



Original Article

# Impact of Earthworms (*Metaphire* sp., *Amyntas zenkevichi*, and *Amyntas robustus*) on Soil Porosity and Water Infiltration

Pham Van Quang\*

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 19 December 2023

Revised 26 February 2024; Accepted 18 March 2024

**Abstract:** Epigeic *Metaphire* sp., anecic *Amyntas zenkevichi*, and endogeic *Amyntas robustus* are three earthworm species commonly found in Northern Vietnam and are expected to have contrasting impacts on soil structure and water infiltration. Through computed tomography and image analysis, our study confirmed contrasting burrowing behaviors among these species and their differential effects on water flow under saturated conditions. *Metaphire* sp. was a surface-dwelling species, exhibiting a food consumption and surface cast production of 4.57 and 11.05 times their weight, respectively. They made few burrows near the soil surface (0.02% of the soil column), resulting in negligible influence on water infiltration. *A. zenkevichi* was less active on the soil surface, with lower food consumption and surface cast production (2.48 and 7.52 times their weight, respectively). Their drilosphere (zone of soil directly influenced by earthworms) accounted for 3.92% of the soil column, characterized by vertical burrows (55.4°), fewer branches, distributed throughout the soil column, and high connectivity, leading to a 1.68-fold increase in water infiltration compared to the control. Meanwhile, *A. robustus* was only active within the first 10 cm of the soil column. Their drilosphere occupied 3.25% of the soil column, consisting of horizontal burrows (14°), disconnected by deposition within the burrows, resulting in no significant difference in water flows in comparison with the control column without earthworms. Additionally, the ratio between compaction zone around burrows and burrows made by *A. zenkevichi* has a larger than that of *A. robustus* (2.4 and 1.3, respectively), despite their similar diameter.

**Keywords:** Earthworms, burrowing behaviors, computed tomography, soil water infiltration

\* Corresponding author.

E-mail address: [phamvanquang@vnu.edu.vn](mailto:phamvanquang@vnu.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5050>

# Tác động của giun đất (*Metaphire* sp., *Amyntas zenkevichi* và *Amyntas robustus*) tới cấu trúc đất và sự thấm nước

Phạm Văn Quang\*

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 19 tháng 12 năm 2023

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 02 năm 2024; Chấp nhận đăng ngày 18 tháng 03 năm 2024

**Tóm tắt:** Epigeic *Metaphire* sp., anecic *Amyntas zenkevichi* và endogeic *Amyntas robustus* là ba loài giun phổ biến tại miền Bắc Việt Nam và được kỳ vọng sẽ có các tác động khác biệt tới cấu trúc và sự di chuyển của nước trong đất. Thông qua phương pháp chụp cắt lớp vi tính và phân tích hình ảnh, nghiên cứu đã xác nhận sự đối lập về hành vi đào hang của ba loài này và những tác động khác nhau của chúng tới dòng chảy của nước trong điều kiện đất bão hòa. Cụ thể: *Metaphire* sp. là loài chỉ hoạt động bề mặt với lượng thức ăn tiêu thụ và thải ra lượng phân cao lần lượt gấp 4,57 và 11,05 lần khối lượng cơ thể của chúng. Chúng tạo rất ít hang trống ngay gần bề mặt đất (0,02% thể tích cột đất) do vậy không tác động tới sự thấm nước. *A. zenkevichi* hoạt động bề mặt ở mức thấp hơn với lượng tiêu thụ thức ăn gấp 2,48 và thải phân trên bề mặt gấp 7,52 lần khối lượng cơ thể. Thể tích đất mà loài này trực tiếp tác động tới (drilosphere) chiếm 3,92% thể tích cột đất với các hang thẳng (55,4°), ít phân nhánh, phân bố trong toàn bộ cột đất và có tính kết nối cao, dẫn đến tốc độ thấm nước tăng gấp 1,68 lần so với đối chứng. Trong khi đó, *A. robustus* chỉ hoạt động dưới mặt đất trong 10 cm đầu tiên của cột đất. Chúng có hệ thống drilosphere chiếm 3,25% thể tích cột đất gồm các hang nằm ngang (14°), đứt đoạn do vậy không làm thay đổi tốc độ thấm nước của cột đất so với đối chứng. Ngoài ra, vùng nén quanh hang của *A. zenkevichi* tạo ra gấp 2,4 lần tổng thể tích hang của chúng cao hơn *A. robustus* (1,3) dù chúng có cùng đường kính cơ thể.

**Từ khóa:** Giun đất, hành vi đào hang, chụp cắt lớp vi tính, sự thấm nước.

## 1. Mở đầu

Giun đất được biết đến như là “kỹ sư sinh thái đất” [1] có tác động mạnh mẽ tới các đặc tính thủy văn của đất [2]. Hoạt động đào hang và kiếm ăn của chúng tạo ra một khu vực độc đáo được gọi là “drilosphere”, bao gồm các hang trống, phân giun (trên mặt hoặc trong đất) và vùng đất bị nén xung quanh hang. Những cấu trúc này có tác động mạnh đến tính chất thủy văn của đất, ảnh hưởng đến việc điều tiết nước thông qua quá trình vận chuyển và lưu trữ [3]. Hang

trống do giun đất tạo ra đóng vai trò như con đường dẫn truyền cho sự di chuyển của nước [4, 5], nâng cao tốc độ thấm nước vào đất. Bên cạnh việc thay đổi các macropore (hang), giun đất còn làm biến đổi hệ thống meso- và micropore của đất thông qua sự lắng đọng phân [6] và tạo ra một vùng nén xung quanh tường hang [7], qua đó tác động tới khả năng thấm và giữ nước trong đất. Tuy nhiên, những hiểu biết của chúng ta về tác động của giun đất đối với sự di chuyển của nước trong đất vẫn còn bị giới hạn vì tác động của chúng đối với các quá trình này

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: phamvanquang@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5050>

chỉ được nghiên cứu đối với một số loài, chủ yếu trong họ Lumbricidae [8]. Bên cạnh đó, tác động của giun đất tới cấu trúc đất thường chỉ được tập trung nghiên cứu với hệ thống hang trống và phân giun trên bề mặt đất do tính dễ tiếp cận của chúng và giới hạn của phương pháp nghiên cứu. Trong khi thông tin về đặc điểm của phân giun trong đất và vùng nén quanh hang vẫn còn vô cùng hạn chế.

Việt Nam được biết tới là quốc gia có mức độ đa dạng sinh học rất cao với 245 loài giun được định danh và hơn một nửa trong số chúng là loài đặc hữu [9-11]. Hầu hết chúng đều thuộc họ Megascolecidae (224 loài). Tuy nhiên, các nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở phân loại và định danh giun đất. Rất ít nghiên cứu về hành vi đào hang và tác động tới sự di chuyển của nước. Chỉ mới có *Amyntas adexilis* và *Metaphire posthuma* [12, 13] được nghiên cứu về tác động tới các quá trình khác trong đất, bao gồm sự di chuyển của nước và ảnh hưởng tới cấu trúc đất (dữ liệu tìm kiếm trên www.webofscience.com từ trước 2022).

Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích đánh giá cấu trúc drilosphere của ba loài giun phổ biến tại miền Bắc Việt Nam bao gồm *Metaphire* sp., *Amyntas robustus* và *Amyntas zenkevichi* và tác động của chúng tới sự di chuyển của nước trong đất. Qua đó đóng góp vào bộ cơ sở dữ liệu về hành vi đào hang của các loài giun đất Việt Nam và cung cấp thông tin hữu ích cho người dân trong việc áp dụng giun đất trong nông nghiệp.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Thu thập và phân tích đặc điểm hình thái của giun đất

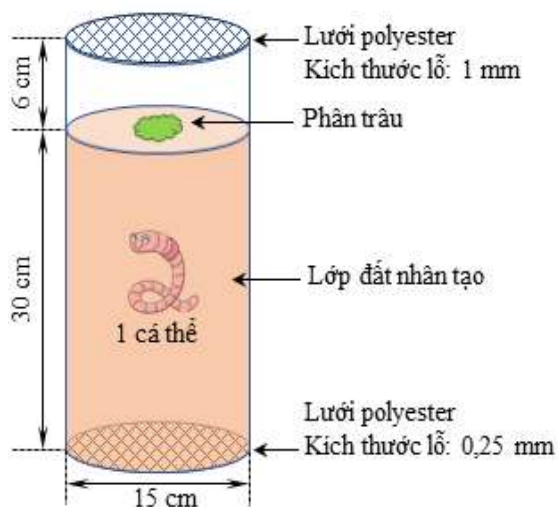
Ba loài giun đất sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: i) Loài sống chủ yếu trong lớp thảm mục, chưa được định danh thuộc họ *Metaphire* ký hiệu *Metaphire* sp. thu tại Tiến Xuân, Thạch Thất, Hà Nội (20°57'05"N, 105°29'08"E); ii) Loài sống chủ yếu trong đất *Amyntas robustus* thu tại Uy Nỗ, Đông Anh, Hà Nội (21°08'13"N, 105°51'15"E); và iii) Loài có phân bố trung gian giữa hai loài trên là *Amyntas zenkevichi* được thu tại Nam Thượng, Kim Bôi, Hòa Bình (20°37'03"N, 105°35'07"E). Sáu cá thể trưởng thành của mỗi loài được thu thập theo phương pháp đào với các dụng cụ cơ bản như xẻng và cuốc. Ba loài giun sau đó được bảo quản trong đất thí nghiệm ở điều kiện phòng thí nghiệm trong 2 tuần để chúng có thể thích nghi với điều kiện môi trường mới. Ba cá thể tương đồng về kích thước của mỗi loài sau đó được phân tích đặc điểm hình thái như khối lượng, kích thước và sắc tố da (Bảng 1) và sử dụng cho thí nghiệm nuôi ủ trong cột đất nhân tạo. Dựa vào đặc điểm hình thái và phân bố của mỗi loài trong đất, ba loài giun trong nghiên cứu lần lượt được phân thành các nhóm sinh thái epigeic, endogeic và anecic theo phân loại của Bouché (1972) [14] tương ứng với nhóm thảm mục, đất chính thức và nhóm đất-thảm mục theo phân loại của Thái Trần Bái [15].

Bảng 1. Đặc điểm hình thái của ba loài giun

Đặc điểm	Ký hiệu	<i>Metaphire</i> sp.	<i>A. robustus</i>	<i>A. zenkevichi</i>	p
Khối lượng (g)	Wt	1,62 (0,21) c	4,23 (0,09) a	3,03 (0,13) b	***
Đường kính (mm)	D	4,1 (0,1) b	5,96 (0,09) a	5,68 (0,26) a	***
Chiều dài (mm)	L	104 (16,5) b	137 (4,6) a	114 (2,9) b	*
Sắc tố da	Pigm	Có (100%)	Không (100%)	Có (100%)	-
Biến thiên màu da: đầu - đuôi	Ant-post	Có (100%)	Không (100%)	Có (100%)	-
Biến thiên màu da: lưng - bụng	Dor-vent	Có (100%)	Không (100%)	Có (100%)	-
Ghi chú: - n = 3; - ***: p < 0,001; **: p < 0,01, *: p < 0,05, và -: không xác định; - Số trong ngoặc là sai số hoặc tỷ lệ cá thể có chỉ tiêu được đánh giá; - Ký tự a, b, c biểu thị mức độ khác biệt giữa các loài.					

## 2.2. Nuôi cá thể giun trong cột đất nhân tạo

Các cột đất nhân tạo được tạo ra theo phương pháp nén thủy lực [4] từng lớp 3 cm trong ống nhựa polyvinyl chloride (Hình 1). Loại đất Ultisol sử dụng để tạo các cột đất được thu thập trong lớp 0-10 cm tại Tiên Xuân, Thạch Thất, Hà Nội (20°57' N, 105°29' E) đặc trưng bởi hàm lượng các bon đạt 1,7%,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,6 và thành phần cấp hạt giàu sét (58% sét, 25% limon và 17% cát) [16]. Sau khi thu thập, đất được sàng qua 2 mm và bảo quản trong túi nhựa để đồng nhất độ ẩm. Lượng đất thích hợp được cho vào cột sau đó nén xuống 3 cm để đạt dung trọng  $1 \text{ g/cm}^3$  tương tự dung trọng đất ngoài thực địa. Trước khi nén lớp tiếp theo, bề mặt của lớp trước đó được phá vỡ để đảm bảo đồng nhất giữa các lớp đất. Các lớp đất tiếp theo được thực hiện với quy trình tương tự để đạt chiều cao cột đất 30 cm. Lượng nước thích hợp được thêm vào từng giọt để độ ẩm đất trong cột đạt 40%. Cột đất sau đó được bọc màng nhựa trong 5 ngày để đồng nhất độ ẩm.

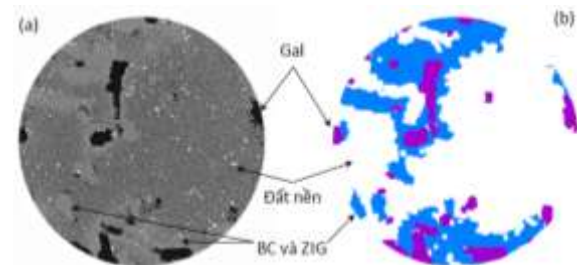


Hình 1. Cấu tạo cột đất nhân tạo.

Sau 5 ngày, một trong số ba cá thể đã được sử dụng để phân tích đặc điểm hình thái được cho vào mỗi cột đất và nuôi trong 4 tuần. Tổng cộng, 9 cột đất chứa giun được thiết lập trong thí nghiệm này (tương ứng 3 lần lặp cho mỗi loài) và 3 cột không bổ sung giun đất làm đối chứng.

Bề mặt của cột đất được bao phủ bởi một lớp vải lưới polyester để tránh giun đất bò ra khỏi cột đất. Phân trâu thu thập tại khu vực thu thập đất thí nghiệm được phơi khô và nghiền qua 1 mm để sử dụng làm nguồn thức ăn của giun. 2 g phân trâu khô được làm ướt với 10 mL nước, vo thành 3 viên tròn và đặt ở trung tâm trên bề mặt cột đất. Khi giun tiêu thụ hết lượng phân trâu trên bề mặt, 2 g phân trâu khô khác được thêm với quy trình tương tự. Sau mỗi 7 ngày thí nghiệm, tiến hành xác định khối lượng cột đất để thêm lượng nước tương ứng bị mất đi do sự bay hơi để duy trì độ ẩm cột đất ở mức tương đương 40%. Các cột đất được đặt trong phòng tối tại 25 °C trong toàn bộ thời gian thí nghiệm. Kết thúc thí nghiệm, lượng phân trâu còn lại trên bề mặt cột đất được thu thập để xác định tổng lượng thức ăn mà giun đất tiêu thụ. Tương tự, lượng phân giun trên bề mặt đất của từng cột được thu thập, để khô không khí và xác định khối lượng. Cho 10 mL chloroform vào mỗi cột để dừng lại các quá trình sinh học trong cột. Cột đất sau đó được bọc kín với màng bọc thực phẩm để tiêu biến giun trong 2 tuần.

## 2.3. Phân tích đặc điểm cấu trúc drilosphere



Hình 2. Ảnh mặt cắt cột đất sau nuôi giun (a) và được xử lý phân vùng các đối tượng ảnh (b).

Sau 2 tuần, các cột đất được chụp cắt lớp với thiết bị y tế (Siemens Somatom® Definition Flash, Siemens Healthineers, Đức) tại Bệnh viện Bạch Mai, Hà Nội. Thiết bị chụp cắt lớp được cài đặt ở 120 kV, 93 mA và chiều sâu mỗi lát cắt là 600  $\mu\text{m}$ . Dữ liệu chụp được lưu ở định dạng DICOM (16-bit,  $512 \times 512$  pixels) được chuyển về dạng TIF (8-bit,  $512 \times 512$  pixels) và loại bỏ thành ống nhựa (ROI = 145 mm) với phần mềm Fiji/ImageJ sau khi được giảm tán xạ và nhiễu sử dụng bộ lọc 3D median có bán kính là 2 pixels.

Dựa trên giá trị độ xám khác nhau của các điểm ảnh, các đối tượng gồm: i) Hang giun trống (Gal); ii) Phân giun trong đất (BC) cùng vùng nén quanh hang (ZIG); và iii) phần đất không chịu sự tác động của giun đất được phân tách với tính năng phân vùng ảnh tự động (Auto thresholding) trong phần mềm Avizo (<https://www.thermofisher.com>) (Hình 2).

Đặc điểm của hệ thống hang trống gồm số lượng hang (N), thể tích hang trống (Gal), thể tích hang trống kết nối với mặt đất (Gal-O), đường kính hang trống (Gal-D), hướng của hang trống (Gal-o), phân bố hang trống theo chiều sâu (Z, trọng tâm của hang theo chiều dọc) và thể tích vùng nén tạo ra bởi giun đất gồm vùng nén quanh hang (ZIG) và phân giun trong đất (BC) được phân tích với trình bộ trợ “MorphoLibJ” [17] trong phần mềm Fiji/ImageJ. Tổng thể tích drilosphere tương ứng vùng đất bị tác động bởi giun đất (P) được tính là tổng của thể tích hang trống (Gal) và vùng nén tạo ra bởi giun đất (BC + ZIG). Do BC và ZIG có cùng giá trị độ xám nên không thể phân tách chúng dựa theo cấp độ xám của điểm ảnh. Do vậy chiều dài vùng nén tạo ra bởi giun đất (BC + ZIG) và chiều dài hang trống (GAL) được phân tích với trình bộ trợ “boneJ” [18] trong phần mềm Fiji/ImageJ sau khi các đối tượng được chuyển về dạng khung xương trung tâm (Skeleton) với chức năng Auto Skeleton trên phần mềm Avizo. Chiều dài BC sau đó được xác định là hiệu số chiều dài của hai đối tượng trên. Chúng tôi giả thiết rằng giun đất thải phân tạo thành khối có hình dạng tương tự hang trống. Do vậy thể tích BC được ước tính theo chiều dài của chúng và trung bình đường kính hang giun trống. Thể tích ZIG được tính là hiệu thể tích vùng nén tạo ra bởi giun đất và thể tích BC. Thể tích toàn khối đất cũng được tính theo chiều cao cột đất và đường kính trong của ống nhựa. Đơn vị của thể tích của các đối tượng được quy về % so với thể tích toàn khối đất.

#### 2.4. Tốc độ thấm nước của cột đất

Sau khi chụp cắt lớp, cột đất được tháo bỏ lưới bịt đáy và được phân tích tốc độ thấm nước trong điều kiện bão hòa ( $K_s$ ) theo phương pháp

Beerkan (theo quy trình được trình bày trong Capowiez và nnk (2015) [4]). Theo đó, 180 mL (tương ứng cột nước cao khoảng 1 cm) được thêm vào bề mặt cột đất. Sau đó sử dụng đồng hồ bấm giờ để ghi lại thời gian (số giây) cần thiết để lượng nước này biến mất hoàn toàn khỏi bề mặt cột đất. Ngay sau khi nước thấm hết, 180 mL nước tiếp theo được thêm vào và thời gian thấm được đo theo cách tương tự. Quy trình tương tự được thực hiện đến khi thời gian thấm của mỗi lần thêm nước ổn định (sau khoảng 10-15 lần thêm nước). Sau đó, tốc độ thấm của cột đất ( $K_s$ , cm/ngày) được ước tính thông qua độ dốc của phương trình hồi quy tuyến tính giữa tổng lượng nước thấm (cm cột nước) và tổng thời gian thấm tương ứng sau mỗi lần thêm nước (s) [4]. Thời gian bắt đầu xuất hiện nước dưới đáy cột đất (Bt) tính từ thời điểm thêm nước vào mặt cột đất lần đầu tiên cũng được ghi lại.

#### 2.5. Phân tích dữ liệu

Phần mềm R [19] được sử dụng cho phân tích dữ liệu và biểu diễn các biểu đồ trong nghiên cứu. Biểu đồ trong bài báo này được vẽ với gói “ggplot2” [20]. Sự khác biệt giữa các loài giun đất về các đặc điểm định lượng được xác định qua kiểm định Anova một chiều (one-way Anova test) và kiểm tra Tukey (Tukey's multiple comparison test) với gói “agricolae” [21]. Dữ liệu được kiểm tra phân phối chuẩn và tính đồng nhất với kiểm định Shapiro–Wilk và Levene trước khi phân tích Anova. Hệ số tương quan Spearman giữa các chuỗi số liệu được phân tích với gói “corrplot” [22].

### 3. Kết quả nghiên cứu

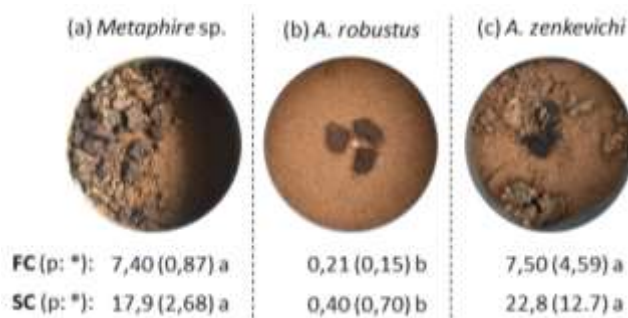
#### 3.1. Hoạt động bề mặt của giun đất

Hoạt động bề mặt của ba loài giun đất sau 4 tuần thí nghiệm có sự khác biệt rất rõ ràng được thể hiện trong Hình 2.

Loài *Metaphire* sp. (Hình 3a) và *A. zenkevichi* (Hình 3c) hoạt động mạnh mẽ trên bề mặt cột đất nhưng không có sự khác biệt giữa hai loài này về tổng lượng thức ăn tiêu thụ (FC)

và khối lượng phân thải ra trên bề mặt (SC). Tuy nhiên, *Metaphire* sp. là loài hoạt động tích cực hơn khi tiêu thụ lượng thức ăn và thải ra lượng phân cao gấp 4,57 và 11,05 lần so với khối lượng cơ thể (Hình 3a). Trong khi con số này của loài *A. zenkevichi* nhỏ hơn, chỉ đạt 2,48 và 7,52 lần

(Hình 3c). Mặt khác, kích thước phân của loài *A. zenkevichi* lớn hơn và kết lại với nhau thành dạng tháp trụ, trong khi loài *Metaphire* sp. tạo phân dạng cầu nhỏ và rời rạc. Trái ngược với hai loài này, *A. robustus* gần như không tiêu thụ thức ăn và thải phân trên bề mặt cột đất (Hình 3b).

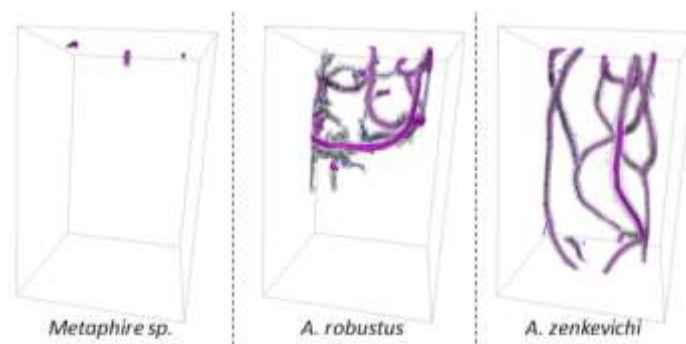


Hình 3. Tổng lượng thức ăn tiêu thụ (FC) và lượng phân trên bề mặt (SC) của ba loài giun đất. Số trong ngoặc đơn biểu thị sai số ( $n=3$ ) và ký tự a và b biểu thị sự khác nhau giữa các loài.

### 3.2. Đặc điểm cấu trúc drilosphere của giun đất

Hình ảnh trực quan 3D (Hình 4) và kết quả phân tích định lượng đặc tính vùng đất chịu tác động bởi giun đất (Bảng 2) cho thấy sự khác biệt rõ ràng về hành vi đào hang và thải phân của các loài giun được khảo sát. Loài *Metaphire* sp. tạo rất ít hang trống (3 hang) với đường kính nhỏ (2,94 mm) ngay gần mặt đất (0,98 mm từ bề mặt), không thải phân trong hang (0%) và gần như không gây tác động nén quanh hang (0,02%). Hệ thống hang của loài *A. robustus* đặc trưng bởi các hang có đường kính lớn hơn (4,95 mm) với mức độ phân nhánh cao (34,7 hang), nhiều hang được lấp đầy bởi phân giun (59,7%),

hướng của hang trống nằm ngang ( $14,0^\circ$ ) và phân bố chủ yếu trong nửa đầu của cột đất (53,6 mm từ mặt đất). Loài *A. zenkevichi* tạo các hang trống thẳng kết nối mặt cột và đáy cột ( $55,4^\circ$ ), ít phân nhánh hơn (16,3 hang) và ít phân trong các hang (24,7%). Ngoài ra, không có sự khác biệt về thể tích hang kết nối với bề mặt đất giữa *A. zenkevichi* và *A. robustus*. Loài *A. zenkevichi* tạo ra vùng nén quanh hang có thể tích cao nhất trong ba loài, cao hơn 1,5 lần so với loài đứng thứ hai là *A. robustus* mặc dù thể tích hang (thể tích hang trống + thể tích phân giun trong đất) của *A. robustus* cao hơn 1,15 lần so với của *A. zenkevichi*.



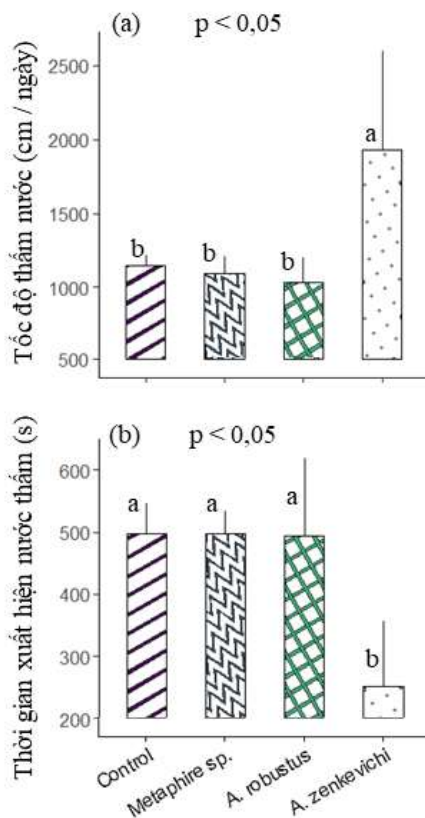
Hình 4. Cấu trúc drilosphere (3D) của các loài giun đất: hang trống (màu đỏ), vùng nén quanh hang (màu xám trắng) và phân giun (đường màu xanh lá thể hiện chiều dài của phân giun trong hang).

Bảng 2. Đặc điểm hệ thống drilosphere của ba loài giun

Đặc điểm	Ký hiệu	<i>Metaphire</i> sp.	<i>A. robustus</i>	<i>A. zenkevichi</i>	p
Số lượng hang trống	N	3,00 (2,00) b	34,7 (10,0) a	16,3 (6,66) b	**
Thể tích drilosphere (%)	P	0,02 (0,01) b	3,25 (0,48) a	3,92 (0,78) a	***
Thể tích hang trống (%)	Gal	0,01 (0,00) c	0,57 (0,05) b	0,86 (0,17) a	***
Thể tích hang trống kết nối với mặt đất (mm <sup>3</sup> )	Gal-Op	0,01 (0,00) b	0,25 (0,18) ab	0,52 (0,22) a	*
Đường kính hang (mm)	Gal-D	2,94 (0,12) b	4,95 (0,02) a	4,69 (0,22) a	***
Hướng của hang (°)	Gal-o	5,07 (3,85) b	14,0 (11,1) b	55,4 (4,96) a	***
Thể tích phân giun trong đất (%)	BC	0,00 (0,00) c	0,86 (0,18) a	0,29 (0,13) b	***
Thể tích vùng nén quanh hang (%)	ZIG	0,02 (0,00) c	1,82 (0,42) b	2,77 (0,59) a	***
Tỷ lệ hang bị lấp bởi phân (%)	Gal-filled	0,00 (0,00) c	59,7 (5,83) a	24,7 (6,91) b	***
Phân bố hang theo chiều sâu (mm)	Z	0,98 (0,22) c	53,6 (22,2) b	146 (53,0) a	**

Ghi chú: - n = 3;  
 - \*\*\*: p < 0,001; \*\*: p < 0,01, \*: p < 0,05;  
 - Số trong ngoặc là sai số hoặc tỷ lệ cá thể có chỉ tiêu được đánh giá;  
 - Ký tự a, b, c biểu thị mức độ khác biệt giữa các loài.

3.3. Ảnh hưởng của giun đất tới tốc độ thấm



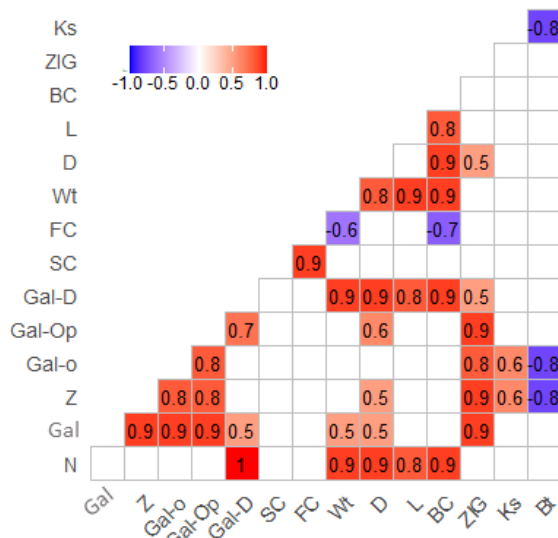
Hình 5. Tác động của giun đất tới sự di chuyển nước.

Cột đất chứa *A. zenkevichi* có tốc độ thấm nước cao nhất (trung bình đạt 1926 cm/ngày) và cao gấp 1,68 lần cột đối chứng (Hình 5a). Thời gian để nước di chuyển từ bề mặt cột đất xuống đáy cột ngắn nhất ở cột chứa *A. zenkevichi* (trung bình cần 252 s) nhanh hơn 2 lần so với cột đối chứng (Hình 5b). Trong khi đó, tốc độ thấm nước và thời gian cần thiết để nước di chuyển qua cột đất ở cột chứa hai loài giun còn lại không có sự khác biệt với nhau và so với cột đối chứng (Hình 5).

3.4. Mối quan hệ giữa đặc điểm cấu tạo giun, cấu trúc drilosphere và sự di chuyển của nước

Phân tích tương quan giữa các đặc điểm cấu tạo, đặc điểm cấu trúc hang của giun đất và sự di chuyển của nước (Hình 6) cho thấy: hành vi thải phân trên bề mặt (SC) của giun đất có tương quan chặt chẽ với lượng tiêu thụ phân trâu khô (FC) (r = 0,9). Giun đất càng ăn nhiều trên bề mặt cột đất lượng phân mà chúng tạo ra trên đó càng lớn. Ngược lại, giun đất ít tiêu thụ thức ăn trên bề mặt sẽ thải phân trong đất (BC) nhiều hơn (r = -0,7). Đường kính (Gal-D) và thể tích của hang trống (Gal) tỷ lệ thuận với kích thước cơ thể (D) (r = 0,9 và r = 0,5) và khối lượng (Wt) (r = 0,9 và r = 0,5) của giun. Thể tích vùng nén quanh hang giun (ZIG) tỷ lệ thuận với đường kính (D) (r = 0,5) nhưng không ghi nhận mối

tương quan nào với chiều dài (L) và khối lượng (Wt) của giun đất. Cuối cùng, hướng (Gal-o) và độ sâu phân bố (Z) của hang trống tỷ lệ thuận với tốc độ di chuyển của nước trong điều kiện bão hòa ( $K_s$ ) ( $r = 0,6$  và  $r = 0,6$ ) và tỷ lệ nghịch với thời gian cần thiết để nước di chuyển từ đầu cột tới đáy cột đất (Bt) ( $r = -0,8$  và  $r = -0,8$ ).



Hình 6. Ma trận tương quan giữa đặc điểm cấu tạo hành vi (tiêu thụ thức ăn và đào hang) của giun đất và sự di chuyển của nước.

#### 4. Thảo luận

##### 4.1. Khác biệt về hành vi đào hang của các loài giun đất

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi chỉ ra sự khác nhau mang tính đặc trưng của ba nhóm sinh thái trong hành vi đào hang của mỗi nhóm. Đúng như kỳ vọng, *Metaphire* sp. thuộc nhóm epigeic có tác động tới cấu trúc đất rất thấp, chủ yếu qua hoạt động thải phân của chúng trên bề mặt. Briones và nnk (2018) [23] đã chỉ ra rằng nhóm epigeic có lớp biểu bì mỏng nhất so với các nhóm khác. Điều này giải thích tại sao khả năng đâm xuyên vào đất của chúng rất thấp và khó có thể tạo hang trong các khối đất đồng nhất về cấu trúc. Ngoài thực tế, do không thể đào hang nên nhóm epigeic chỉ có thể tận dụng các khoảng

hổng có sẵn giữa các đoàn lập hoặc sống trong lớp thảm mục. Điều này khiến kích thước của chúng thường nhỏ, có màu sắc tối và rất linh động để có thể trốn tránh kẻ thù.

Ngược lại, giun đất thuộc nhóm anecic thường có kích thước lớn, lớp biểu bì phát triển [23] giúp chúng có khả năng đào hang sâu hơn (có thể sâu hơn 2 m với *Lumbricus terrestris* [24]) so với nhóm endogeic. Nhóm anecic thường tạo các hang thẳng, có tính kết nối cao và thường tái sử dụng lại hệ thống thang của mình, trong khi endogeic thường tạo các hang nằm ngang và đứt đoạn do thải phân lấp đầy hang và ít khi tái sử dụng lại chúng [25]. Nghiên cứu của chúng tôi xác nhận lại kết quả này, *A. zenkevichi* và *A. robustus* tạo ra cấu trúc drlosphere lớn và phức tạp đặc trưng cho nhóm anecic và endogeic. Hang trống của *A. zenkevichi* thẳng hơn (góc lớn hơn) và có tính kết nối cao hơn (số hang ít hơn trong khi thể tích hang trống lớn hơn và ít bị lấp bởi phân giun) so với *A. robustus*. Ngoài ra, chúng tôi cũng phát hiện ra rằng tỷ lệ giữa thể tích đất nén quanh hang và thể tích hang giun (Gal + BC) của *A. zenkevichi* (2,4) cao hơn nhiều so với của *A. robustus* (1,3) trong khi đường kính thân của chúng không có sự khác biệt (Bảng 1). Điều này có thể được giải thích bằng hai cơ chế: i) loài anecic *A. zenkevichi* đẩy đất sang hai bên thay vì ăn đất để di chuyển về phía trước như loài endogeic *A. robustus*; và ii) *A. zenkevichi* tạo tác động nén nhiều lần lên thành hang do tái sử dụng hang nhiều lần trong khi *A. robustus* chỉ tạo các hang tạm thời và ít tái sử dụng lại chúng.

##### 4.2. Ảnh hưởng của giun đất tới sự di chuyển của nước trong đất

Sự khác biệt về hành vi đào hang dẫn tới kết quả rất khác biệt về khả năng thấm nước của các cột đất chứa các loài giun khác nhau. Trong thí nghiệm của chúng tôi, cột đất được giới hạn trong 30 cm, hệ thống hang *A. zenkevichi* tạo ra các kênh kết nối từ mặt cột với đáy cột hình thành dòng chảy liên tục. Trong khi hệ thống hang của *A. robustus* kết thúc trong 10 cm đầu tiên của cột đất và đứt đoạn, dòng chảy ưu tiên không hình thành và hệ thống hang nhanh chóng bị nước lấp đầy. Điều này gợi ý rằng, tác động



của giun đất tới dòng chảy phụ thuộc không chỉ hành vi đào hang của giun đất mà độ sâu lớp đất nơi giun sinh sống. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, *A. robustus* có xu hướng làm giảm dòng chảy trong cột đất (mặc dù không có ý nghĩa thống kê) so với mẫu đối chứng. Điều này gây ra do hành vi thải phân lấp các hang và vùng nén quanh hang giun làm tăng dung trọng chung của đất tương tự như hành vi của endogeic *Pontoscolex corethrurus* [26] và làm giảm tốc độ dòng chảy. Ngoài ra, việc thải phân lên bề mặt cột của loài epigeic *Metaphire* sp. và anecic *A. zenkevichi* có thể thay đổi độ nhám và độ che phủ bề mặt đất qua đó tác động đến dòng chảy bề mặt, xói mòn và độ ẩm trong đất trong khi endogeic *A. robustus* chỉ gây ra tác động dưới bề mặt đất.

## 5. Kết luận

Bằng phương pháp chụp cắt lớp vi tính và phân tích hình ảnh không gian, cấu trúc hệ thống hang của ba loài giun đất phổ biến tại miền Bắc Việt Nam được nghiên cứu chi tiết. Trong khi loài epigeic *Metaphire* sp. chỉ hoạt động trên bề mặt đất và tạo rất ít hang, loài endogeic *A. robustus* lại hoạt động hoàn toàn trong đất tạo ra hệ thống hang đứt đoạn với nhiều vùng nén trong và xung quanh hang. Cuối cùng, loài anecic *A. zenkevichi* tạo hệ thống thẳng, ít phân nhánh và có tính liên tục cao kết nối với bề mặt đất. Tốc độ di chuyển nước trong đất phụ thuộc vào không chỉ đặc điểm của hệ thống hang trống tạo ra bởi giun đất mà còn phân bố của chúng trong đất. Kết quả này góp phần cung cấp những thông tin cơ bản, có thể gợi ý cho người nông dân hoặc các nhà quản lý cách thức áp dụng các nhóm sinh thái giun đất trong cải tạo cấu trúc đất và sự di chuyển của nước trong đất.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội trong đề tài mã số TN.23.17.

## Tài liệu tham khảo

- [1] C. G. Jones, J. H. Lawton, M. Shachak, Organisms as Ecosystem Engineers, *Oikos*, Vol. 69, No. 3, 1994, pp. 373, <https://doi.org/10.2307/3545850>.
- [2] M. Shipitalo, R. C. L. Bayon, Quantifying the Effects of Earthworms on Soil Aggregation and Porosity, in *Earthworm Ecology*, CRC Press, 2004, pp. 183-200, <https://doi.org/10.1201/9781420039719.Pt5>.
- [3] J. Hallam, M. E. Hodson, Impact of Different Earthworm Ecotypes on Water Stable Aggregates and Soil Water Holding Capacity, *Biol Fertil Soils*, Vol. 56, No. 5, 2020, pp. 607-617, <https://doi.org/10.1007/S00374-020-01432-5>.
- [4] Y. Capowiez, N. Bottinelli, S. Sammartino, E. Michel, P. Jouquet, Morphological and Functional Characterisation of the Burrow Systems of Six Earthworm Species (Lumbricidae), *Biol Fertil Soils*, Vol. 51, No. 7, 2015, pp. 869-877, <https://doi.org/10.1007/S00374-015-1036-X>.
- [5] F. Bastardie, M. Cannavacciuolo, Y. Capowiez, J. R. D. Dreuzy, A. Bellido, D. Cluzeau, A New Simulation for Modelling the Topology of Earthworm Burrow Systems and Their Effects on Macropore Flow in Experimental Soils, *Biol Fertil Soils*, Vol. 36, No. 2, 2002, pp. 161-169, <https://doi.org/10.1007/S00374-002-0514-0>.
- [6] J. P. Mcdaniel, G. Butters, K. A. Barbarick, M. E. Stromberger, Effects of Aporetodea Caliginosa on Soil Hydraulic Properties and Solute Dispersivity, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 79, No. 3, 2015, pp. 838-847, <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.07.0290>.
- [7] T. Sander, H. H. Gerke, Modelling Field-Data of Preferential Flow in Paddy Soil Induced by Earthworm Burrows, *J Contam Hydrol*, Vol. 104, No. 1-4, 2009, pp. 126-136, <https://doi.org/10.1016/J.jconhyd.2008.11.003>.
- [8] M. Blouin, M. E. Hodson, E. A. Delgado, G. Baker, L. Brussaard, K. R. Butt, J. Dai, L. Dendooven, G. Peres, J. E. Tondoh, D. Cluzeau, J. J. Brun, A Review of Earthworm Impact on Soil Function and Ecosystem Services, *Eur J Soil Sci*, Vol. 64, No. 2, 2013, pp. 161-182, <https://doi.org/10.1111/EJSS.12025>.
- [9] D. H. Lam, N. Q. Nguyen, A. D. Nguyen, T. T. Nguyen, A Checklist of Earthworms (Annelida: Oligochaeta) in Southeastern Vietnam, *J Threat Taxa*, Vol. 13, No. 2, 2021, pp. 17693-17711.
- [10] T. T. Nguyen, A. D. Nguyen, B. T. T. Tran, R. J. Blakemore, A Comprehensive Checklist of Earthworm Species And Subspecies From Vietnam

- (Annelida: Clitellata: Oligochaeta: Almidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae, Moniligastridae, Ocnerodrilidae, Octochaetidae), *Zootaxa*, Vol. 4140, No. 1, 2016, pp. 1, <https://doi.org/10.11646/Zootaxa.4140.1.1>.
- [11] D. L. T. Anh, Q. T. T. Nguyen, C. Gan, T. D. Thai, T. A. Nguyen, Vietnamese Living Habits, Wellbeing and Working Adaptation in Face of COVID-19's Strictest Lockdown, *Int J Soc Econ*, Vol. 49, No. 8, 2022, pp. 1232-1254, <https://doi.org/1108/IJSE-11-2021-0723>.
- [12] P. Jouquet, N. Bottinelli, G. Kerneis, T. H. D. Tureaux, T. T. Doan, O. Planchon, T. D. Tran, Surface Casting of the Tropical Metaphire Posthuma Increases Soil Erosion and Nitrate Leaching in A Laboratory Experiment, *Geoderma*, Vol. 204-205, 2013, pp. 10-14, <https://doi.org/10.1016/J.Geoderma.2013.04.003>.
- [13] N. Bottinelli, J. L. Maeght, V. N. T. Le, C. Boonchamni, T. T. Doan, T. M. Tran, H. A. Boukbida, L. Smaili, P. Jouquet, to What Extent Do Ageing and Soil Properties Influence Amynthus Khami Cast Properties? Evidence from A Small Watershed In Northern Vietnam, *Applied Soil Ecology*, Vol. 158, 2021, pp. 103792, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103792>.
- [14] M. B. Bouché, *Lombriciens De France. Ecologie Et Systématique*, Vol. 72, No. HS. INRA Editions, 1972.
- [15] N. T. Tung, The Earthworm Fauna of the Cuu Long Delta, Phd Dissertation in Zoology, Hanoi, Vietnam, 2013.
- [16] T. T. Doan, P. Sisouvanh, T. Sengkhrua, S. Sritumboon, C. Rumpel, P. Jouquet, N. Bottinelli, Site-Specific Effects of Organic Amendments on Parameters of Tropical Agricultural Soil and Yield: A Field Experiment in Three Countries in Southeast Asia, *Agronomy*, Vol. 11, No. 2, 2021, pp. 348, <https://doi.org/10.3390/Agronomy11020348>.
- [17] D. Legland, I. Arganda-Carreras, P. Andrey, Morpholibj: Integrated Library and Plugins for Mathematical Morphology with Imagej, *Bioinformatics*, Vol. 32, No. 22, 2016, pp. 3532-3534, <https://doi.org/10.1093/Bioinformatics/Btw413>.
- [18] M. Doube, M. M. Klosowski, I. A. Carreras, F. P. Cordelières, R. P. Dougherty, J. S. Jackson, B. Schmid, J. R. Hutchinson, S. J. Shefelbine, Bonej: Free and Extensible Bone Image Analysis in Imagej, *Bone*, Vol. 47, No. 6, 2010, pp. 1076-1079, <https://doi.org/10.1016/J.Bone.2010.08.023>.
- [19] R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, 2010.
- [20] H. Wickham, Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>, 2016 (accessed on: August 1<sup>st</sup>, 2023).
- [21] F. Mendiburu, *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R Package Version 1.3–2*, <https://cran.r-project.org/package=agricolae>, 2020 (accessed on: August 1<sup>st</sup>, 2023).
- [22] T. Wei, V. Simko, R Package Corrplot: Visualization of A Correlation Matrix, Version 0.92, 2021.
- [23] M. J. I. Briones, R. Á. Otero, Body Wall Thickness As A Potential Functional Trait for Assigning Earthworm Species to Ecological Categories, *Pedobiologia (Jena)*, Vol. 67, 2018, pp. 26-34, <https://doi.org/10.1016/J.Pedobi.2018.02.001>.
- [24] R. V. D. Logt, C. Versteeg, P. Struyk, N. V. Eekeren, The Anecic Earthworm Lumbricus Terrestris Can Persist after Introduction Into Permanent Grassland on Sandy Soil, *Eur J Soil Biol*, Vol. 119, 2023, pp. 103536, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2023.103536>.
- [25] Y. Capowiez, N. Bottinelli, P. Jouquet, Quantitative Estimates of Burrow Construction and Destruction, by Anecic and Endogeic Earthworms in Repacked Soil Cores, *Applied Soil Ecology*, Vol. 74, 2014, pp. 46-50, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.09.009>.
- [26] V. Hallaire, P. Curmi, A. Duboisset, P. Lavelle, B. Pashanasi, Soil Structure Changes Induced by the Tropical Earthworm Pontoscolex Corethrurus and Organic Inputs in A Peruvian Ultisol, *Eur J Soil Biol*, Vol. 36, No. 1, 200, pp. 35-44, [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(00\)01048-7](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)01048-7).