Phần thực quản tuyến không che ruột. Hệ sinh dục kép với hai buồng trứng đối xứng nhau được chitin hóa mạnh nhưng không có màng vulva. Túi chứa tinh to, tròn và chứa đầy tinh trùng, thường nằm ở cuối đuôi dạng dùi trống hoặc hình cầu (Hình 6).

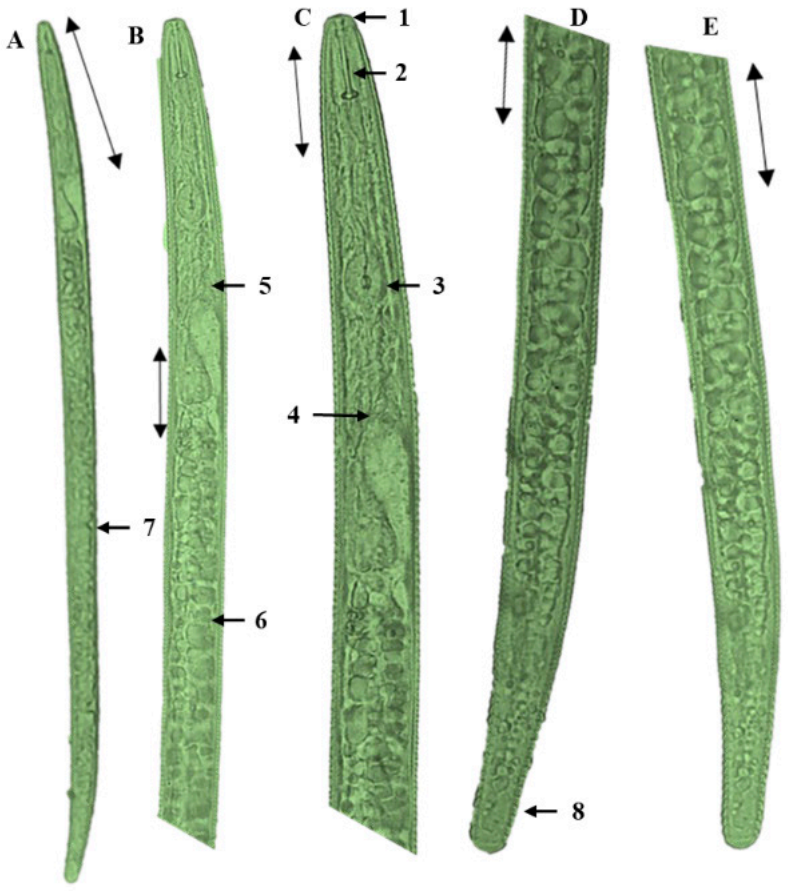


Hình 6. Hình thái con cái của *Tylenchorhynchus leviterminalis:* A, B: Cơ thể con cái; C. Vùng đầu, D. Hệ sinh dục; E - G: Vùng đuôi (1. Vùng môi; 2. Kim hút; 3. DGO, 4. Diều giữa, 5. Âm hộ, 6. Vòng cutin, 7. Hậu môn, 8. Phasmids). Scale: A: 100 µm; B - E: 25

3.2.6. *Tylenchorhynchus nudus*

Loài *Tylenchorhynchus nudus* với các đặc điểm về hình thái học dựa theo mô tả của Handoo (2000); Chau & Thanh (2000) và chỉ số hình thái lượng được so sánh của chúng được mô tả như sau:

Con cái của loài này có kích thước tương đối lớn, hình dạng hình trụ và cân đối, thuôn hẹp ở phần đầu. Vùng môi dạng hình thang với hai vòng cutin. Kim ký sinh dài, mỏng và cân đối, đế kim tròn mà không vát về phía sau. Diều giữa dạng hình cầu và thực quản tuyến hình quả lê. Lỗ bài tiết nằm ngang phía trước của thực quản tuyến, gần eo thắt thực quản. Hệ sinh dục kép, đối xứng nhau qua âm đạo (vagina), cùng với hai túi chứa tinh hình oval hoặc cầu. Đuôi có dạng hình trụ chóp, tận cùng đuôi nhẵn, tròn và rộng, vùng sáng (hyaline) tương đối. Phasmids nằm phía dưới hậu môn, với các lỗ hậu môn được bao quanh bởi 4 đến 6 vòng cutin (Hình 7).



Hình 7. Hình thái con cái của *Tylenchorhynchus nudus:* A. Cơ thể con cái; B, C: Phần đầu; D, E: Phần đuôi (1. Vùng môi, 2. Kim hút, 3. Diều giữa, 4. Van ruột - thực quản, 5. Thực quản tuyến, 6. Buồng trứng, 7. Âm hộ, 8. Đốt cutin); Scale: A: 100 µm; B - E: 25 µm.

Bảng 8. Số đo hình thái của quần thể loài *Tylenchorhynchus nudus*

Chỉ tiêu	Mẫu nghiên cứu	Tram & ctv. (2023)	Allen (1955)
Số mẫu (n)	5 ♀♀	11 ♀♀	2 ♀♀
L (µm)	825,00 ± 10,41 (800 - 850)	832,7 ± 17,9 (810 - 860)	710
a	33,11 ± 1,30 (30,77 - 35,42)	29,4 ± 6 (22,1 - 37,3)	30
b	5,92 ± 0,08 (5,80 - 6,15)	5,7 ± 0,4 (5 - 6,5)	4,1 - 4,8
c	15,68 ± 0,24 (15,19 -1 6,35)	14,1 ± 1,6 (12 - 16)	14 - 15
V (%)	56,22 ± 0,54 (54,88 - 57,50)	53 ± 2,8 (48,8 - 58,8)	54 - 56
Kim (µm)	18,88 ± 0,55 (18,00 - 20,50)	18,2 ± 0,8 (17,5 - 20)	18 - 19

3.2.7. *Tylenchus sp.*

Dựa trên nghiên cứu của Siddiqi (2000) thì *Tylenchus* có những đặc điểm đáng chú ý sau đây: có cơ thể dạng sợi chỉ, dài từ 0,4 đến 1,3 mm, thường có một sự cong nhẹ về phía bụng khi được cố định. Vùng bên của cơ thể có 4 đường rõ ràng, đặc trưng cho giống này. Kim mảnh và phần conus thường chiếm hơn 1/3 chiều dài của kim, với đế kim có hình tròn hoặc hơi vát xuống. Diều giữa dạng oval, diều sau có hình dạng như quả lê, cardia rõ ràng và dễ nhận biết. Lỗ bài tiết nằm ngang với vị trí của diều sau, còn vulva nằm ở khoảng 60-70% chiều dài cơ thể. Đuôi dài và nhọn, Con đực có gai sinh dục nhọn, được mô tả có trợ gai đơn giản và cánh màng đuôi chỉ bao phủ vùng lỗ huyệt của chúng.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã định danh được 4 giống tuyến trùng hiện diện trong rễ và vùng đất quanh rễ lúa thuộc 4 họ (Pratylenchidae, Meloidogynidae, Telotylenchidae và Tylenchidae) bao gồm giống *Hirschmanniella, Meloidogyne, Tylenchorhychus* và *Tylenchus.* Đặc biệt, giống *Hirschmanniella* hiện diện rất phổ biến (100%) với mật độ cao trong cả mẫu đất (262 ± 66 cá thể/250 g) và mẫu rễ (516 ± 73 cá thể/5 g) trong nền đất lúa ngập nước tại tỉnh Sóc Trăng, điều này cho thấy cần có biện pháp theo dõi và xây dựng biện pháp phòng trừ cần thiết nhằm ngăn ngừa mật số của chúng gia tăng quá mức.

Định danh bằng đặc điểm hình thái học và chỉ số hình thái lượng đã xác định được 7 loài bao gồm *Meloidogyne graminicola, Hirschmanniella diversa, H. mucronata, H. oryzae*, *Tylenchorhynchus leviterminalis, T. nudus* và *Tylenchus* spp. Qua đó, cho thấy thành phần tuyến trùng trên lúa tại tỉnh Sóc Trăng có sự kém đa dạng.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo này được thực hiện bởi nhóm tác giả và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

Tài liệu tham khảo (References)

AGROINFO (The Center for Agricultural and Rural Development Information). (2022). Rice report 2022. Retrieved April 5, 2022, from https://agro.gov.vn/images/files/Bao%20cao%20thuong%20nien%20lua%20gao%202022.pdf.

Allen, M. W. (1955). A review of the nematode genus *Tylenchorhynchus. Univiversity of California Publications in Zoology* 61, 129-166.

Beesa, N., Sasnarukkit, A., Jindapunnapat, K., Chinnasri, B., & Chairin, T. (2021a). Incidence and characterization of rice root nematodes, *Hirschmanniella mucronata*, from rice fields in Pathum Thani province, Thailand. *Trends in Sciences* 18(22), 486-486. https://doi.org/10.48048/tis.2021.486.

Beesa, N., Sasnarukkit, A., Jindapunnapat, K., Tivet, F., Bellafiore, S., & Chinnasri, B. (2021b). Species characterization and population dynamics of Hirschmanniella mucronata in lowland rice fields managed under conservation agriculture in Cambodia. *Journal of The Saudi Society of Agricultural Sciences* 20(3), 137-145. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2020.12.009.

Bellafiore, S., Jougla, C., Chapuis, E., Besnard, G., Suong, M., Vu, P. N., De Waele, D., Gantet, P., & Thi, X. N. (2015). Intraspecific variability of the facultative meiotic parthenogenetic root-knot nematode (Meloidogyne graminicola) from rice fields in Vietnam. *Comptes Rendus Biologies* 338(7), 471-483. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2015.04.002.

Bellé, C., Balardin, R. R., Nora, D. D., Schmitt, J., Gabriel, M., Ramos, R. F., & Antoniolli, Z. I. (2019). First report of *Meloidogyne graminicola* (Nematoda: Meloidogynidae) on barley

(Hordeum vulgare) in Brazil. *Plant Disease* 103(5), 1045-1045. https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2010-PDN.

Bridge, J., Plowright, R. A., & Peng DeLiang, P. D. (2005). Nematode parasites of rice. In Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (87-130). Wallingford, UK: Cabi International.

Chau N. N. (2003). *Plant nematodes and prevention facilities*. Ha Noi, Vietnam: Science and Technology Publishing House.

Chau, N. N. & Thanh, N. V. (2000). *Fauna of Vietnam, plant-parasitic nematodes*. Ha Noi, Vietnam: Science and Technology Publishing House.

Chen, D. Y., Ni, H. F., Yen, J. H., Chen, R. S., & Tsay, T. T. (2006). Distribution of rice root nematode Hirschmanniella oryzae and a new recorded H. mucronata (Nematoda: Pratylenchidae) in Taiwan. *Plant Pathology Bulletin* 15, 197-210.

Cuc, N. T. (1982). New weed host of rice stem nematode identified in Vietnam. *International Rice Research Newsletter* 7(3), 15.

Cuc, N. T. T., & Prot, J. C. (1992). Root-parasitic nematodes of deep-water rice in the Mekong Delta of Vietnam. *Fundamental and Applied Nematology* 15(6), 575-577.

De Waele, D., & Elsen, A. (2007). Challenges in tropical plant nematology. *Annual Review of Phytopathology* 45(1), 45-485. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.45.062806.094438.

Eroshenko, A. S., Nguyen, N., Nguyen, V. T., & Doan, K. (1985). *Parasitic plant nematodes of North Vietnam.* Retrieved March 20, 2025, from https://books.google.com.vn/books/about/Paraziticheskie_fitonematody_severno%C4%AD_c.html?id=dFdaAAAAIAAJ&redir_esc=y.

Fortuner, R., & Merny, G. (1979). Root-parasitic nematodes of rice. *Revue de Nématologie* 2(1), 79-102.

Handoo, Z. A. (2000). A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Belonolaimidae). *Journal of Nematology* 32(1), 20.

Hollis, J. J., & Keoboonrueng, S. (1984). Nematode parasites of rice. In Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (69-108). Wallingford, UK: CAB International.

Hooper, D. J. (1986). Handling, fixing, staining and mounting nematodes. In Southey, J. F. (Ed.). *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes* (39-54). London, UK: Stationery Office.

Jain, R. K., Khan, M. R., & Kumar, V. (2012). Rice root-knot nematode (Meloidogyne graminicola) infestation in rice. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 45(6), 635-645. https://doi.org/10.1080/03235408.2011.588059.

Khan, M. R., & Ahamad, F. (2020). Incidence of root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) and resulting crop losses in paddy rice in northern India. *Plant Disease* 104(1), 186-193. https://doi.org/10.1094/PDIS-12-18-2154-RE.

Khun, K., Decraemer W., Couvreur, M., H., Karssen, G., Steel, G., & Bert, W. (2015). Deceptive morphological variation in Hirschmanniella mucronata (Nematoda: Pratylenchidae) and a polytomous key to the genus. *Nematology* 17, 377-400. http://hdl.handle.net/1854/LU-6902128.

Khuong, N. B. (1987). Hirschmanniella spp. in rice fields of Vietnam. *Journal of Nematology* 19(1), 82.

Luc, M. (1987). A reappraisal of Tylenchina (Nemata) in the family Pratylenchidae Thorne, 1949. *Revue de Nématologie* 10(2), 203-218.

Mantelin, S., Bellafiore, S., & Kyndt, T. (2017). *Meloidogyne graminicola*: A major threat to rice agriculture. *Molecular Plant Pathology* 18(1), 3-15. https://doi.org/10.1111/mpp.12394.

Netscher, C., & Erlan, E. (1993). A root-knot nematode, Meloidogyne cf graminicola, parasitic on rice in Indonesia. *Afro-Asian Journal of Nematology* 3(1), 90-95 https://doi.org/10.1079/cabicompendium.33243.

Nguyen, P. V. Nguyen, Tran, T. B., Nguyen, P. T., Nguyen, L., Nguyen, N.T., Bien, L.T., Ton, L. B., Le, T. T. H., Ton, A. T., Nguyen, Q. B., Huynh, B. V., Le, D. D., & Bellafiore S. (2021). The response of rice varieties to Meloidogyne graminicola from the Mekong Delta, Vietnam. *Nematology* 23(10), 1153-1170. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.33243.

Nguyen, T. H., Masson, A. S., Moulin, L., Trinh, Q. P., Ha, V. C., & Bellafiore, VC. (2020a). Root knot nematode infections promoted by agricultural practice modifications in Vietnam and the impacts on rice production. *Academia Journal of Biology* 42(3), 15036. https://doi.org/10.15625/2615-9023/v42n3.15036.

Nguyen, V. S., Nguyen, P. T. K., Araki, M., Perry, R. N., Tran, L. B., Chau, K. M., Min, Y. Y., & Toyota, K. (2020b). Effects of cropping systems and soil amendments on nematode community and its relationship with soil physicochemical properties in a paddy rice field in the Vietnamese Mekong Delta. *Applied Soil Ecology* 156, 103683. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103683.

Nguyen, V. S., Nguyen, P. T. K., Araki, M., Perry, R. N., Tran, L. B., Chau, K. M., Min, Y. Y., & Toyota, K. (2020c). Seasonal variation and vertical distribution of nematode communities and their relation to soil chemical property and rice productivity under triple rice cultivation in the Mekong Delta, Vietnam. *Nematology* 23(1), 33-46. https://doi.org/10.1163/15685411-bja10028.

Norton, D. C. (1978). *Ecology of plant-parasitic nematodes*. New York, USA: John Wiley & Sons Pulishers.

Pascual, M. L. D., Decraemer, W., De Ley, I. T., Vierstraete, A., Steel, H., & Bert, W. (2014). Prevalence and characterization of plant-parasitic nematodes in lowland and upland rice agro-ecosystems in Luzon, Philippines. *Nematropica* 44(2), 166-180.

Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (2009). *Root-knot nematodes*. Wallingford, UK: CAB International.

Seinhorst, J. W. (1966). Killing nematodes for taxonomic study with hot fa 4 : 1. *Nematologica* 12(1), 178-178a.

Sher, S. A. (1968). Revision of the genus *Hirschmanniella* Luc & Goodey, 1963 (Nematoda: Tylenchoidea). *Nematologica* 14, 243-275.

Shrestha, R., Uzzo, F., Wilson, M. J., & Price, A. H. (2007). Physiological and genetic mapping study of tolerance to root-knot nematode in rice. *New Phytologist* 176(3), 665-672. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02185.x.

Siddiqi, M. R. (2000). *Tylenchida: parasites of plants and insects* (2nd ed.). Wallingford, UK: CAB International.

Southey, J. F. (1986). *Laboratory methods for work with plant and soil nemadodes*. London, UK: Her Majesty's Stationary Office.

Takagi, M., Goto, M., Wari, D., Kashima, T., & Toyota, K. (2019). Seasonal occurrence and life cycle of lotus root nematode Hirschmanniella diversa (Tylenchida: Pratylenchidae) in lotus roots in paddy fields. *Applied Entomology and Zoology* 54, 465-471. https://doi.org/10.1007/s13355-019-00644-y.

Takagi, M., Sekimoto, S., Mizukubo, T., Wari, D., Akiba, M., Perry, R. N., & Toyota, K. (2022). Geographical distribution and phylogenic relationships of Hirschmanniella diversa Sher (Nematoda: Pratylenchidae) in Japan. *Nematology* 25(1), 45-58. https://doi.org/10.1163/15685411-bja10202.

Talavera, M., Watanabe, T., & Mizukubo, T. (2002). Description of *Tylenchorhynchus shimizui* n. sp. from paraguay and notes on *T. leviterminalis* Siddiqi, Mukherjee

& Dasgupta from Japan (Nematoda: Tylenchida: Telotylenchidae). *Systematic Parasitology* 51(3), 171-177. https://doi.org/10.1023/A:1014550816738.

Tandingan, I. C., Prot, J. C., & Davide, R. G. (1996). Influence of water management on tolerance of rice cultivars for *Meloidogyne graminicola*. *Fundamental and Applied Nematology* 19(2), 189-192. https://www.ukdr.uplb.edu.ph/journal-articles/3539.

Tram, T. T. T., Huy, N. G., & Phen, T. V. (2023). Survey on the population and composition of plant-parasitic nematodes parasitic on sugarcane in Phung Hiep district, Hau Giang province. *Journal of Plant Protection* 4, 36-45. https://doi.org/10.31817/vjas.2024.7.1.02.

Win, P. P., Kyi, P. P., Maung, Z. T. Z., & De Waele, D. (2013). Population dynamics of Meloidogyne graminicola and Hirschmanniella oryzae in a double rice-cropping sequence in the lowlands of Myanmar. *Nematology* 15(7), 795-807. https://doi.org/10.1163/15685411-00002719.

Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25(3), 315-331.