

## Ảnh hưởng của muội silic lên tốc độ phát triển của vi tảo *Chlorella vulgaris* trên bề mặt vữa

Influence of silica fume on the growth rate of microalgae *Chlorella vulgaris* on the mortar surface

Trần Thu Hiền  
Thu Hien Tran

*Khoa Xây dựng, Đại học Duy Tân, 03 Quang Trung, Đà Nẵng, Việt Nam.  
Department of Civil Engineering, Duy Tan University, 03 Quang Trung, Danang, Vietnam.*

*(Ngày nhận bài: 15/03/2019, ngày phản biện xong: 20/03/2019, ngày chấp nhận đăng: 01/04/2019)*

### Tóm tắt

Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia khoáng (muội silic) lên tốc độ bao phủ bề mặt vữa do vi tảo. Các thí nghiệm được thực hiện trên một hệ thống mô phỏng dòng chảy nước mưa, cho phép tưới định kì dung dịch tảo lên bề mặt mẫu. Vi tảo *Chlorella vulgaris* được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu do tính đại diện và dễ nuôi cấy. Để đánh giá quá trình vi tảo phát triển, phương pháp phân tích hình ảnh được sử dụng. Kết quả cho thấy khi sử dụng muội silic thay thế xi măng trong vữa, tốc độ phát triển của vi tảo trên bề mặt vật liệu tăng lên. Mẫu chứa 10% hàm lượng muội silic có tốc độ bị vi sinh vật bao phủ đạt lớn nhất.

*Từ khóa:* Vữa, muội silic, hư hỏng, vi tảo.

### Abstract

This work aims at studying the influence of the mineral admixture (silica fume) on the bioreceptivity of mortars to phototrophic microorganisms. A fouling test imitating the rain-fall phenomenon, was performed allowing a periodic sprinkling of algae suspension on the samples surface. The green alga *Chlorella vulgaris* was chosen due to its representativeness and facility in culturing. The biofouling of samples surface was evaluated by means of image analysis. The obtained results show that the silica fume use in replacing cement increased the growth rate of microalgae on the mortar surface. The sample with 10% of silica fume was covered by microalgae at the highest rate.

*Key words:* Mortar, silica fume, biodegradation, microalgae.

### 1. Đặt vấn đề

Hoàn thiện tường công trình bằng vật liệu vữa sử dụng chất kết dính xi măng rất phổ biến tại Việt Nam cũng như nhiều nước trên thế giới (Singapore, Pháp...). Tuy nhiên, việc sản xuất xi măng gây ra nhiều vấn đề môi trường như cạn kiệt tài nguyên khoáng sản, phát thải khí hiệu ứng nhà kính. Vì vậy, một phần xi măng trong vữa, bê tông được thay thế bởi các phụ gia khoáng

khác như tro bay, muội silic, tro trấu... Ngoài tác dụng giảm thiểu ô nhiễm môi trường, các phụ gia khoáng còn có tác dụng cải thiện một số tính chất của bê tông. Ảnh hưởng của các loại phụ gia khoáng tới cường độ cũng như tính bền vững của vật liệu vữa hay bê tông đã được nghiên cứu nhiều [1]. Trong khi đó ảnh hưởng của các loại phụ gia khoáng này lên mức độ hư hỏng do vi sinh vật còn ít được nghiên cứu.

Bề mặt vữa trát tường công trình, chỉ một thời gian rất ngắn sau khi hoàn thành, đã có các vết cấu bẩn xuất hiện [2, 3]. Các vết bẩn này do nhiều nguyên nhân khác nhau. Một trong các nguyên nhân đó là sự xuất hiện và phát triển của các loài vi sinh vật trên bề mặt tường nhà, gây ra vết bẩn màu đen, đỏ hay xanh... tùy thuộc vào loài vi sinh vật có mặt. Chúng có thể là vi khuẩn, vi tảo, vi nấm, địa y, rong rêu. Theo nhiều nghiên cứu, vi tảo là loài xuất hiện nhiều nhất và chiếm % khối lượng lớn nhất trong thành phần vi sinh vật phát triển trên bề mặt công trình dân dụng [4 - 8].

Khả năng gây hư hỏng vật liệu do vi tảo dính bám và phát triển vẫn đang còn tranh cãi trên thế giới [8]. Tuy nhiên, sự bao phủ bởi vi sinh vật trên mặt tường ngoài, trong phần lớn trường hợp, ảnh hưởng tới mỹ quan công trình. Để loại bỏ vết bẩn hiệu quả, người ta thường dùng hóa chất tẩy rửa và diệt vi sinh vật. Do đó kéo theo vấn đề về ô nhiễm môi trường.

Sự xuất hiện và phát triển của vi sinh vật chịu ảnh hưởng bởi đặc tính của vật liệu bề mặt và điều kiện khí hậu [7 - 9]. Crispim et al. đã chỉ ra rằng, thành phần loài, loài chiếm ưu thế phụ thuộc vào vùng khí hậu (nhiệt đới hay ôn đới) [9]. Tuy nhiên, các điều kiện “tiểu vùng khí hậu” (độ ẩm, ánh sáng) có tầm ảnh hưởng quan trọng hơn tới sự phát triển của vi tảo [7]. Các điều kiện này phụ thuộc vào độ nghiêng, hướng của mặt tường, bóng râm, khí hậu bên trong công trình (như nhiệt độ trong công trình, độ dày của tường) [7].

Tính chất của vật liệu bề mặt ảnh hưởng tới sự bao phủ của vi sinh vật gồm đặc tính vật lý (độ nhám, độ rỗng) và hóa học (thành phần hóa học, độ

pH bề mặt) [10]. Độ rỗng và sự phân bố lỗ rỗng ảnh hưởng tới mức độ hút và giữ nước của vật liệu cũng như cột nước mao dẫn tại chân tường. Bởi vậy, cấu trúc lỗ rỗng vật liệu ảnh hưởng tới lượng nước dự trữ, cung cấp cho vi tảo. Tran và cộng sự [10] nhận xét rằng trong cùng một điều kiện, sự xâm nhập và phát triển của vi tảo trên mặt tường vữa mới trát chậm hơn nhiều trên tường cũ. Nguyên nhân là bề mặt tường mới có tính kiềm cao ( $\text{pH} = 11$ ), do đó ngăn chặn sự phát triển của vi tảo. Nhưng theo thời gian, dưới sự rửa trôi của nước mưa, quá trình cacbonat hóa tự nhiên, tác động của các loài vi khuẩn đã xâm nhập trước, bề mặt vật liệu giảm độ kiềm ( $\text{pH} = 8 - 9$ ) và tạo môi trường thuận lợi cho vi tảo phát triển. Cũng theo các tác giả này, độ nhám là một nhân tố vật lý có mức độ ảnh hưởng quan trọng [4, 17]. Độ nhám giúp các tế bào vi sinh vật dễ mắc, bám lại trên bề mặt. Do đó, bề mặt tường nhám sẽ dễ bị cấu bẩn hơn bề mặt tường nhẵn.

Tuy nhiên, ảnh hưởng của các loại phụ gia khoáng sử dụng trong vữa tới sự xuất hiện và phát triển của vi sinh vật hầu như chưa được đánh giá. Trong nghiên cứu này, tác giả tập trung làm rõ tác động của phụ gia khoáng - muối silic trong vữa xi măng đối với tốc độ phát triển của vi tảo. Một hệ thống thực nghiệm, mô phỏng hiện tượng nước mưa chảy trên mặt tường, đã được lắp đặt trong phòng thí nghiệm. Đây là hệ thống được thiết kế tại trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### a. Đặc trưng của vật liệu nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu là vữa xi măng, có thành phần được cho như trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần vữa

Kí hiệu	Tỉ lệ muối silic (%)	Xi măng (g)	Cát (g)	Muối silic (g)	Nước (ml)
1	0	808,0	2424,5	0,0	440
2	10	727,2	2424,5	80,8	440
3	20	646,5	2424,5	161,5	440

Mỗi loại vật liệu được chuẩn bị 3 mẫu, kích thước  $20 \times 8 \times 1 \text{ cm}^3$ . Ba mẫu này được đặt trên khay inox không rỉ, nghiêng một góc  $45^\circ$  so với mặt phẳng nằm ngang. Dung dịch vi tảo được phun từ trên xuống, cách bề mặt vữa 10 cm. Ống phun dung dịch tảo được khoan 24 lỗ cách đều nhau 1 cm. Dung dịch tảo được đặt phun tự động 2 lần mỗi ngày, cách nhau 12 giờ, và kéo dài trong 90 phút hoặc 120 phút. Hệ thống đường ống dẫn, máng inox, bình chứa và máy bơm giúp vận chuyển dung dịch tảo tuần hoàn (Hình 1).



Hình 1. Mô hình thí nghiệm

Bề mặt các khay chứa mẫu được để hở từ ngày thí nghiệm 1 đến ngày 60. Nhận thấy việc để hở như vậy sẽ khiến bề mặt mẫu nhanh khô do nước bốc hơi và hạn chế đáng kể tốc độ phát triển của tảo. Vì vậy, kể từ ngày thứ 61, khay chứa mẫu được bao bọc bởi một lớp nylon thực phẩm nhằm giữ độ ẩm của vữa, tạo điều kiện thuận lợi cho tảo phát triển.

#### b. Nguồn gốc và sự nuôi cấy vi tảo

Vi tảo *Chlorella vulgaris* được nuôi trong các bình tam giác dung tích 2 L. Mỗi bình chứa 1,5

L dung dịch BBM đã được pha với 10 mL dung dịch tảo đang ở giai đoạn phát triển. Bình nuôi tảo được sục khí nhằm cung cấp  $\text{CO}_2$  và chiếu sáng 12h/24h. Nhiệt độ phòng được giữ ổn định ở  $27^\circ\text{C}$ . Trong quá trình nuôi, nồng độ pH của dung dịch được theo dõi thường xuyên và ổn định ở mức 6,5 - 7,5 nhằm không cho tảo lắng dưới đáy bình.

#### c. Phương pháp đánh giá sự phát triển của tảo trên bề mặt vật liệu

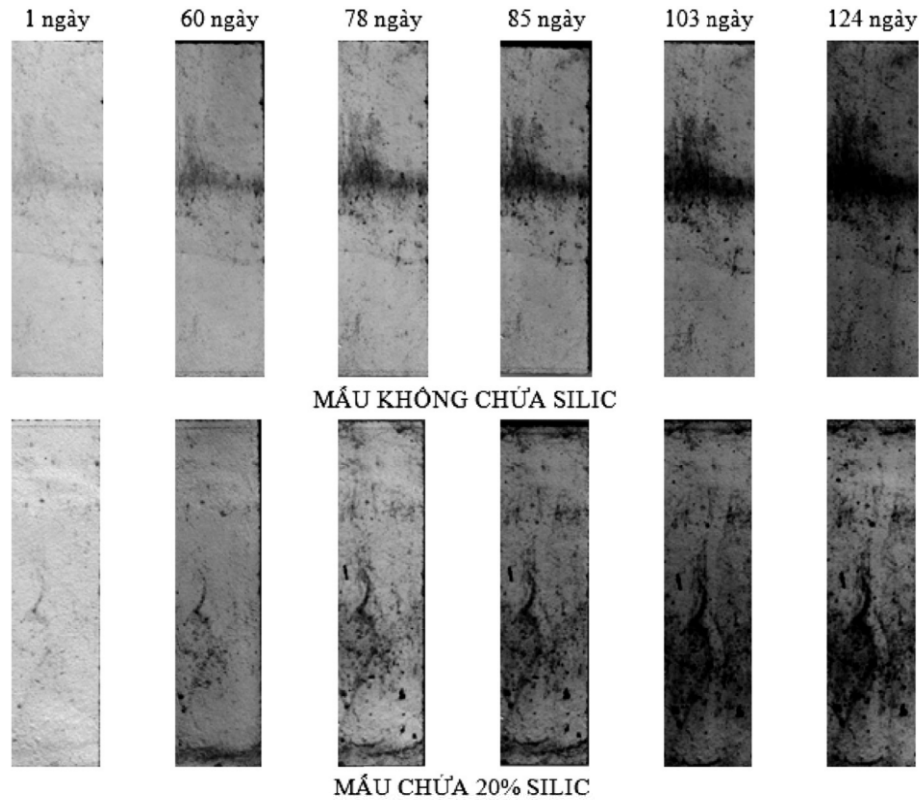
Nhiều phương pháp khác nhau được dùng để định lượng hệ vi sinh vật tồn tại trên bề mặt vật liệu và có thể chia làm hai nhóm: phương pháp phá hủy và phương pháp không phá hủy hệ vi sinh vật.

Những phương pháp phá hủy như: đếm số lượng tế bào, xác định khối lượng khô của vi sinh vật, đo hàm lượng chlorophyll a... Đánh giá trực quan, đo màu sắc, thu nhận và phân tích hình ảnh là những phương pháp không phá hủy thường được dùng. Nhằm đánh giá quá trình cấu trúc công trình dân dụng, tác giả đã lựa chọn phương pháp không phá hủy là phân tích hình ảnh. Bằng phương pháp này, diện tích bề mặt vật liệu bao phủ bởi tảo được xác định.

Bề mặt vật liệu được số hóa 2, 3 ngày một lần dưới dạng ảnh màu, nhờ một máy scan văn phòng (CanoScan LiDe 220). Ảnh màu thu được sau đó được chuyển sang ảnh nhị phân. Nhờ phần mềm phân tích ảnh ImageJ, phần bề mặt bao phủ bởi tảo được tách biệt khỏi bề mặt mẫu còn sạch. Từ đó, xác định được tổng diện tích bao phủ. Sự phát triển của vi tảo được đặc trưng bởi tỉ lệ % giữa diện tích bao phủ và diện tích bề mặt mẫu  $X(t)$ .

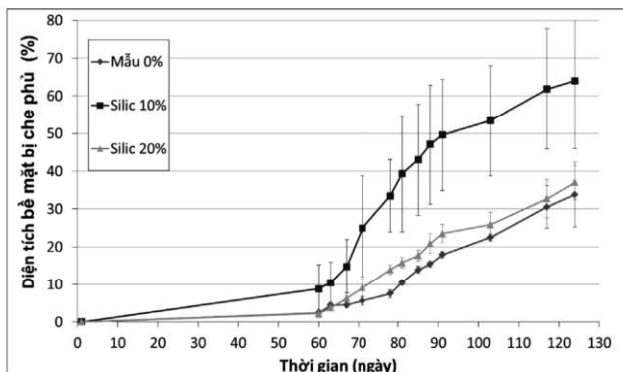
### 3. Kết quả và thảo luận

Hình 2 giới thiệu hình scan bề mặt mẫu vữa chứa 0 và 20% muối silic bị bao phủ bởi vi tảo theo thời gian từ 1 đến 124 ngày.



Hình 2. Hình ảnh scan bề mặt mẫu vữa tại các thời điểm thí nghiệm khác nhau

Quan sát Hình 2 ta thấy diện tích che phủ bề mặt vữa tăng dần theo thời gian. Sau 60 ngày thí nghiệm, vi tảo mới bắt đầu xuất hiện trên bề mặt vữa. Từ ngày 64 trở đi, có sự xuất hiện và phát triển rõ rệt của tảo trên bề mặt vữa. Tảo phát triển nhanh hơn khi một tấm nilon được bọc phủ trên bề mặt khay chứa vữa. Nhờ vậy, nước từ bề mặt mẫu vữa bốc hơi vào không khí được hạn chế và bề mặt mẫu vữa được duy trì độ ẩm cao. Vi tảo có nguồn nước dồi dào để phát triển.



Hình 3. Sự phát triển của vi tảo trên bề mặt vữa trong phòng thí nghiệm theo thời gian

Đồ thị Hình 3 thể hiện độ che phủ của tảo trên bề mặt vữa theo thời gian từ khi bắt đầu thí nghiệm 0 ngày đến 124 ngày. Trong 60 ngày đầu tiên, không thấy sự xuất hiện của tảo trên bề mặt các mẫu. Vi tảo bắt đầu xuất hiện trên bề mặt vữa sau 60 ngày, từ khi thay đổi điều kiện thí nghiệm. Nhận thấy rằng, khi thêm muối silic trong thành phần vữa, vi tảo phát triển mạnh hơn. Tuy nhiên, hàm lượng phụ gia khoáng sử dụng không tỉ lệ với khả năng tiếp nhận vi sinh vật của vữa. Mẫu chứa 20% muối có tốc độ phát triển tảo chậm hơn so với mẫu chứa 10% muối.

Tốc độ phát triển của tảo đạt lớn nhất trên bề mặt mẫu vữa 10%. Hơn 60% diện tích của loại mẫu này bị che phủ bởi tảo sau 124 ngày. Tiếp theo là mẫu chứa 20% muối silic. Khoảng 37% diện tích mẫu 20% có tảo phát triển sau 124 ngày. Tốc độ phát triển của tảo trên mẫu không chứa silic thấp nhất, đạt khoảng 33% khi kết thúc thí nghiệm. Tuy nhiên sự khác biệt giữa hai loại mẫu này không nhiều.

Mẫu vữa khi trộn silic có độ lưu động kém

hơn nhiều so với mẫu không chứa silic. Do các hạt muội silic có kích thước nhỏ hơn nhiều so với hạt xi măng (khoảng 10 lần) nên lượng nước yêu cầu lớn hơn. Điều này khiến việc lấp đầy khuôn khi chế tạo mẫu khó khăn, gây ra nhiều lỗ rỗng. Đồng thời bề mặt mẫu khó được hoàn thiện làm nhẵn, phẳng, khiến vữa nhám hơn. Độ rỗng cùng độ nhám lớn khiến vữa chứa muội silic dễ dàng cho vi sinh vật mắc bám lại và phát triển.

#### 4. Kết luận

Kết quả thu được cho thấy hệ thống thiết bị thí nghiệm mô phỏng hiện tượng dòng nước chảy cho phép nghiên cứu nhanh, trong điều kiện phòng thí nghiệm, ảnh hưởng của các đặc tính vật liệu lên tốc độ cấu bản gây ra do vi tảo. Khi sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính là muội silic để thay thế xi măng trong vữa, tốc độ phát triển của vi tảo trên vữa tăng lên. Điều này có thể là do độ rỗng và độ nhám của mẫu chứa muội silic lớn hơn, xuất phát từ độ linh động kém hơn của vữa này. Ngoài ra, kết quả thí nghiệm cho thấy tỉ lệ muội silic sử dụng không hoàn toàn tỉ lệ nghịch với tốc độ phát triển của vi tảo. Mẫu chứa 10% hàm lượng muội có diện tích bao phủ lớn hơn so với mẫu chứa 20%.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Sata, V., Jaturapitakkul, C. and K. Kiattikomol, 2007. *Influence of pozzolan from various by-product materials on mechanical properties of high strength concrete*. Constr Build Mater 21, 1589-98.
- [2] Le Borgne, A., Lanos, C., Trigalleau, M., 1994. *Le bâtiment face à sa microflore*. Editions ARIA/INSA, Reims.
- [3] Wee, Y.C., Lee K.B., 1980. *Proliferation of algae on surfaces of buildings in Singapore*. International Biodeterioration Bulletin 16, 113-117.
- [4] Grant, C., 1982. *Fouling of terrestrial substrates by algae and implications for control - a review*. International Biodeterioration Bulletin 18, 57-65.
- [5] Ortega-Calvo, J.J., Ariño, X., Hernandez-Marine, M., Saiz-Jimenez, C., 1995. *Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms*. Science of The Total Environment 167, 329-341.
- [6] Tomaselli, L., Lamenti, G., Bosco, M., Tiano, P., 2000. *Biodiversity of photosynthetic micro-organisms dwelling on stone monuments*. International Biodeterioration and Biodegradation 46, 251-258.
- [7] Barberousse, H., 2006. *Etude de la diversité des algues et des cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation*, PhD thesis, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.
- [8] John, D.M., 1988. *Algal growth on buildings: A general review and methods of treatment*. Biodeterioration Abstracts 2, 81-102.
- [9] Crispim, C.A., Gaylarde, P.M., Gaylarde, C.C., 2003. *Algal and cyanobacterial biofilms on calcareous historic buildings*. Current Microbiology 46, 79-82.
- [10] Tran, T.H., Govin, A., Guyonnet, R., Grosseau, P., Lors, C., Garcia-Diaz, E., Damidot, D., Deves, O., Ruot, B., 2012. *Influence of the intrinsic characteristics of mortars on biofouling by Klebsormidium flaccidum*. Int. Biodeterior. Biodegrad., 70, 31-39.