

**Lựa chọn nguồn carbon và pH cho sự sinh trưởng hệ sợi của chủng nấm
Ganoderma lucidum YD09.1 phân lập từ Vườn quốc gia Yok Don, Việt Nam**

Nguyễn Hữu Kiên, Trần Thị Kim Thi, Đoàn Chiến Thắng,

Nguyễn Phương Đại Nguyễn*

Trường Đại học Tây Nguyên, 567 Lê Duẩn, phường Ea Kao, tỉnh Đắk Lắk, Việt Nam

Ngày nhận bài 9/12/2025; ngày chuyển phản biện 11/12/2025;

ngày nhận phản biện 26/12/2025; ngày chấp nhận đăng 6/1/2026

Tóm tắt:

Nhu cầu về nấm Linh chi (*Ganoderma lucidum*) ngày càng tăng, do đó, việc tối ưu hóa điều kiện nhân giống và nuôi trồng loài nấm này đóng vai trò then chốt nhằm nâng cao năng suất và hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học. Trong nghiên cứu này, chủng nấm Linh chi YD09.1 được phân lập từ Vườn quốc gia Yok Don (Việt Nam) và đã được định danh thông qua phân tích hình thái học kết hợp với giải trình tự gen ITS rDNA. Đặc điểm hình thái của quả thể và các cấu trúc vi thể đã xác nhận mẫu nấm là *G. lucidum*. Kết quả giải trình tự gen ITS và đối chiếu trên BLAST cho thấy, trình tự gen của chủng này có độ tương đồng trên 98% với các trình tự tham chiếu của *G. lucidum*, xác nhận rằng YD09.1 thuộc về loài *G. lucidum*. Trong bốn nguồn carbon thử nghiệm (glucose, maltose, lactose và sucrose), glucose ở nồng độ 25 g/l được xác định là nguồn carbon tối ưu cho sự phát triển của hệ sợi nấm, với tốc độ lan tơ đạt 18,3 mm/ngày. Bên cạnh đó, maltose và sucrose ở nồng độ 30 g/l cũng cho kết quả lan tơ tương đương với 25 g/l glucose, trong khi lactose cho kết quả lan tơ kém hơn rõ rệt. Ngoài ra, pH tối ưu cho sự phát triển hệ sợi của chủng *G. lucidum* YD09.1 là khoảng 6,0.

Từ khóa: ganoderma, ganoderma lucidum, nguồn carbon, Vườn quốc gia Yok Don.

Chỉ số phân loại: 4.1, 4.6

Optimisation of carbon sources and pH for mycelial growth of a wild *Ganoderma lucidum* YD09.1 strain from Yok Don national park, Vietnam

Huu Kien Nguyen, Thi Kim Thi Tran, Chien Thang Doan,

Phuong Dai Nguyen Nguyen*

Tay Nguyen University, 567 Le Duan Street, Ea Kao Ward, Daklak Province, Vietnam

Received 9 December 2025; revised 26 December 2025; accepted 6 January 2026

*Tác giả liên hệ: Email: npdnguyen@ttn.edu.vn

Abstract:

The demand for Lingzhi mushrooms (*Ganoderma lucidum*) has been increasing; therefore, the optimisation of propagation and cultivation protocols for this species plays a key role in enhancing overall biomass productivity and increasing the concentration of vital bioactive compounds. Within the framework of this research, the *G. lucidum* strain YD09.1, originally isolated from Yok Don national park (Vietnam), underwent rigorous identification via morphological analysis integrated with sequencing of the internal transcribed spacer (ITS) rDNA region. The macromorphological features of the fruiting bodies, alongside their complex microscopic structural characteristics, definitively confirmed the specimen's taxonomic identity as *G. lucidum*. Furthermore, data derived from ITS region sequencing and subsequent BLAST analysis demonstrated that the genetic sequence of this strain shared a similarity level exceeding 98% with established reference sequences, thereby validating the classification of YD09.1 within the *G. lucidum* species. Of four distinct carbon sources tested (glucose, maltose, lactose, and sucrose), glucose at a concentration of 25 g/l was identified as the most optimal carbon source for mycelial expansion, achieving a radial growth rate of 18.3 mm/day. Furthermore, maltose and sucrose at 30 g/l yielded comparable growth performance, while lactose resulted in significantly inferior development. Additionally, the optimal pH level for the mycelial growth of *G. lucidum* YD09.1 strain was determined to be approximately 6.0.

Keywords: carbon source, ganoderma, *Ganoderma lucidum*, Yok Don national park.

Classification numbers: 4.1, 4.6

1. Đặt vấn đề

Nấm Linh chi (*Ganoderma lucidum*) là dược liệu quý chứa nhiều hợp chất hoạt tính như polysaccharide, triterpenoid và sterol [1], có tác dụng tăng cường miễn dịch, chống viêm, chống oxy hóa, hạ đường huyết và hỗ trợ chống ung thư. Từ lâu, *G. lucidum* đã được sử dụng trong y học phương Đông và gần đây tiếp tục được quan tâm nhờ các tiềm năng trị liệu mới [2]. Ngoài giá trị dược liệu, nấm Linh chi còn được ứng dụng trong sản xuất nhiên liệu sinh học và xử lý ô nhiễm [3]. Nhu cầu gia tăng sản phẩm nấm Linh chi đòi hỏi tối ưu kỹ thuật nuôi trồng, đặc biệt là giai đoạn phát triển hệ sợi - yếu tố quyết định chất lượng giống và sự hình thành thể quả [4, 5].

Vườn quốc gia Yok Don (Đắk Lắk), khu rừng khộp đặc trưng của Tây Nguyên với diện tích hơn 115.000 ha, khí hậu nhiệt đới gió mùa và độ ẩm cao, là nơi có sự đa dạng

cao về các loài nấm lớn, bao gồm chi *Ganoderma* [6]. Trong nghiên cứu phân loại, ở Việt Nam, loài *G. lucidum* được nhiều tác giả ghi nhận và mô tả ở khu vực miền Bắc, miền Trung và Tây Nguyên [7-12]. Trong nuôi cấy nấm, nguồn carbon giữ vai trò thiết yếu cho năng lượng và cấu trúc tế bào [13], nhưng nhu cầu tối ưu thay đổi giữa các chủng *Ganoderma*. Ví dụ, theo báo cáo của T.L. Nguyen và cs (2023) [5], chủng *G. sinense* đại ở Việt Nam lan tơ tốt nhất với nguồn carbon là fructose ở mức 15 g/l. Ngược lại, một số chủng *Ganoderma* khác lan tơ tốt nhất trên glucose hoặc sucrose [14, 15]. Đối với chủng *G. lucidum* YD09.1 phân lập từ Yok Don, chưa có nghiên cứu nào đánh giá ảnh hưởng của các nguồn carbon và pH lên hệ sợi. Do vậy, việc tối ưu các điều kiện tăng trưởng là cần thiết cho mục tiêu thương mại và bảo tồn, đồng thời cung cấp dữ liệu so sánh với các chủng *Ganoderma* khác.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập mẫu

Quả thể nấm Linh chi (*Ganoderma*) được thu thập tại Vườn quốc gia Yok Don, tỉnh Đắk Lắk, Việt Nam trong mùa mưa năm 2024. Mẫu vật YD09.1 được tìm thấy đang sinh trưởng đơn lẻ dưới dạng nấm hoại sinh trên gỗ mục trong rừng rụng lá bán thường xanh (rừng khộp) ở độ cao 204 m. Một phần mẫu vật tươi được sử dụng để phân lập thuần khiết và phần vật liệu còn lại được sấy khô ở 45°C để lưu giữ mẫu.

2.2. Xác định đặc điểm hình thái

Phân tích đặc điểm hiển vi và hình thái ngoài tại phòng thí nghiệm bộ môn sinh học Trường Đại học Tây Nguyên. Phân tích đặc điểm hiển vi như bào tử, bào tăng, hệ sợi được thực hiện sử dụng kính hiển vi Nikon E100 (Nhật Bản). Việc định danh được thực hiện dựa trên tài liệu phân loại học cổ điển và khóa phân loại cho họ Ganodermataceae [6].

2.3. Định danh phân tử

DNA từ hệ sợi của chủng nấm được tách chiết bằng phương pháp của B. Winneppenninckx và cs (1993) [16] có hiệu chỉnh. Phản ứng PCR khuếch đại vùng trình tự ITS được thực hiện với cặp mồi ITS1/ITS4 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3' và 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Sản phẩm PCR được tinh sạch bằng ExoSAP-IT và đọc trình tự tại Viện Di truyền Nông nghiệp. Để xác nhận danh tính của nấm, trình tự đã được truy vấn với cơ sở dữ liệu GenBank của Trung tâm Quốc gia về Thông tin Công nghệ sinh học Hoa Kỳ (National Centre for Biotechnology Information - NCBI) bằng BLASTN.

2.4. Môi trường nuôi cấy và khảo sát điều kiện nuôi cấy

Môi trường PDA được chuẩn bị bằng cách đun sôi 200 g khoai tây, lọc lấy dịch chiết, bổ sung 20 g agar và các nguồn carbohydrate (glucose, maltose, lactose hoặc sucrose) ở

các nồng độ thử nghiệm, thêm nước đến 1 l và điều chỉnh pH về $6,0 \pm 0,1$ trước khi hấp tiệt trùng. Sau khi nguội đến 50°C , môi trường được rót vào đĩa petri vô trùng (20 ml/đĩa).

Để đánh giá ảnh hưởng của carbon lên sự phát triển hệ sợi, bốn loại đường (D-glucose, D-maltose, D-lactose, D-sucrose) được khảo sát tại các nồng độ 10-40 g/l. Sau khi xác định nguồn carbon tối ưu, môi trường nền được điều chỉnh đến các mức pH 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 và 9.0 bằng 1 N NaOH hoặc HCl trước khi hấp, nhằm đánh giá ảnh hưởng của pH lên tốc độ lan tơ.

2.5. Xác định tốc độ lan tơ

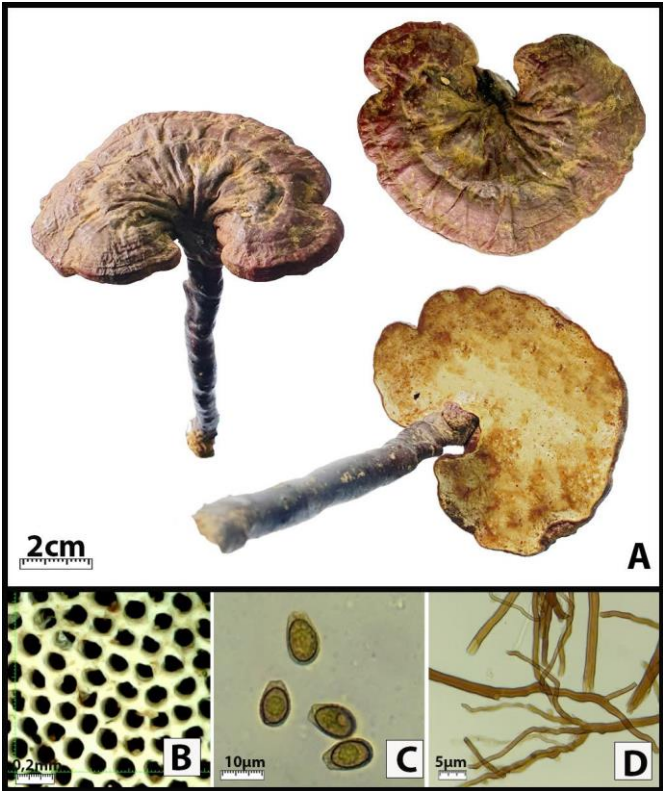
Đường hệ sợi nấm (mm) được đo theo hai hướng vuông góc và tính trung bình. Từ dữ liệu theo thời gian (ngày 2, 4, 6), hồi quy tuyến tính của đường kính hệ sợi nấm theo thời gian được thực hiện cho mỗi lần lặp lại để ước tính tốc độ lan tơ của hệ sợi nấm (mm/ngày). Độ dốc hồi quy được coi là tốc độ lan tơ của hệ sợi nấm.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Đặc điểm sinh học và định danh loài nấm *Ganoderma lucidum* có nguồn gốc từ Vườn quốc gia Yok Don

Qua quá trình thu thập mẫu tại Vườn quốc gia Yok Don, nhóm nghiên cứu đã thu thập, mô tả và định danh mẫu nấm YD09.1 có tên khoa học là loài *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst 1881.

Mô tả loài: Quả thể *G. lucidum* thu được có mũ và cuống phân biệt rõ, màu nâu đỏ đến đỏ đậm (hình 1A). Mũ nấm dạng thận, bề mặt gồ ghề với vòng đồng tâm và vân phóng xạ; mép tẻ gợn sóng. Kích thước mũ 8-9×10-11,5 cm, dày 0,5-1 cm (hình 1A). Bào tử dạng ống, khi non màu trắng sữa, sau chuyển vàng nhạt đến vàng nâu; miệng ống tròn-bầu dục (0,08-0,12 mm), mật độ 55-60 ống/mm² (hình 1B). Cuống hình trụ, đính bên, màu đỏ đậm bóng, dài 10-12 cm, đường kính 0,8-1,3 cm (hình 1A). Hệ sợi không vách ngăn, phân nhánh, đường kính 1-3 μm ; nội chất vàng hạt cải (hình 1D). Bào tử hình trứng nhut một đầu, 8-10×5-7 μm , có hai lớp vách (ngoài nhẵn, trong sần sùi tạo gai nhỏ), nội chất màu vàng (hình 1C). Mẫu mọc đơn lẻ, hoại sinh trên gỗ mục dưới tán rừng khộp tại Yok Don, ở độ cao 204 m, nhiệt độ 30°C và độ ẩm 76%.



Hình 1. Loài *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. 1881. (A) Quả thể; (B) Bào tăng; (C) Bào tử; (D) Hệ sợi.

Trình tự ITS rDNA của chủng nuôi cấy dài 651 bp và cho mức tương đồng cao khi tra cứu BLAST (bảng 1). Trình tự khớp nhất là *G. lucidum* HMAS86597 (AY884176) từ Trung Quốc, với độ tương đồng 98,6%. Kết hợp dữ liệu hình thái và phân tử, chủng phân lập từ Vườn quốc gia Yok Don được xác định là *G. lucidum*.

Bảng 1. Kết quả BLAST trên GenBank NCBI.

Mẫu	Tên trình tự	Query cover (%)	Per. ident (%)	Accession
	<i>G. lucidum</i> HMAS86597	100	98,60	AY884176.1
YD09.1	<i>G. lucidum</i> GLO4	100	98,29	JN222422.1
	<i>G. lucidum</i> MUS170	99	98,43	ON598664.1

3.2. Sự lan tơ của hệ sợi nấm trên các nguồn đường

3.2.1. Lactose

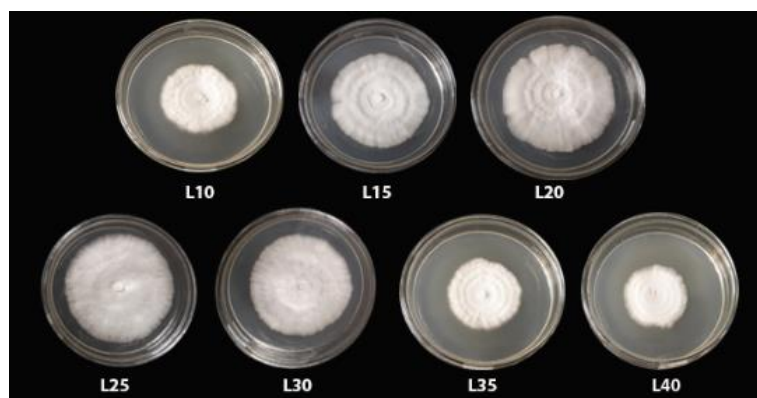
Nguồn carbon là thành phần cấu thành cấu trúc và năng lượng của tế bào, nên việc tối ưu hóa carbon cần được ưu tiên hơn các thành phần dinh dưỡng khác [17]. Sự phát triển của *G. lucidum* YD09.1 phụ thuộc vào nồng độ lactose (bảng 2). Tốc độ lan tơ tăng theo nồng độ lactose và đạt đỉnh tại 20 g/l ($14,51 \pm 1,18$ mm/ngày) (hình 2), nhưng không khác biệt đáng kể so với 10, 15 và 25 g/l. Đường kính khuẩn lạc ngày thứ 6 cũng cho thấy phạm vi tối ưu này, với giá trị $68,7 \pm 4,58$ mm ở 20 g/l và $69,8 \pm 3,96$ mm ở 25 g/l

($p > 0,05$). Ở các nồng độ > 25 g/l, tốc độ lan tơ giảm mạnh, chỉ còn $10,97 \pm 1,13$ mm/ngày tại 30 g/l và thấp nhất $8,75 \pm 1,15$ mm/ngày ở 40 g/l. Sự ức chế sinh trưởng ở nồng độ lactose cao do stress thẩm thấu gây ra bởi sự dư thừa cơ chất [18], cho thấy tính nhạy cảm của *G. lucidum* đối với nồng độ cao của lactose.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ lactose đến tốc độ lan tơ của *G. lucidum* YD09.1.

Nồng độ lactose (g/l)	Đường kính hệ sợi (mm)			Tốc độ lan tơ (mm/ngày)
	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	
10	$12,4 \pm 1,50^a$	$34,3 \pm 3,65^{ab}$	$61,0 \pm 4,58^{ab}$	$12,14 \pm 1,44^{abc}$
15	$11,6 \pm 0,51^{ab}$	$34,1 \pm 1,69^{ab}$	$64,3 \pm 1,46^{ab}$	$13,19 \pm 0,34^{ab}$
20	$10,7 \pm 1,46^{abc}$	$38,2 \pm 5,89^a$	$68,7 \pm 4,58^a$	$14,51 \pm 1,18^a$
25	$12,3 \pm 0,36^a$	$40,2 \pm 3,85^a$	$69,8 \pm 3,96^a$	$14,37 \pm 0,91^a$
30	$8,9 \pm 0,85^{bc}$	$27,2 \pm 3,64^b$	$52,5 \pm 1,12^c$	$10,97 \pm 1,13^{bcd}$
35	$8,5 \pm 1,44^{bc}$	$27,0 \pm 2,42^b$	$52,8 \pm 5,35^c$	$9,59 \pm 1,04^{cd}$
40	$7,9 \pm 0,98^c$	$25,0 \pm 0,89^b$	$42,9 \pm 4,86^c$	$8,75 \pm 1,15^d$

Các chữ cái khác nhau trên cùng một cột cho thấy sự khác biệt thống kê ($p < 0,05$).



Hình 2. Sự sinh trưởng của hệ sợi nấm *G. lucidum* (ngày 6) tại các nồng độ lactose.

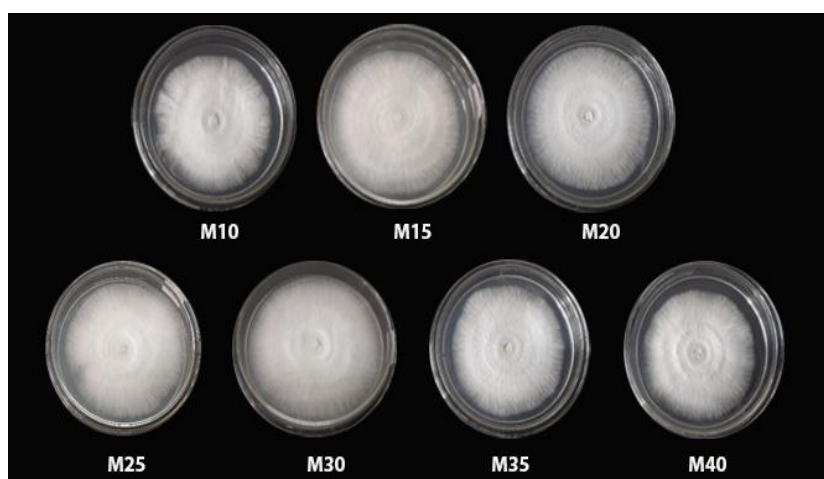
3.2.2. Maltose

Nồng độ maltose ảnh hưởng rõ rệt đến tốc độ lan tơ của *G. lucidum* YD09.1 (bảng 3). Trong 2 ngày đầu, đường kính hệ sợi dao động 8,9-10,6 mm và không khác biệt thống kê ($p > 0,05$). Đến ngày thứ 4 và 6, tốc độ sinh trưởng hệ sợi nấm mạnh nhất ở 30 g/l, cho đường kính hệ sợi ($38,9 \pm 2,48$ và $82,6 \pm 3,16$ mm) và tốc độ lan tơ cao nhất ($17,98 \pm 0,76$ mm/ngày) (hình 3). Ở các nồng độ thấp hơn (10-20 g/l), tốc độ chỉ đạt 15,43-15,73 mm/ngày, phản ánh sự thiếu hụt nguồn carbon. Mặc dù nồng độ cao hơn mức tối ưu (35-40 g/l) làm tốc độ giảm nhẹ (16,35-16,38 mm/ngày), sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), cho thấy chủng nấm có khả năng sinh trưởng tốt ở nồng độ maltose.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ maltose đến tốc độ lan tơ của *G. lucidum* YD09.1.

Nồng độ maltose (g/l)	Đường kính hệ sợi (mm)			Tốc độ lan tơ (mm/ngày)
	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	
10	9,4±0,53 ^a	32,2±0,85 ^b	71,1±0,85 ^b	15,43±0,34 ^b
15	9,1±0,56 ^a	33,2±1,02 ^b	71,2±1,65 ^b	15,53±0,55 ^b
20	8,9±0,42 ^a	33,0±3,16 ^b	71,9±6,56 ^b	15,73±1,74 ^{ab}
25	9,6±1,21 ^a	35,5±1,08 ^{ab}	76,2±3,68 ^{ab}	16,67±0,64 ^{ab}
30	10,6±0,58 ^a	38,9±2,48 ^a	82,6±3,16 ^a	17,98 ±0,76 ^a
35	9,3±0,46 ^a	33,5±0,68 ^b	74,8±0,81 ^{ab}	16,38 ±0,09 ^{ab}
40	9,3±0,64 ^a	34,8±1,57 ^{ab}	74,7±0,91 ^{ab}	16,35±0,34 ^{ab}

Các chữ cái khác nhau trên cùng một cột cho thấy sự khác biệt thống kê ($p<0,05$).

**Hình 3. Sự sinh trưởng của hệ sợi nấm *G. lucidum* (ngày 6) tại các nồng độ maltose.**

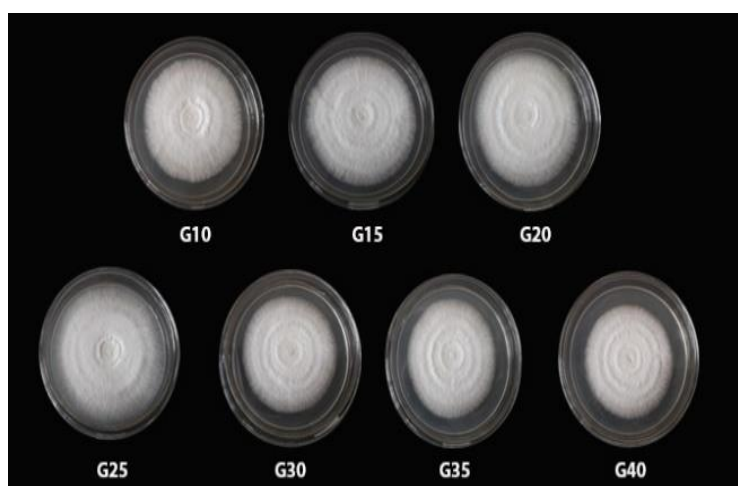
3.2.3. Glucose

Bảng 4 cho thấy, nồng độ glucose ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của *G. lucidum* YD09.1. Tốc độ lan tơ cao nhất xuất hiện ở 25 g/l ($18,30\pm0,21$ mm/ngày), đồng thời tạo đường kính hệ sợi lớn nhất vào ngày 4 và ngày 6 (hình 4). Ở các nồng độ glucose thấp hơn (10-20 g/l), tốc độ lan tơ chậm hơn ($17,06\pm0,85$, $17,14\pm0,45$ và $16,38\pm0,14$ mm/ngày), cho thấy sự thiếu hụt nguồn carbon. Ngược lại, nồng độ glucose vượt 25 g/l gây suy giảm đáng kể sinh trưởng ($p<0,05$), với tốc độ lan tơ $15,67\pm0,36$ mm/ngày ở 30 g/l và $14,25\pm0,18$ mm/ngày ở 40 g/l.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nồng độ glucose đến tốc độ lan tơ của *G. lucidum* YD09.1.

Nồng độ glucose (g/l)	Đường kính hệ sợi (mm)			Tốc độ lan tơ (mm/ngày)
	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	
10	9,2±0,90 ^{bc}	36,1±2,98 ^{bcd}	77,5±3,04 ^b	17,06±0,85 ^b
15	9,2±0,47 ^{bc}	38,5±0,68 ^{abc}	77,8±1,91 ^b	17,14±0,45 ^{ab}
20	10,5±0,58 ^{ab}	40,6±1,40 ^{ab}	76,0±1,00 ^{bc}	16,38±0,14 ^{bc}
25	11,8±0,85 ^a	43,3±0,76 ^a	85,0±0,00 ^a	18,30±0,21 ^a
30	9,8±0,12 ^{bc}	37,7±2,00 ^{bcd}	72,4±1,40 ^{cd}	15,67 ±0,36 ^c
35	8,9±0,15 ^c	33,0± 2,00 ^d	71,0±1,00 ^{de}	15,53 ±0,28 ^c
40	10,0±0,30 ^{bc}	34,7±1,74 ^{cd}	67,0±1,00 ^e	14,25±0,18 ^d

Các chữ cái khác nhau trên cùng một cột cho thấy sự khác biệt thống kê ($p < 0,05$).

**Hình 4. Sự sinh trưởng của hệ sợi nấm *G. lucidum* (ngày 6) tại các nồng độ glucose.**

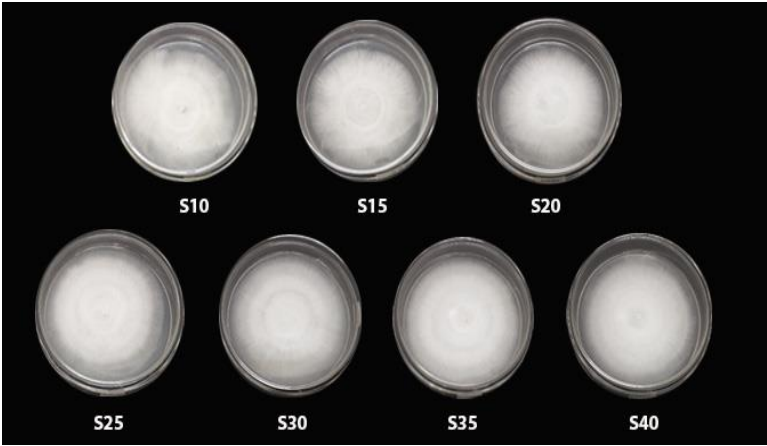
3.2.4. Sucrose

Nồng độ sucrose ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của *G. lucidum* YD09.1 (bảng 5). Ở mức 10-20 g/l, tốc độ lan tơ còn thấp (15,21-15,67 mm/ngày). Tốc độ tăng lên đáng kể từ 25 g/l và đạt tối ưu ở 30 g/l (18,00±0,25 mm/ngày) (ngày thứ 6, hình 5). Trong khoảng nồng độ 25-40 g/l, tốc độ lan tơ (17,75-17,92 mm/ngày) không có khác biệt thống kê, cho thấy chủng nấm duy trì sinh trưởng tốt ở nồng độ sucrose cao và có khả năng chịu thẩm thấu mạnh, phù hợp cho nuôi cấy nhằm đạt sinh khối cao.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nồng độ sucrose đến tốc độ lan tơ của *G. lucidum* YD09.1.

Nồng độ sucrose (g/l)	Đường kính hệ sợi (mm)			Tốc độ lan tơ (mm/ngày)
	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	
10	11,3±0,58 ^a	36,0±1,00 ^b	72,2±1,26 ^b	15,21±0,36 ^b
15	11,7±0,58 ^a	33,3±1,00 ^c	74,0±1,00 ^b	15,58±0,14 ^b
20	11,7±1,16 ^a	34,7±1,53 ^{bc}	74,3±1,26 ^b	15,67±0,19 ^b
25	12,3±0,58 ^a	42,2±1,26 ^a	84,0±1,00 ^a	17,92±0,14 ^a
30	11,3±0,58 ^a	42,8±0,76 ^a	83,3±1,53 ^a	18,00 ±0,25 ^a
35	11,0±1,00 ^a	41,3±0,58 ^a	82,7±1,53 ^a	17,92 ±0,63 ^a
40	11,3±0,58 ^a	42,1±0,90 ^a	82,3±1,53 ^a	17,75±0,50 ^a

Các chữ cái khác nhau trên cùng một cột cho thấy sự khác biệt thống kê ($p<0,05$).



Hình 5. Sự sinh trưởng của hệ sợi nấm *G. lucidum* (ngày 6) tại các nồng độ sucrose.

Khả năng sử dụng đa dạng nguồn carbon của *G. lucidum* YD09.1 tương đồng với các báo cáo trước về chi *Ganoderma*. C. Jayasinghe và cs (2008) [14] ghi nhận các chủng *G. lucidum* ở Hàn Quốc phát triển tốt trên nhiều loại đường, đặc biệt là dextrin, galactose và fructose. T.L. Nguyen và cs (2023) [5] cũng cho thấy, *G. sinense* hoang dã ở Việt Nam sinh trưởng mạnh trên fructose, maltose và sucrose, trong khi lactose cho kết quả thấp nhất. So với các nghiên cứu này, *G. lucidum* YD09.1 thể hiện tốc độ sinh trưởng cao, khả năng sử dụng nguồn dinh dưỡng từ đường cao và sử dụng carbon linh hoạt dẫn đến tốc độ lan tơ nhanh (bảng 6). Những đặc tính này cho thấy YD09.1 là chủng đặc trưng ở sinh thái rừng khộp có tiềm năng cho nuôi trồng thương mại và sản xuất sinh khối dược liệu.

Bảng 6. So sánh tốc độ lan tơ của các chủng *Ganoderma* sử dụng các loại đường khác nhau.

Chủng	Loại đường	Nồng độ đường (g/l)	Tốc độ lan tơ (mm/ngày)	Tài liệu tham khảo
<i>G. lucidum</i> YD09.1	Glucose	25	18,30±0,21	Nghiên cứu này
	Sucrose	30	18,00±0,25	
	Maltose	30	17,98±0,76	
<i>G. sinense</i>	Fructose	20	6,82±0,10	[5]
<i>G. lucidum</i> MCE	Sorbose	10	10,8	[19]
<i>Ganoderma orbiforme</i> FM6	Fructose	15	6,17	[20]
<i>Ganoderma mutabile</i> (ZHM1939)	Sucrose	10	6,79	[21]
<i>G. lucidum</i>	Dextrin	0,1 M	-	[14]
<i>G. lucidum</i> LT _{L1.25}	Glucose	20	10,3	[22]

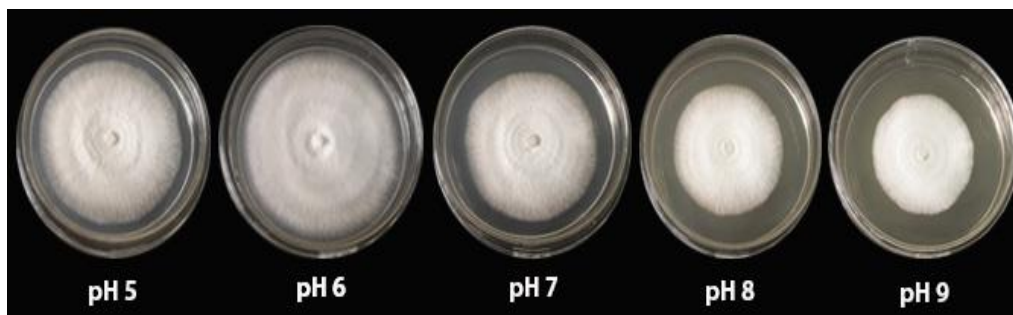
3.3. Ảnh hưởng của pH lên tốc độ lan tơ của *Ganoderma lucidum* YD09.1

Sử dụng nguồn carbon là glucose với nồng độ là 25 g/l để tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của pH môi trường đến sự sinh trưởng của hệ sợi nấm *G. lucidum*. Độ pH của môi trường ảnh hưởng đến các quá trình trao đổi chất của nấm [23]. Theo bảng 7, pH 6 cho hiệu quả sinh trưởng hệ sợi nấm tốt nhất với tốc độ lan tơ (18,43±0,38 mm/ngày), cao hơn so với các pH khác (p<0,05). Đường kính hệ sợi ở ngày 6 của môi trường có pH 6 cũng đạt mức tối đa là 84,3±1,16 mm (hình 6). Phát hiện này phù hợp với nhiều báo cáo về pH tối ưu để nuôi cấy *Ganoderma* ở trong khoảng acid đến trung tính [5, 14, 19].

Bảng 7. Ảnh hưởng của pH đến tốc độ lan tơ của *G. lucidum* YD09.1.

		pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Đường kính hệ sợi (mm)	Ngày 2	7,8±0,35 ^b	10,6±0,76 ^a	7,1±0,55 ^{bc}	6,2± 0,17 ^{cd}	5,7±0,35 ^d
	Ngày 4	34,1±1,21 ^b	43,7±3,07 ^a	32,4±2,10 ^{bc}	28,0±0,20 ^{cd}	26,2±0,95 ^d
	Ngày 6	73,0±3,40 ^b	84,3±1,16 ^a	67,8±4,50 ^b	60,0±0,00 ^c	56,5±1,30 ^c
Tốc độ lan tơ (mm/ngày)		16,30±0,92 ^b	18,43±0,38 ^a	15,18±1,00 ^{bc}	13,45±0,04 ^{cd}	12,71±0,45 ^d

Các chữ cái khác nhau trên cùng một cột cho thấy sự khác biệt thống kê (p<0,05).



Hình 6. Ảnh hưởng của pH đến sinh trưởng hệ sợi nấm *G. lucidum* YD09.1 tại ngày 6.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thu thập, mô tả đặc điểm sinh học và định danh được chủng *G. lucidum* YD09.1 có nguồn gốc từ Vườn quốc gia Yok Don. Trên cơ sở đó, đã phân lập và xác định được nguồn carbon và pH thích hợp cho sự phát triển hệ sợi nấm. Glucose (25 g/l) cho tốc độ lan tơ cao nhất (18,3 mm/ngày), trong khi maltose và sucrose 30 g/l cho tốc độ lan tơ tương đương về mặt thống kê. Độ pH tối ưu được xác định là 6,0 là điều kiện thích hợp nhất cho sinh trưởng của hệ sợi nấm. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo tiến sỹ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2024.TS.039. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Wu, S. Zhang, B. Peng, et al. (2024), “*Ganoderma lucidum*: A comprehensive review of phytochemistry, efficacy, safety and clinical study”, *Food Science and Human Wellness*, **13**, pp.568-596, DOI: 10.26599/FSHW.2022.9250051.
- [2] K.S. Ziaja, M. Balik, A. Szczepkowski, et al. (2023), “A review of chemical composition and bioactivity studies of the most promising species of *Ganoderma* spp.”, *Diversity*, **15**(8), DOI: 10.3390/d15080882.
- [3] Y.F. Sun, J.H. Xing, X.L. He, et al. (2022), “Species diversity, systematic revision and molecular phylogeny of Ganodermataceae (Polyporales, Basidiomycota) with an emphasis on Chinese collections”, *Studies in Mycology*, **101**, pp.287-415, DOI: 10.3114/sim.2022.101.05.
- [4] H.T. Hoa, C.L. Wang, C.H. Wang (2015), “The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*)”, *Mycobiology*, **43**, pp.423-434, DOI: 10.5941/MYCO.2015.43.4.423.

[5] T.L. Nguyen, V.V. Le, B.T.T. Nguyen, et al. (2023), “Optimization of mycelial growth and cultivation of wild *Ganoderma sinense*”, *BioTechnologia (Pozn)*, **104(1)**, pp.65-74, DOI: 10.5114/bta.2023.125087.

[6] H.K. Nguyen, T.T.H. Dang, T.G.T. Tran, et al. (2025), “Species diversity of Ganodermataceae fungi in Yok Don national park, Central Highlands of Vietnam”, *International Journal of Environmental Sciences*, **11**, pp.639-650, DOI: 10.64252/g9fn6065.

[7] N. Anh, T.D. Hung, N.T.D. Trang, et al. (2008), “A study on the diversity and resource value of the macrofungal flora in Thua Thien Hue Province and cultivation technologies of medicinal mushrooms”, *Hue University Journal of Science*, **48(1)**, pp.5-14 (in Vietnamese).

[8] L.B. Dung (2003), *Macrofungi of The Central Highlands of Vietnam*, Science and Technics Publishing House, 277pp (in Vietnamese).

[9] T.T. Kiet (2011), *Macrofungi of Vietnam (Volume 1)*, Publishing House for Natural Science and Technology, 135pp (in Vietnamese).

[10] N.P.D. Nguyen (2013), *Ganoderma Mushrooms in The Central Highlands of Vietnam*, Education Publishing House, 151pp (in Vietnamese).

[11] N.P.D. Nguyen, D.H. Thu, L.B. Dung (2013), “Characteristics of ecological factors and distribution of the family Ganodermataceae donk in the Central Highlands region”, *Journal of Biology*, **35**, pp.198-205 (in Vietnamese).

[12] N.P.D. Nguyen (2015), “Species diversity of the genus ganoderma in Kon Ka Kinh national park, Gia Lai province”, *Proceedings of The 6th National Scientific Conference on Ecology and Biological Resources*, pp.738-742 (in Vietnamese).

[13] W. Aiduang, K. Jatuwong, T. Luangharn, et al. (2024), “A review delving into the factors influencing mycelium-based green composites (MBCs) production and their properties for long-term sustainability targets”, *Biomimetics*, **9**, DOI: 10.3390/biomimetics9060337.

[14] C. Jayasinghe, A. Imtiaj, H. Hur, et al. (2008), “Favorable culture conditions for mycelial growth of Korean wild strains in *Ganoderma lucidum*”, *Mycobiology*, **36**, pp.28-33, DOI: 10.4489/MYCO.2008.36.1.028.

[15] Y.J. Tang, J.J. Zhong (2002), “Fed-batch fermentation of *Ganoderma lucidum* for hyperproduction of polysaccharide and ganoderic acid”, *Enzyme and Microbial Technology*, **31**, pp.20-28, DOI: 10.1016/S0141-0229(02)00066-2.

- [16] B. Winnepenninckx, T. Backeljau, R.D. Wachter (1993), “Extraction of high molecular weight DNA from molluscs”, *Trends in Genetics*, **9(12)**, DOI: 10.1016/0168-9525(93)90102-n.
- [17] B.T.T. Nguyen, V.V. Le, H.T.T. Nguyen, et al. (2021), “Successful rescue of wild *trametes versicolor* strains using sawdust- and rice husk-based substrate”, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **24**, pp.374-382, DOI: 10.3923/pjbs.2021.374.382.
- [18] Y.W. Liu, C.M. Liu, H.Y. Chen, et al. (2023), “Optimal production of *Ganoderma formosanum* mycelium with anti-melanogenic activity”, *Fermentation*, **9**, DOI: 10.3390/fermentation9040372.
- [19] K. Subedi, B.B. Basnet, R. Panday, et al. (2021), “Optimization of growth conditions and biological activities of Nepalese *Ganoderma lucidum* strain Philippine”, *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, **2021**, DOI: 10.1155/2021/4888979.
- [20] N.T. Luyen, N.T.H. Trang, N.X. Nghien, et al. (2023), “Some characteristics of mycelial growth, fruiting body formation and development of *Ganoderma orbiforme* FM6 collected from Pu Mat national park”, *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, **21(12)**, pp.1622-1634 (in Vietnamese).
- [21] H. Zhou, L. Bao, Z. Peng, et al. (2025), “Multigene identification of a giant wild strain of *Ganoderma mutabile* (ZHM1939) and screening of its culture substrates”, *Life*, **15(9)**, DOI: 10.3390/life15091475.
- [22] N.T. Giang, P.T. Thu, P.B. Hien, et al. (2022), “Effects of several factors on the mycelial growth of the DTL1.25 mutant strain of Lingzhi mushroom (*Ganoderma lucidum*)”, *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, **20(12)**, pp.1649-1658 (in Vietnamese).
- [23] T.A. Krupodorova, V.Yu. Barshteyn, A.S. Sekan (2021), “Review of the basic cultivation conditions influence on the growth of basidiomycetes”, *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology)*, **11(1)**, pp.494-531, DOI: 10.5943/cream/11/1/34.