

KHẢO SÁT SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐẤT SÉT ĐẾN SỰ PHÁT TRIỂN CỦA TẢO *CYANOBACTERIA* TRONG ĐIỀU KIỆN PHÒNG THÍ NGHIỆM

NGUYỄN ANH TÚ¹ - NGUYỄN THỊ ÁNH NGỌC¹

Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

Nguyen Tat Thanh University

Email: natu@ntt.edu.vn

Ngày nhận bài: 1/7/2026

Ngày sửa bài: 14/7/2026

Ngày duyệt đăng bài: 29/7/2026

Tóm tắt:

Sự gia tăng ô nhiễm và phú dưỡng hóa tại các thủy vực nước ngọt ở Việt Nam tạo điều kiện cho vi khuẩn lam (VKL), đặc biệt *Microcystis* và *Anabaena*, phát triển mạnh và sinh độc tố microcystins, gây nguy hại cho hệ sinh thái và sức khỏe con người. Trong khi WHO đã ban hành ngưỡng an toàn 1 µg/L cho nước sinh hoạt, hệ thống xử lý nước tại Việt Nam vẫn chưa loại bỏ hiệu quả độc tố này. Nhiều biện pháp kiểm soát VKL đã được nghiên cứu nhưng còn hạn chế về chi phí và tính thực tiễn. Đất sét là giải pháp tiềm năng, thân thiện môi trường và đã được áp dụng tại nhiều quốc gia. Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của một số loại đất sét đến sự phát triển của *Microcystis* và *Anabaena* nhằm tìm kiếm hướng kiểm soát VKL hiệu quả cho các thủy vực cấp nước sinh hoạt.

Từ khóa: cyanobacteria, microcystis, anabaena, vi khuẩn lam, đất sét

Effects of clay on the growth of cyanobacteria under laboratory conditions

Abstract:

Increasing pollution and eutrophication in Vietnamese freshwater bodies promote the proliferation of cyanobacteria, particularly *Microcystis* and *Anabaena*, which may produce harmful microcystins. This study investigates the effects of different clay types and concentrations on the growth of *Microcystis* sp. and *Anabaena* sp. under laboratory conditions. Clay samples were characterized by pH, organic content, mineral composition, and surface morphology, while cyanobacterial growth was monitored over 30 days at clay concentrations of 5, 20, 80, and 200 mg/L. The results indicate that differences in kaolinite, illite, and montmorillonite contents influence the capacity of clay to aggregate and remove cyanobacterial cells. The findings support the potential use of clay as an environmentally friendly approach for controlling cyanobacterial blooms in freshwater bodies used for domestic water supply.

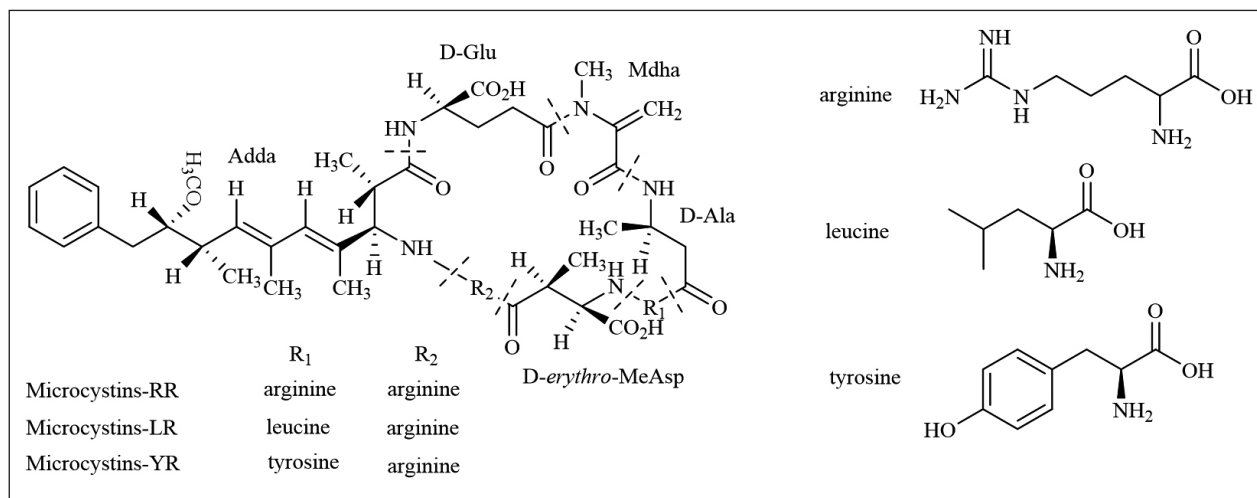
Keywords: cyanobacteria, *Microcystis*, *Anabaena*, blue-green algae, clay

1. Đặt vấn đề

Vi khuẩn lam (*Cyanobacteria*) là nhóm sinh vật tiên nhân có khả năng quang hợp, phân bố rộng trong các thủy vực nước ngọt và đóng vai trò quan trọng trong chu trình năng lượng sinh thái. Chúng có cấu trúc tế bào đơn giản, không có nhân điển hình, không ti thể và thường tồn tại dưới dạng đơn bào, tập đoàn hoặc dạng sợi. Nhiều loài có thể hình thành dị bào để cố định nitơ và tạo tế bào nghỉ nhằm tồn tại trong điều kiện bất lợi. Nhờ không bào khí, vi khuẩn lam điều chỉnh vị trí nổi - chìm trong cột nước để tối ưu hóa ánh sáng và dinh dưỡng. Các chi như *Microcystis* và *Anabaena* thường gây hiện tượng nở hoa, đặc biệt ở các thủy vực phú dưỡng giàu nitơ và photpho, và hiện tượng này có thể xảy ra quanh năm tại vùng nhiệt đới.

Một đặc điểm đáng chú ý của vi khuẩn lam là khả năng sinh độc tố, trong đó microcystins (MCs) là phổ biến nhất. MCs thuộc nhóm cyclic peptides, có cấu trúc vòng bền vững và khó phân hủy trong điều kiện môi trường thông thường. Chúng gây ức chế enzyme protein phosphatase 1A và 2A, dẫn đến tổn thương gan nghiêm trọng ở động vật và con người. Các nghiên cứu gần đây cho thấy biến đổi khí hậu, nhiệt độ tăng và cường độ ánh sáng cao có thể thúc đẩy quá trình sinh tổng hợp MCs, làm gia tăng nguy cơ ô nhiễm độc tố trong các thủy vực nước ngọt (Shakoor et al., 2026). Đồng thời, các phân tích di truyền mới đã chỉ ra rằng *Microcystis* sở hữu hệ gen thứ cấp rất đa dạng, liên quan đến nhiều nhóm chất độc và hợp chất sinh học chưa được giải mã hoàn toàn (Yancey et al., 2026). Ngoài ra, MCs được ghi nhận có khả năng tồn tại lâu trong môi trường và chịu tác động phân hủy rất chậm, khiến việc kiểm soát trở thành thách thức lớn đối với quản lý nguồn nước (Lerminiaux et al., 2026). Tại Việt Nam, MCs đã được phát hiện ở nhiều hồ chứa lớn như Trị An, Dầu Tiếng và Núi Cốc với hàm lượng đáng lo ngại, cho thấy nhu cầu cấp thiết về các giải pháp kiểm soát vi khuẩn lam và độc tố của chúng.

Hình 1. Cấu trúc hóa học của 3 loại độc tố Microcystins thường gặp.



2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu, hóa chất và dụng cụ nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, các vật liệu, hóa chất và dụng cụ được chuẩn bị nhằm phục vụ cho quá trình phân lập, nuôi cấy và đánh giá ảnh hưởng của đất sét đến sự phát triển của 2 chủng vi khuẩn lam *Microcystis* sp. và *Anabaena* sp.. Mẫu đất được thu tại các khu vực có thành phần hạt mịn, sau đó được rây đến cấp độ hạt sét theo yêu cầu thí nghiệm. Các mẫu đất này được phân tích hàm lượng hữu cơ theo TCVN 8726-2012, đo pH theo TCVN 5979-2021 và xác định khoáng vật sét bằng phương pháp MBA (Methylene Blue Adsorption) dựa trên khả năng hấp phụ Methylene Blue. Phương pháp MBA vẫn được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu gần đây để đánh giá khả năng trao đổi cation và diện tích bề mặt của đất sét - 2 yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng kết tập và loại bỏ tế bào vi khuẩn lam.

2 chủng vi khuẩn lam được phân lập theo phương pháp Belcher & Swale (1988) và nuôi cấy trong môi trường WC. Thành phần môi trường WC bao gồm các muối khoáng thiết yếu như K_2HPO_4 , NH_4Cl , $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $NaNO_3$, $NaHCO_3$ cùng các nguyên tố vi lượng và vitamin B1, B12, H. Đây là môi trường chuẩn được sử dụng trong nhiều nghiên cứu hiện đại về cyanobacteria, đặc biệt trong các thí nghiệm đánh giá độc tố và sinh trưởng (Yancey et al., 2026; Shakoore et al., 2026).

Hóa chất sử dụng trong thí nghiệm gồm Methylene Blue, axit sulfuric 0.1N, nước cất và các hóa chất phục vụ phân tích khoáng vật sét theo ASTM C837-99. Các dụng cụ thí nghiệm bao gồm cân kỹ thuật độ chính xác 0.01 g, micropipet 500 μ L và 1000 μ L, bình tam giác 125 mL và 1000 mL, cốc thủy tinh nhiều kích cỡ, máy khuấy từ, nam châm khuấy PVS, buret 25 mL, giấy lọc Baroid số 987, giấy bạc và giấy đo pH. Những thiết bị này đảm bảo độ chính xác trong quá trình định lượng tế bào và đánh giá hiệu suất loại bỏ.

Cấu trúc bề mặt hạt sét được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét SEM nhằm đánh giá đặc tính khoáng vật sét, độ xốp và diện tích bề mặt - các yếu tố được chứng minh có vai trò quan trọng trong khả năng kết tập và lắng tế bào cyanobacteria theo các nghiên cứu mới (Lerminiaux et al., 2026). Toàn bộ vật liệu và thiết bị trên được sử dụng xuyên suốt quá trình thí nghiệm để đảm bảo độ tin cậy và tính lặp lại của kết quả.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được xây dựng nhằm đánh giá ảnh hưởng của đất sét đến sự phát triển của hai chủng vi khuẩn lam *Microcystis* sp. và *Anabaena* sp.. Trước hết, các tài liệu trong và ngoài nước liên quan đến sinh trưởng, đặc tính sinh thái và khả năng kết tụ của vi khuẩn lam được thu thập để làm cơ sở lý thuyết. Hai chủng vi khuẩn lam được phân lập theo phương pháp Belcher & Swale (1988), “được phân lập trực tiếp... bằng cách hút rửa tế bào”, sau đó nuôi cấy trong môi trường WC chuẩn, chứa đầy đủ muối khoáng và vi lượng cần thiết cho sự phát triển của cyanobacteria.

Mẫu đất được thu tại các khu vực có thành phần hạt mịn, xử lý sơ bộ và rây qua lưới < 0,075 mm để thu phần hạt sét. Hàm lượng hữu cơ được phân tích theo TCVN 8726:2012, và pH đất được xác định theo TCVN 5979:2021, đảm bảo độ chính xác trong phép đo pH huyền phù đất. Thành phần khoáng vật sét được phân tích bằng phương pháp MBA theo ASTM C837-99, dựa trên khả năng hấp phụ Methylene Blue của đất sét, nhằm phân loại các mẫu giàu kaolinite, illite hoặc montmorillonite. Phương pháp MBA hiện vẫn được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu mới về tương tác đất sét - cyanobacteria.

Mô hình thí nghiệm được thiết kế với 52 bình tam giác chứa 80 mL môi trường WC và đất sét ở bốn nồng độ: 5, 20, 80 và 200 mg/L. Sau khi hấp khử trùng, mỗi bình được cấy một lượng vi khuẩn lam đã định lượng bằng buồng đếm Neubauer Improved. Thí nghiệm kéo dài 30 ngày, mẫu được lấy mỗi 5 ngày để xác định mật độ tế bào. Đồng thời, cấu trúc bề mặt hạt sét được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét SEM nhằm đánh giá đặc tính hình thái và khả năng kết tụ tế bào.

Dữ liệu được xử lý bằng Excel và SPSS, sử dụng ANOVA một và hai yếu tố với ngưỡng ý nghĩa $P < 0.05$. Phương pháp này đảm bảo độ tin cậy và phù hợp với các nghiên cứu hiện đại về kiểm soát vi khuẩn lam bằng vật liệu khoáng.

3. Kết quả và thảo luận

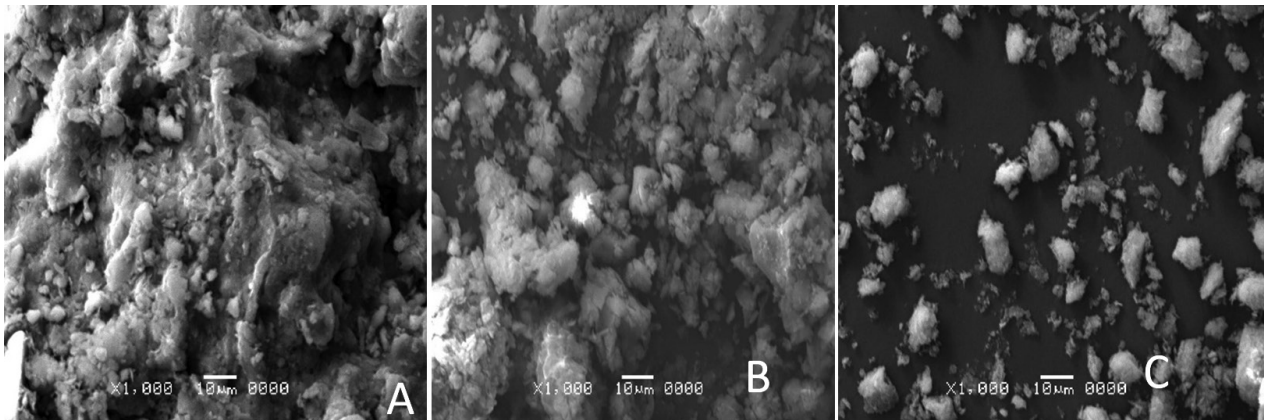
Kết quả nghiên cứu cho thấy, các mẫu đất sét thu được có sự khác biệt rõ rệt về thành phần khoáng vật, hàm lượng hữu cơ và pH, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng kiểm soát sự phát triển của 2 chủng vi khuẩn lam *Microcystis* sp. và *Anabaena* sp.. Phân tích ban đầu cho thấy, mẫu đất giàu kaolinite có hàm lượng hữu cơ thấp và pH trung tính, trong khi các mẫu chứa illite và montmorillonite có hàm lượng hữu cơ cao hơn và pH dao động rộng hơn. Điều này cho thấy, sự khác biệt về khoáng vật sét có thể đóng vai trò quan trọng trong khả năng kết tụ và loại bỏ tế bào vi khuẩn lam.

Bảng 1. Bảng kết quả , hàm lượng hữu cơ có trong đất, thành phần khoáng vật sét có trong các loại đất

STT	Thông số	Giá trị trung bình cộng		
		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
1	pH _{H₂O}	6.77	6.27	6.25
2	Độ ẩm (%)	2.26	4.48	5.76
3	Hàm lượng cacbon P _{OC} (%)	1.506	4.322	0.57
4	Hàm lượng hữu cơ P _{OM} (%)	2.596	7.451	0.98
5	Hàm lượng Kaolinite (%)	20.16	25.16	52.07
6	Hàm lượng Montmorillonite (%)	16.05	42.3	35.47
7	Hàm lượng Illite (%)	46.25	20.25	9.05

Ảnh chụp SEM của các mẫu đất sét cho thấy, kaolinite có cấu trúc dạng phiến mỏng, ít khe rỗng, trong khi montmorillonite có cấu trúc lớp xếp chồng với nhiều khe hở, tạo diện tích bề mặt lớn hơn. Illite có cấu trúc trung gian giữa hai loại trên. Những đặc điểm này phù hợp với lý thuyết về khả năng trao đổi cation và diện tích bề mặt của đất sét, vốn ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ tế bào vi khuẩn lam.

Hình 2. Ảnh chụp kính hiển vi quét điện tử (SEM) của các mẫu đất



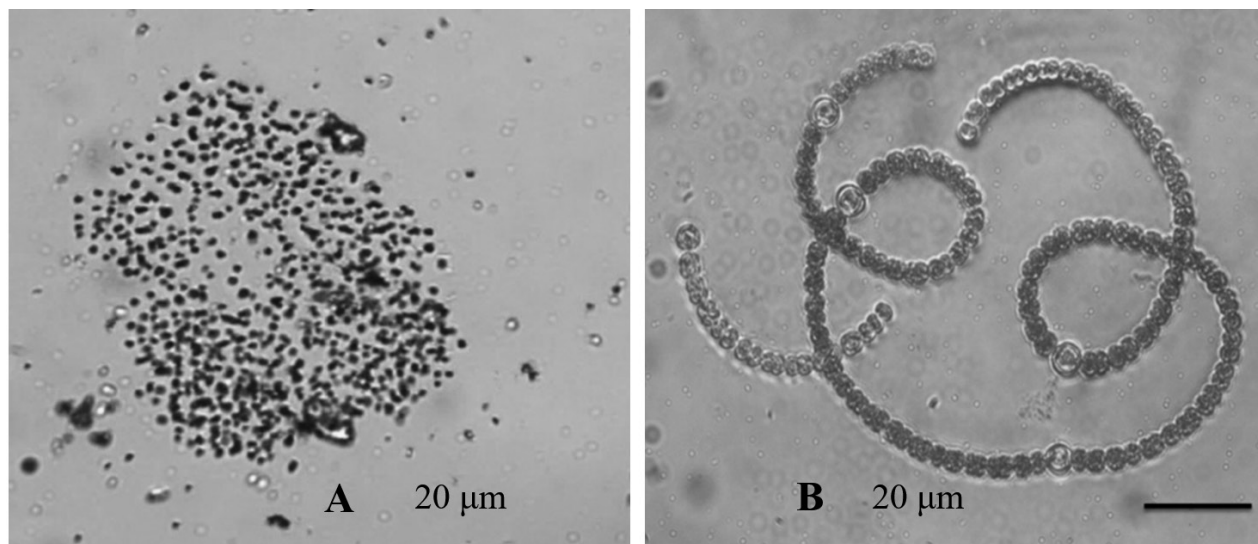
A: đất có chứa nhiều illite; B: đất có chứa nhiều montmorillonite; C: đất có chứa nhiều kaolinite

2 chủng *Microcystis* sp. và *Anabaena* sp. được phân lập thành công và nuôi cấy ổn định trong môi trường WC. Hình thái quan sát dưới kính hiển vi cho thấy *Microcystis* sp. tồn tại dạng tập đoàn, trong khi *Anabaena* sp. có dạng sợi với các dị bào đặc trưng. Đây là hai loài có khả năng sinh độc tố microcystins và thường xuất hiện trong các thủy vực phú dưỡng.

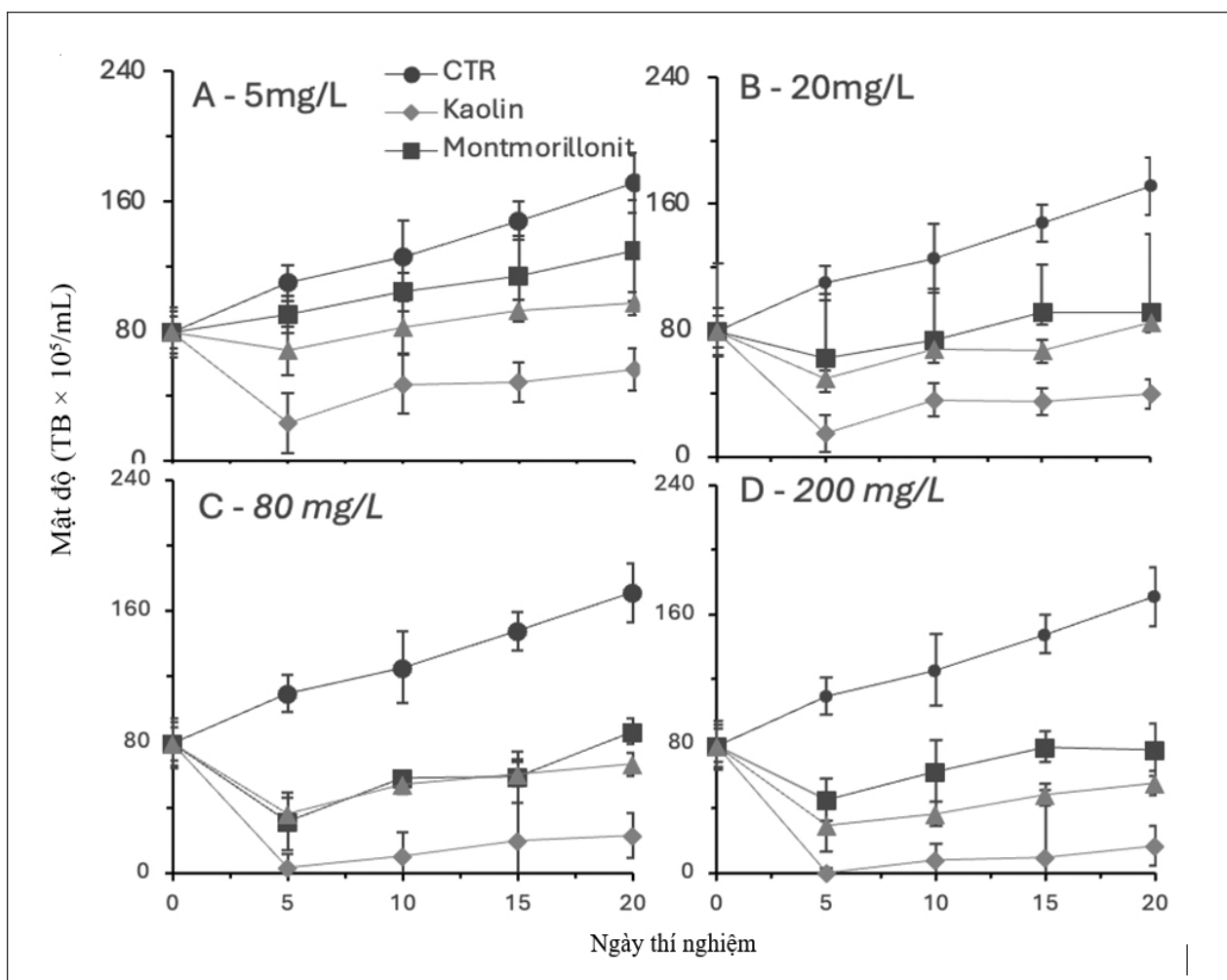
Kết quả thí nghiệm cho thấy, cả 3 loại đất sét đều có khả năng làm giảm mật độ tế bào vi khuẩn lam, nhưng mức độ hiệu quả khác nhau tùy thuộc vào loại khoáng vật và nồng độ sử dụng. Đối với *Microcystis* sp., đất sét giàu kaolinite cho hiệu suất loại bỏ cao nhất, đặc biệt ở nồng độ 200 mg/L. Kaolinite có cấu trúc ổn định, ít trương nở, giúp tạo điều kiện kết tụ hiệu quả hơn so với illite và montmorillonite.

Đối với *Anabaena* sp., xu hướng tương tự cũng được ghi nhận. Đất sét kaolinite ở nồng độ 200 mg/L cho hiệu suất loại bỏ cao nhất, trong khi montmorillonite và illite cho hiệu suất thấp hơn. Điều này có thể liên quan đến đặc tính hình thái của *Anabaena* sp., vốn có dạng sợi dài, dễ bị kết tụ bởi các hạt sét có cấu trúc phiến mỏng như kaolinite.

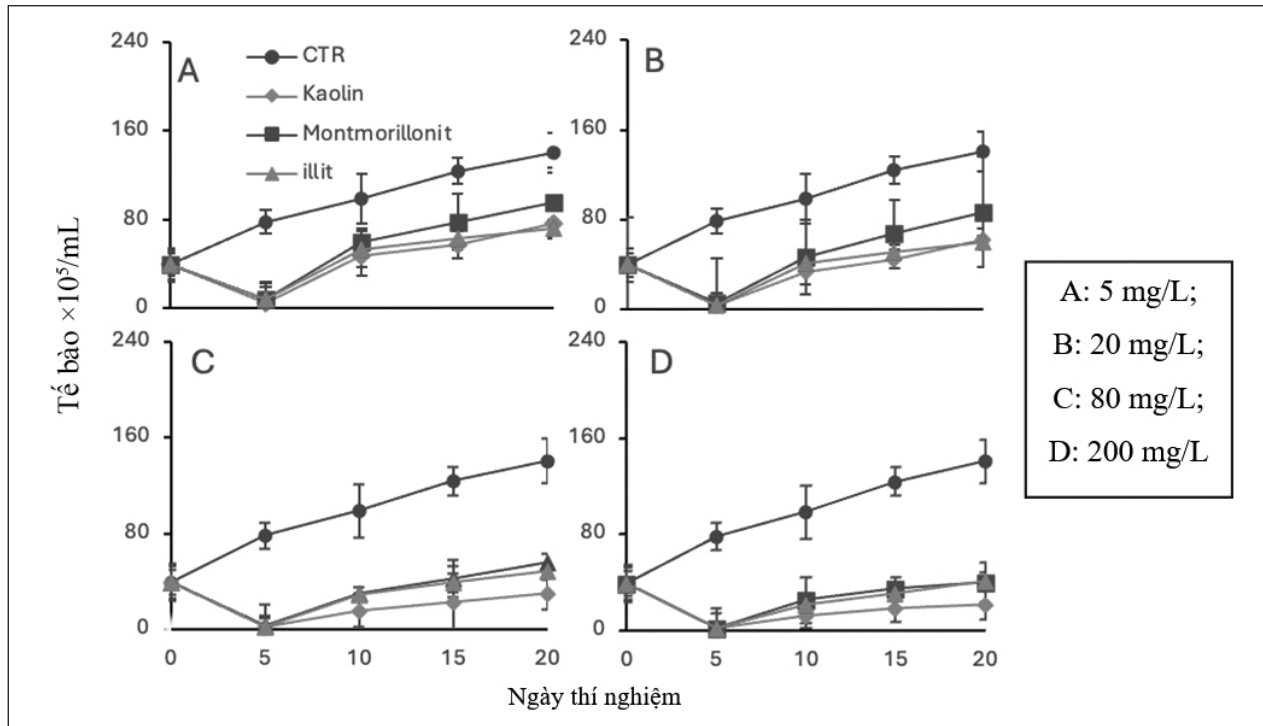
Hình 3. Các chủng VKL (A: *Microcystis* sp.; B: *Anabaena* sp.)



Hình 4. Biểu đồ thể hiện mật độ tế bào VKL *Microcystis* sp. qua 4 nồng độ của 3 mẫu đất sét khác nhau



Hình 5. Biểu đồ thể hiện mật độ tế bào VKL *Anabaena* sp. qua 4 nồng độ của 3 mẫu đất sét khác nhau



Phân tích thống kê ANOVA cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức, đặc biệt ở nồng độ cao. Điều này chứng minh, đất sét không chỉ có khả năng kết tụ cơ học mà còn có thể ảnh hưởng đến sự ổn định của tập đoàn vi khuẩn lam. Các nghiên cứu gần đây (2020-2026) cũng cho thấy đất sét, đặc biệt là kaolinite, có thể làm giảm khả năng nổi của cyanobacteria bằng cách phá vỡ không bào khí, từ đó làm giảm khả năng tiếp cận ánh sáng.

Tổng hợp kết quả cho thấy, đất sét kaolinite ở nồng độ 200 mg/L là lựa chọn tối ưu để kiểm soát sinh khối *Microcystis* sp. và *Anabaena* sp. trong điều kiện thí nghiệm. Điều này phù hợp với xu hướng nghiên cứu hiện đại, trong đó kaolinite được xem là vật liệu khoáng có tiềm năng cao trong việc kiểm soát nở hoa vi khuẩn lam nhờ tính ổn định, giá thành thấp và thân thiện với môi trường ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Bộ Khoa học và Công nghệ (2012). TCVN 8726:2012 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định hàm lượng chất hữu cơ.
- Bộ Khoa học và Công nghệ (2021). TCVN 5979:2021 - Đất - Xác định pH (ISO 10390:2021).
- ASTM International (1999). ASTM C837-99- Standard Test Method for Methylene Blue Index of Clay. <https://store.astm.org/c0837-09r19.html>.
- Belcher, H., & Swale, E. (1988). A beginner's guide to freshwater algae. Institute of Terrestrial Ecology.
- Lerminiaux, J., Bogard, M.J., Leavitt, P.R. et al. (2026). Multiscale regulation of microcystin production, persistence and degradation in inland waters. *Nat Water* 4, 431-443. <https://doi.org/10.1038/s44221-026-00614-z>.
- Shakoor, A., Zhang, Y., Li, Y., Shan, K., Yan, C., Li, Y., Tang, X., Wu, Y., Hou, L., & Gao, X. (2026). When water turns toxic: how climate change drives cyanotoxin biosynthesis - A mechanistic review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 42, 448. <https://doi.org/10.1007/s11274-026-05177-5>.
- Yancey, C. E., Hart, L. N., & Dick, G. J. (2026). Secondary metabolism of *Microcystis*: current understanding and recent advances in unlocking genomic and chemical diversity. *Applied and Environmental Microbiology*, 92(1), e01634-25. <https://doi.org/10.1128/aem.01634-25>.