



SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRUNG TÂM THÔNG TIN VÀ THỐNG KÊ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

THÔNG TIN CHUYÊN ĐỀ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

SỐ 02/2025



NGHIÊN CỨU VÀ TRIỂN KHAI

1	Quản lý ô nhiễm vi nhựa – Phần 3: Công nghệ xử lý vi nhựa và định hướng quản lý ô nhiễm vi nhựa tại Việt Nam	2
2	Đảm bảo an ninh lương thực cùng công nghệ sinh học thực vật - Phần 3: Kỹ thuật di truyền - Quá trình phát triển và ứng dụng	10
3	Nâng cao chất lượng sống cho người khuyết tật	16

ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

4	Vật liệu Aerogel và những ứng dụng trong ngành xây dựng - Phần 1: Vật liệu aerogel	19
---	--	----

TRAO ĐỔI	24
----------	----

NGHIÊN CỨU VÀ TRIỂN KHAI

Quản lý ô nhiễm vi nhựa

– Phần 3: Công nghệ xử lý vi nhựa và định hướng quản lý ô nhiễm vi nhựa tại Việt Nam

Vi nhựa gây ra những tác hại lâu dài cho môi trường và sinh vật sống. Do đó, việc xử lý vi nhựa hiện hữu trong môi trường trở thành vấn đề cấp thiết. Bên cạnh đó, việc quản lý rác thải nhựa và thúc đẩy giảm tiêu thụ các sản phẩm từ nhựa cũng ngày càng được quan tâm.

Công nghệ xử lý ô nhiễm vi nhựa

Các nhà khoa học trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu, ứng dụng để giảm thiểu hoặc loại bỏ vi nhựa ra khỏi môi trường. Theo tác giả Ahmed và các cộng sự, trong bài viết “Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review” đăng trên Tạp chí Science of The Total Environment vào năm 2021, có các phương pháp sau:

Phương pháp vật lý, bao gồm: (1) Hấp phụ qua vật liệu lọc như than sinh học (biochar - BC) và than hoạt tính (activated carbon - AC), dựa trên đặc tính về diện tích bề mặt và độ xốp; (2) Sử dụng công nghệ màng, chẳng hạn như: siêu lọc (ultrafiltration - UF), vi lọc (microfiltration - MF), thẩm thấu ngược (reverse osmosis - RO), màng động (dynamic membrane - DM); (3) Các phương pháp xử lý ban đầu trong các hệ thống xử lý nước thải như: thiết bị sàng (sàng thô, sàng mịn, sàng siêu mịn); kỹ thuật phân tách mật độ; bể lắng cát; lọc bằng các loại hạt như than hoạt tính dạng hạt (granular activated carbon - GAC), lọc cát nhanh (rapid sand filtration - RSF) và bộ lọc dạng đĩa (disc filter - DF); (4) Quá trình tuyển nổi (flotation processes) với quy trình phổ biến nhất là tuyển nổi không khí hòa tan (dissolved air flotation - DAF); (5) Quá trình tách từ (magnetic separation process).

Bảng 1. Ưu điểm, hạn chế và mức độ hiệu quả xử lý vi nhựa của các phương pháp vật lý

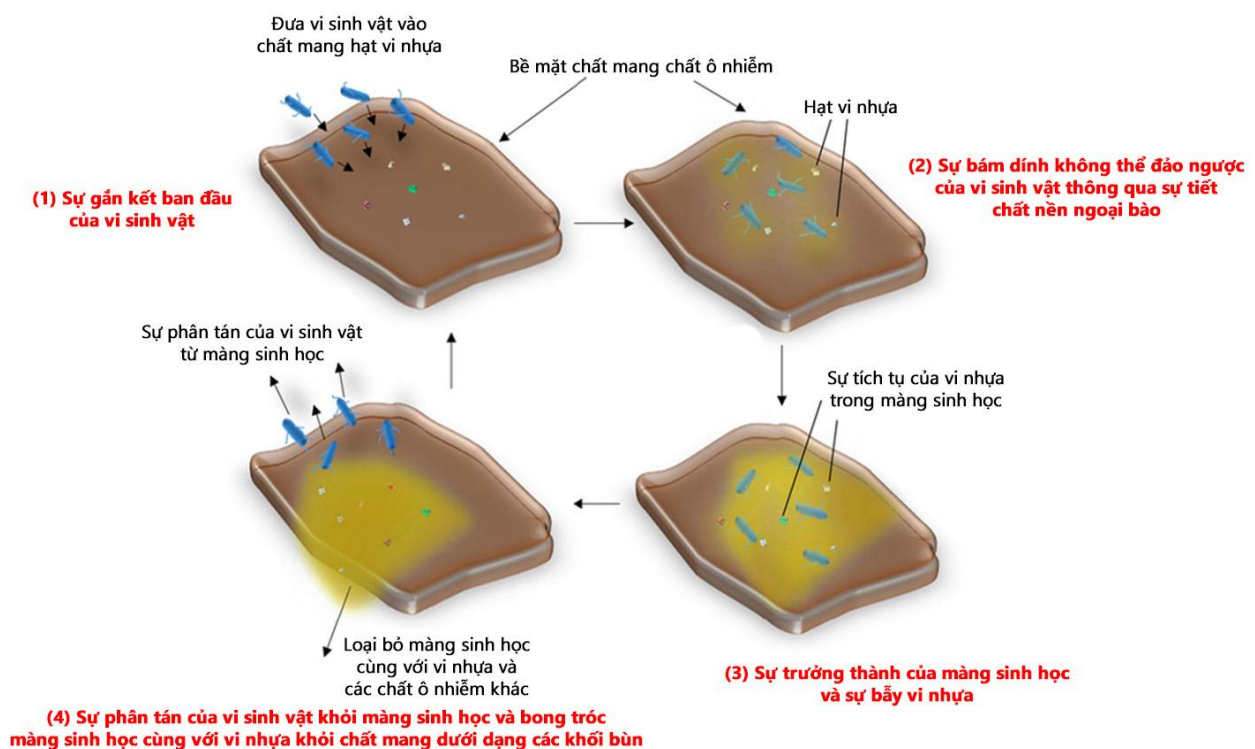
Phương pháp vật lý	Hiệu quả loại bỏ	Ưu điểm	Hạn chế
Hấp phụ qua than sinh học và than hoạt tính	100%	Diện tích bề mặt đủ và độ xốp phù hợp để giữ lại các hạt vi nhựa kích thước lớn một cách hiệu quả.	Hạt vi nhựa hình cầu kích thước 10 µm hấp thụ không hiệu quả.
Siêu lọc (UF)	41,7%	Các hạt nhựa PE có thể được lọc hoàn toàn qua màng UF.	Dễ xảy ra tắc nghẽn làm giảm hiệu suất lọc.
Thẩm thấu ngược (RO)	25%	Loại bỏ hiệu quả các hạt vi nhựa > 25 µm.	Dễ xảy ra tắc nghẽn làm giảm hiệu suất lọc.

Màng động (DM)	>90%	Tiêu thụ ít năng lượng và áp suất xuyên màng, khả năng kháng lọc thấp, chi phí thấp	- Sự tích tụ bùn và làm tắc nghẽn màng. - Không hiệu quả để xử lý nước quy mô lớn
Phân tách mật độ	Cao	- Có thể loại bỏ các hạt vi nhựa mật độ thấp. - Phương pháp đáng tin cậy và thiết thực.	- Muối nồng độ cao rất đắt và một số nguy hiểm. - Không hữu ích cho việc loại bỏ hạt vi nhựa lớn.
Bể lắng cát	78,34%	- Quy trình chi phí thấp. - Hiệu quả đối với các hạt vi nhựa lớn.	Cần xử lý cấp hai và cấp ba để loại bỏ vi nhựa có kích thước nhỏ.
Lọc bằng than hoạt tính dạng hạt (GAC)	99,9% ± 0,1%	Loại bỏ vi nhựa kích thước nhỏ bằng hoạt động sinh học.	Tắc nghẽn là trở ngại chính cho hệ thống lọc GAC.
Lọc cát nhanh (RSF)	97,2%	Chi phí vận hành và bảo trì thấp.	- Tắc nghẽn làm giảm hiệu suất, cần phải rửa ngược thường xuyên. - Vi nhựa có thể bị tách thành các hạt nhỏ hơn.
Bộ lọc đĩa (DF)	98,5%	- Vi nhựa được loại bỏ bằng cách hình thành bánh bùn. - Những hạt vi nhựa nổi dễ dàng bị loại bỏ.	Cần rửa ngược áp suất cao thường xuyên để tránh tắc nghẽn màng.
Quá trình tuyển nổi	95%	Dễ dàng loại bỏ các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ nhất từ 20-100 µm.	Chưa đủ nghiên cứu để đánh giá hiệu quả trong các điều kiện khác nhau.
Tách từ	78-93%	- Phân tách hiệu quả đối với các hạt vi nhựa nhỏ. - Thích hợp xử lý nước uống.	Khả năng phục hồi hạt vi nhựa từ trầm tích thấp hơn

(Nguồn: Biên dịch từ nghiên cứu "Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review" (Ahmed et al., 2021))

Đánh giá tổng quan bằng phân tích định lượng cho thấy, các phương pháp dựa trên bộ lọc (siêu lọc (UF), lọc cát nhanh (RSF), bộ lọc đĩa (DF), lọc bằng than hoạt tính dạng hạt (GAC)) đạt hiệu quả loại bỏ vi nhựa tốt hơn so các phương pháp khác. Trong đó, quy trình xử lý RSF giúp loại bỏ vi nhựa nhanh chóng và hiệu quả. Tuy nhiên, theo Ahmed và các cộng sự, để lựa chọn phương pháp phù hợp nhất nhằm loại bỏ vi nhựa một cách hiệu quả khỏi nước thải, cần có thêm mô tả chi tiết hơn về loại vi nhựa tương ứng theo các công nghệ xử lý khác nhau. Mức độ hiệu quả loại bỏ vi nhựa bằng các phương pháp vật lý có thể sắp xếp theo trình tự từ cao đến thấp như sau: Quá trình lọc > Quá trình tuyển nổi > Quá trình hấp phụ > Quá trình màng > Quá trình tách từ tính và mật độ.

Phương pháp sinh học, bao gồm: (1) *Xử lý bằng vi sinh vật* như: quá trình bùn hoạt tính (vi sinh vật tiết ra chất nền ngoại bào để hấp thụ các chất gây ô nhiễm như vi nhựa, sau đó phân hủy chúng để tạo ra các sản phẩm mong muốn); quá trình màng sinh học (vi sinh vật phát triển, bám dính trên bề mặt vi nhựa và tạo thành lớp màng, màng sinh học tích tụ các vi nhựa lại giúp dễ dàng thu gom và loại bỏ); quá trình phân hủy sinh học (liên quan đến quá trình khử polymer và khoáng hóa, được xem là quá trình thân thiện với môi trường hơn, bằng cách chuyển đổi các chất hữu cơ thành các mảnh nhỏ hơn và cuối cùng là CO_2); sử dụng vi sinh vật có khả năng hấp thụ vi nhựa (một số loại vi sinh vật đã được chứng minh có khả năng phân hủy và hấp thụ vi nhựa từ môi trường); (2) *Màng phản ứng sinh học* (Membrane bioreactor - MBR); (3) *Xử lý kỵ khí và hiếu khí* (Anaerobic and aerobic digestion); (4) *Đất ngập nước nhân tạo* (Constructed wetlands - CWs).



Các giai đoạn loại bỏ vi nhựa trong quá trình màng sinh học (Nguồn: Biên dịch từ nghiên cứu "Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review" (Ahmed et al., 2021))

Các phương pháp xử lý sinh học có thể được áp dụng để loại bỏ đáng kể vi nhựa ở các điều kiện môi trường khác nhau. Đánh giá hiệu quả, ưu điểm và hạn chế của các phương pháp xử lý sinh học được trình bày trong Bảng 2. Quá trình màng phản ứng sinh học (MBR) và đất ngập nước nhân tạo (CWs) cho thấy hiệu quả tốt nhất. Quá trình bùn hoạt tính thông thường cũng đạt tỷ lệ loại bỏ tốt, nhưng chỉ ở một số khu vực hạn chế. Quá trình xử lý vi sinh vật khó đánh giá hiệu quả loại bỏ vi nhựa do phụ thuộc vào các vi sinh vật có liên quan. Ngoài ra, quá trình phân hủy kỵ khí và hiếu khí chỉ có thể được áp dụng hiệu quả đối với các hạt vi nhựa có khả năng phân hủy sinh học. Đánh giá chung cho thấy, MBR và CWs có tiềm năng cao trong các phương pháp xử lý sinh học để loại bỏ vi nhựa. Hiệu quả loại

bỏ vi nhựa thông qua các phương pháp sinh học theo thứ tự từ cao đến thấp: MBR > CWs > Bùn hoạt tính > Xử lý bằng vi sinh vật.

Bảng 2. Ưu điểm, hạn chế và mức độ hiệu quả xử lý vi nhựa của các phương pháp sinh học

Phương pháp sinh học	Hiệu quả loại bỏ	Ưu điểm	Hạn chế
Quá trình bùn hoạt tính	98,3%	- Phương pháp tiết kiệm chi phí và phù hợp xử lý vi nhựa quy mô lớn. - Quy trình linh hoạt và mạnh mẽ.	- Cần bề mặt lắng lớn. - Quá trình tốn thời gian. - Tiêu tốn nhiều năng lượng cho quá trình xử lý bùn.
Phân hủy sinh học	>20%	- Thích hợp cho ứng dụng quy mô lớn trong các điều kiện khác nhau. - Quy trình tiết kiệm chi phí - An toàn và đơn giản so với các quy trình khác.	- Cộng đồng vi sinh vật đặc trưng cho các loại vi nhựa khác nhau. - Quá trình không thể tái tạo. - Khó kiểm soát tình trạng môi trường và tốc độ vận hành.
Màng phản ứng sinh học (MBR)	>99,9%	- Hiệu quả loại bỏ vi nhựa cao nhất nhờ sự kết hợp của các công nghệ tiên tiến. - Hiệu suất MBR không bị ảnh hưởng bởi kích thước, hình dạng và thành phần của vi nhựa. - Loại bỏ hiệu quả các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ.	- Đắt tiền và tốn nhiều năng lượng hơn - Chi phí cao cho màng xốp phù hợp. - Làm tắc nghẽn màng.
Phân hủy kỵ khí và hiếu khí	89,7%	- Đơn giản và dễ vận hành. - Giảm lượng bùn thải hiệu quả, có khả năng tiêu diệt vi khuẩn gây bệnh. - Sản xuất vật liệu phân trộn và khí methane làm năng lượng.	Chỉ áp dụng cho các hạt nhựa và MP có khả năng phân hủy sinh học, MP tổng hợp không phân hủy sinh học không được loại bỏ một cách hiệu quả trong phương pháp này.
Đất ngập nước nhân tạo (CWs)	88%	- Quy trình xử lý bậc ba hiệu quả - Công nghệ tự nhiên với chi phí tương đối thấp so với các phương pháp khác.	- Các nghiên cứu còn hạn chế đối với các vi nhựa trong nước thải. - Vi nhựa từ trầm tích, khu vực ven biển nằm ngoài phạm vi ứng dụng. - Ít nghiên cứu cụ thể về việc loại bỏ vi nhựa khỏi nước thải.

(Nguồn: Biên dịch từ nghiên cứu "Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review" (Ahmed et al., 2021))

Phương pháp hóa học, bao gồm: (1) *Quá trình oxy hóa*, nhằm mục đích khoáng hóa các chất polymer và chuyển chúng thành CO₂, nước và các khoáng chất khác, được sử dụng rộng rãi và cho thấy hiệu quả nhất là phương pháp ozone hóa, quang-Fenton, điện-Fenton và oxy hóa xúc tác quang; (2) *Quang phân và phân hủy quang xúc tác*; (3) *Quá trình đông tụ (Coagulation)*; (4) *Điện đông tụ (Electrocoagulation - EC)*; (5) *Xử lý axit-kiềm*. Các phương pháp xử lý hóa học được áp dụng để nâng cao đáng kể hiệu quả loại bỏ vi nhựa trong các hệ thống xử lý nước thải. Tổng quan về từng phương pháp, ưu điểm, hiệu quả và hạn chế được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Ưu điểm, hạn chế và mức độ hiệu quả xử lý vi nhựa của các phương pháp hóa học

Phương pháp hóa học	Hiệu quả loại bỏ	Ưu điểm	Hạn chế
Ozone hóa	89,9%	- Hiệu quả xử lý bậc ba. - Tạo điều kiện thuận lợi cho việc xử lý bằng cách sửa đổi các đặc tính và hình thái.	- Khó khăn trong sản xuất ozone. - Chi phí vận hành cao. - Vấn đề môi trường.
Quá trình Fenton biến tính	25,49%	- Thuốc thử sẵn có (dầu Fe) - Tiết kiệm chi phí.	- Hiệu quả thấp hơn - Chỉ áp dụng cho một số loại vi nhựa cụ thể. - Thách thức về thuốc thử tối ưu và tiết kiệm chi phí
Quá trình điện-Fenton	75%	- Thân thiện với môi trường. - Phương pháp hiệu quả cao. - Chi phí thuốc thử thấp hơn. - Giảm lượng bùn sinh ra. - Giảm rủi ro về lưu kho và vận chuyển.	- Yêu cầu chi phí quá cao. - Cần sửa đổi thêm để nâng cao hiệu quả. - Cần phải nghiên cứu thêm để áp dụng cho các loại vi nhựa khác nhau.
Quá trình quang-Fenton	>99%	- Phương pháp hiệu quả cao. - Không yêu cầu quá nhiều chất xúc tác hoặc thuốc thử.	- Độ pH cần được duy trì ở mức tối ưu. - Cần nghiên cứu thêm để sử dụng thực tế.
Phân hủy quang xúc tác		- Không yêu cầu bổ sung hóa chất. - Thân thiện với môi trường. - Khoáng hóa hạt hiệu quả nhờ sự trợ giúp của năng lượng mặt trời.	- Hiệu quả thấp hơn. - Phát sinh chất gây ô nhiễm thứ cấp. - Tiêu tốn nhiều năng lượng. - Yêu cầu hệ thống phản ứng quang và khó phục hồi.
Đông tụ	61%	- Kiểm soát được các điều kiện hoạt động. - Đơn giản trong quá trình. - Phù hợp cho vi nhựa nhỏ.	- Không phù hợp với các hạt vi nhựa có kích thước lớn. - Cần sử dụng hóa chất bổ sung.

Kết tụ sol-gel	>70%	- Kiểm soát được các điều kiện hoạt động. - Quy trình đơn giản. - Phương pháp tiết kiệm chi phí.	- Tổng hợp các vật liệu lấy cảm hứng từ sinh học. - Phục hồi vật liệu. - Cần nghiên cứu thêm đối với các loại vi nhựa khác nhau.
Điện đông tụ (EC)	>90%	- Phù hợp cho các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ nhất. - Tiết kiệm chi phí. - Không có chất gây ô nhiễm thứ cấp.	- Cực dương cần phải được thay thế nhiều lần. - Xuất hiện hiện tượng thụ động hóa catốt. - Cần có điện.
Xử lý axit-kiềm	Thay đổi theo loại vi nhựa	- Có thể được sử dụng như một chiến lược tiền xử lý trong các nhà máy xử lý nước thải. - Thuốc thử có sẵn.	- Chi phí thuốc thử cao. - Đã được triển khai trên các loại vi nhựa mới - Cần nghiên cứu thêm về vi nhựa có nguồn gốc từ bùn thải.

(Nguồn: Biên dịch từ nghiên cứu "Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review" (Ahmed et al., 2021))

Hiệu suất trung bình của việc loại bỏ vi nhựa bằng các phương pháp hóa học theo thứ tự từ cao xuống thấp: Quang-Fenton > Điện đông tụ > Ozon hóa > Điện-Fenton > Kết tụ sol-gel > Đông tụ > Fenton biến tính. Tuy nhiên, theo đánh giá chung, không có phương pháp xử lý nào trong số này có thể loại bỏ vi nhựa khỏi bùn và nước thải bị ô nhiễm khi được thực hiện đơn lẻ mà không kết hợp thêm bất kỳ phương pháp xử lý vật lý hoặc sinh học nào khác. Hơn nữa, các sản phẩm phụ cũng như một số bùn thứ cấp sinh ra trong một số phương pháp như keo tụ, EC, kết tụ sol-gel cần được xử lý thêm.

Ngoài các phương pháp như đã nêu ở trên, việc ứng dụng nhiệt phân và đồng nhiệt phân đang được đánh giá là những phương pháp tiềm năng mới để loại bỏ vi nhựa và tạo ra nhiên liệu với chi phí thấp. Theo đó, các vật liệu carbon rắn như rác thải nhựa, rác hữu cơ rắn, sinh khối được nhiệt phân phá vỡ chuỗi polymer để tạo thành các loại khí khác nhau, ví dụ như H₂, CO₂, CO, CH₄ và một số hydrocarbon khác (thành phần khí tùy thuộc phạm vi nhiệt độ áp dụng và đặc tính của vật liệu). Đây là phương pháp có tính khả thi để xử lý vi nhựa trong bùn thải khi chúng bị trộn lẫn với các chất gây ô nhiễm khác. Tuy nhiên, phương pháp này cần nhiều nghiên cứu hơn về mức nhiệt để thiết lập quy trình xử lý một cách hiệu quả.

Tại Việt Nam, trong phạm vi dữ liệu tiếp cận được, chưa ghi nhận nghiên cứu xử lý vi nhựa, mà chủ yếu là các nghiên cứu tái chế và xử lý rác thải nhựa – nguồn tạo ra vi nhựa. Theo Cơ sở dữ liệu quốc gia về KH&CN, mới chỉ có nhiệm vụ KH&CN cấp Bộ: "Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị xử lý rác thải nhựa thân thiện với môi trường cho các khu bảo tồn biển phù hợp với điều kiện Việt Nam - Thử nghiệm áp dụng tại quần đảo Cát Bà Hải Phòng" do Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội chủ trì được công bố. Nhiệm vụ này đề cập đến phương pháp nhiệt phân chất thải nhựa. Các nhà khoa học đã thiết kế, chế tạo và

vận hành thử nghiệm hệ thống nhiệt phân chất thải nhựa với công suất 5kg/giờ. Hệ thống được thiết kế nhỏ gọn, dễ vận hành, sử dụng nguồn điện 3 pha và có tổng công suất tiêu thụ điện từ 12-16 kWh. Kết quả thử nghiệm cho thấy, hệ thống hoạt động hiệu quả, khí thải và tro xỉ đầu ra đạt tiêu chuẩn môi trường; dầu nhiệt phân thu được có thể dùng làm nhiên liệu hoặc tái chế thành các sản phẩm hữu ích khác.



Vận hành thử nghiệm hệ thống nhiệt phân chất thải nhựa (Nguồn: Kết quả nghiên cứu)

Chính sách, pháp luật liên quan đến quản lý ô nhiễm vi nhựa của Việt Nam

Các công nghệ xử lý ô nhiễm vi nhựa đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu, phát triển, trong bối cảnh vi nhựa vẫn tiếp tục tồn tại và ảnh hưởng đến các sinh vật sống. Do đó, bên cạnh các công nghệ nhằm xử lý nước thải, loại bỏ vi nhựa trong môi trường, cần có những giải pháp giảm thiểu rác thải nhựa, giảm nguồn phát sinh vi nhựa.

Theo Tổng luận “*Chính sách, pháp luật quản lý ô nhiễm vi nhựa của một số quốc gia trên thế giới và đề xuất cho Việt Nam*”, Đảng và Nhà nước đã có nhiều chủ trương, chính sách nhằm nâng cao hiệu quả quản lý rác thải nhựa, góp phần kiểm soát nguồn gốc phát sinh vi nhựa như: *Nghị quyết số 24-NQ/TW ngày 3/6/2013 của Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XI* về chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu, tăng cường quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường, đã xác định nhiều nhiệm vụ cụ thể về bảo vệ môi trường, trong đó có nhiệm vụ về quản lý rác thải; *Nghị quyết 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XII* về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, đã đặt mục tiêu đến năm 2030, Việt Nam ngăn ngừa, kiểm soát và giảm đáng kể ô nhiễm môi trường biển, tiên phong trong khu vực về giảm thiểu rác thải nhựa đại dương; *Luật Bảo vệ môi trường 2020* được Quốc hội khóa 14 ban hành ngày 17/11/2020, quy định điều khoản riêng về rác thải nhựa và vi nhựa: “*Giảm thiểu, tái sử dụng, tái chế và xử lý rác thải nhựa, phòng, chống ô nhiễm rác thải nhựa đại dương*” (Điều 73).

Liên quan đến vi nhựa, *Chỉ thị số 33/CT-TTg ngày 20/8/2020 của Thủ tướng Chính phủ* về tăng cường quản lý, tái sử dụng, tái chế, xử lý và giảm thiểu rác thải nhựa cũng chỉ rõ: “*Bộ Tài nguyên và Môi trường nghiên cứu, xây dựng hàng rào kỹ thuật môi trường đối với các sản phẩm, hàng hóa chứa hạt vi nhựa, nano nhựa và túi ni lông để phòng ngừa các tác động xấu*

đến sức khỏe con người, môi trường sinh thái; nghiên cứu, đề xuất lộ trình cấm sử dụng hạt vi nhựa trong sản xuất hóa mỹ phẩm, may mặc, phân bón...; Bộ Công Thương tổ chức rà soát, công bố các sản phẩm sản xuất trong nước và nhập khẩu có chứa vi nhựa, nano nhựa để người tiêu dùng biết; Bộ Khoa học và Công nghệ thúc đẩy đổi mới, sáng tạo, nghiên cứu và chuyển giao công nghệ sản xuất vật liệu thân thiện với môi trường nhằm thay thế nhựa trong sản xuất, kinh doanh như: vật liệu nhựa phân hủy ở trong nước biển, vật liệu nhựa sinh học (bio plastic), ứng dụng công nghệ dùng xenlulo, thay thế vật liệu nhựa bằng giấy; thúc đẩy, hỗ trợ các nhiệm vụ nghiên cứu khoa học và công nghệ liên quan đến tái chế và xử lý chất thải nhựa". Từ đây, nhiều chương trình, đề án, kế hoạch liên quan đến việc quản lý, thực hiện các biện pháp kiểm soát ô nhiễm nhựa và thúc đẩy tái chế chất thải nhựa cũng đã được triển khai trên cả nước.

Năm 2022, Viện Khoa học Môi trường (trực thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường) cũng đã triển khai nhiệm vụ KH&CN cấp Bộ "Nghiên cứu cơ sở lý luận và thực tiễn nhằm đề xuất chính sách kiểm soát ô nhiễm vi nhựa tại Việt Nam" để đánh giá tổng quan về kinh nghiệm của một số nước trên thế giới về chính sách kiểm soát ô nhiễm vi nhựa, từ đó có cơ sở đề xuất chính sách kiểm soát ô nhiễm vi nhựa phù hợp với tình trạng ô nhiễm tại Việt Nam.

Có thể thấy, hiện nay, việc quản lý, kiểm soát ô nhiễm vi nhựa là vấn đề rất được quan tâm. Các chính sách và quy định pháp luật về quản lý rác thải nhựa tại Việt Nam đã và đang được hoàn thiện. Tuy nhiên, vẫn còn thiếu các quy định cụ thể về quản lý rác thải vi nhựa; chưa có các nghiên cứu sâu và quy định pháp luật về tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật để kiểm soát vi nhựa trong các sản phẩm, mỹ phẩm,..., cũng như thiếu nghiên cứu khoa học về các phương pháp giải quyết lượng vi nhựa đang tồn tại trong môi trường sống. Do đó, ngoài định hướng, tuyên truyền nâng cao ý thức người dân giảm rác thải nhựa, cần thu hút đầu tư và đổi mới công nghệ tái chế rác thải nhựa, cũng như có các quy định cụ thể hơn trong quản lý các sản phẩm, hàng hóa sử dụng nguyên liệu nhựa, qua đó, giúp giảm nguồn phát sinh vi nhựa ra môi trường.

Duy Sang

Tài liệu tham khảo chính

[1] CSDL quốc gia về KH&CN (ngày lấy dữ liệu: 20/01/2025)

[2] Ahmed, M. B. et al. (2021). Microplastic particles in the aquatic environment: A systematic review. *Science of The Total Environment*.

[3] Cổng thông tin KH&CN TP. Hải Phòng. (2024). Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị xử lý rác thải nhựa thân thiện với môi trường cho các khu bảo tồn biển phù hợp với điều kiện Việt Nam, thử nghiệm áp dụng tại quần đảo Cát Bà. <http://hpstic.vn/news/Nghien-cuu-thiet-ke-che-cao-thiet-bi-xu-ly-rac-thai-nhua-than-thien-voi-moi-truong-24320.html>

[4] Cục Thông tin KH&CN quốc gia. (2021). Tổng luận: Chính sách, pháp luật quản lý ô nhiễm vi nhựa của một số quốc gia trên thế giới và đề xuất cho Việt Nam.

Đảm bảo an ninh lương thực cùng CNSH thực vật

– Phần 3: Kỹ thuật di truyền - Quá trình phát triển và ứng dụng

Ngày nay, kỹ thuật di truyền đã được ứng dụng khá phổ biến trong lai tạo, hình thành nhiều loại cây trồng mang những tính trạng mong muốn, phục vụ hữu hiệu cho yêu cầu đảm bảo an ninh lương thực. Cà chua có thời gian bảo quản lâu hơn, gạo giàu vitamin A, đu đủ kháng bệnh đốm vòng do virus, lúa chịu hạn,... là những ví dụ về cây trồng biến đổi gene nổi bật, được lai tạo bằng kỹ thuật di truyền.

Kỹ thuật di truyền đề cập đến việc tác động đến vật liệu di truyền, chủ yếu là DNA, để thay đổi, sửa chữa hoặc cải thiện các hình dáng, chức năng của sinh vật. Kỹ thuật di truyền gồm các giải pháp như chuyển gene và thiết kế, chỉnh sửa gene.

Kỹ thuật chuyển gene

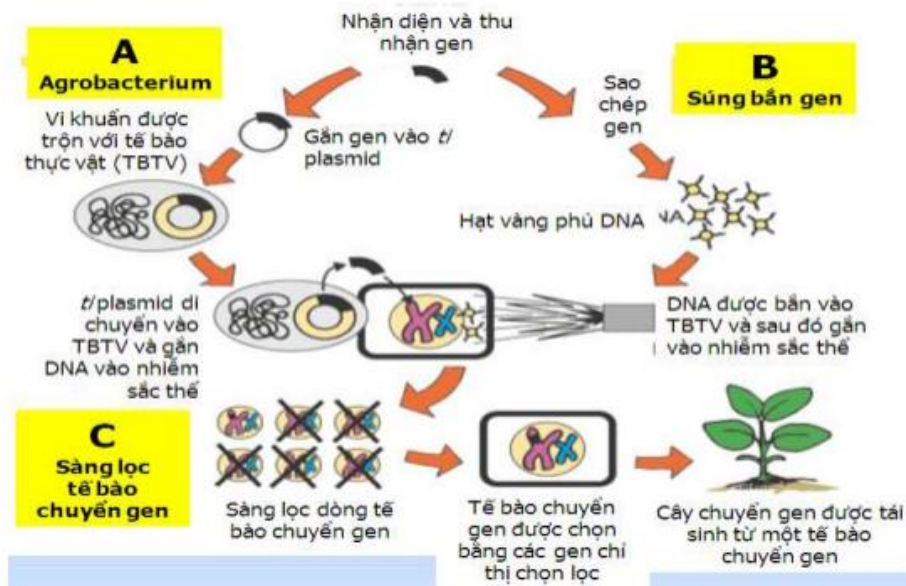
Chuyển gene (transgenesis) là đưa một đoạn DNA ngoại lai vào genome của một cơ thể đa bào, sau đó đoạn DNA ngoại lai này sẽ có mặt ở hầu hết các tế bào và được truyền lại cho thế hệ sau. Nhà tạo giống có thể cùng lúc đưa vào cây trồng những gene mong muốn, có nguồn gốc từ những cơ thể sống khác nhau (không chỉ giữa các loài có họ gần nhau mà còn ở những loài rất xa nhau) để thu được giống mới nhanh hơn mà không bị các giới hạn của kỹ thuật tạo giống truyền thống.

Quá trình phát triển kỹ thuật chuyển gene ở thực vật đã trải qua nhiều cột mốc quan trọng: Năm 1980, lần đầu tiên DNA ngoại lai (transposon Tn7) được chuyển vào thực vật. Năm 1983, nhiều nhóm nghiên cứu đã biến đổi T-DNA và đưa DNA ngoại lai vào để tạo ra tính kháng một số chất kháng sinh. Năm 1984, biến nạp bằng tế bào trần (protoplast) ở ngô được thực hiện. Năm 1985, cây biến đổi gene có tính kháng thuốc diệt cỏ ra đời. Năm 1986, các nhà nghiên cứu đã thành công trong việc tạo ra thực vật kháng virus. Năm 1987, phương pháp biến nạp phi sinh học được sử dụng. Chuyển gene thành công ở các cây một lá mầm quan trọng như lúa (1988), ngô (1990) và lúa mì (1992). Năm 1994, cà chua Flavr Savr là cây trồng đầu tiên biến đổi gene đã được thương mại hóa.

Chuyển gene thông qua vi khuẩn *Agrobacterium*

Là tác nhân gây bệnh trên thực vật, sự lây nhiễm bệnh của *Agrobacterium tumefaciens* dẫn đến biến đổi gene của tế bào chủ, thông qua sự tích hợp ổn định vào bộ gene của vật chủ bởi một đoạn DNA gọi là T-DNA. Với khả năng độc đáo trong việc chuyển DNA, *Agrobacterium tumefaciens* đã được sử dụng rộng rãi như một công cụ của kỹ thuật di truyền.

Agrobacterium tumefaciens thường tồn tại trong đất hoặc trên các mảnh vụn thực vật và xâm nhập vào cây trồng qua vết thương trên vỏ cây hoặc qua các cấu trúc tự nhiên như rễ hoặc lá, sử dụng các pili và các cơ chế khác để xâm nhập vào tế bào thực vật, sau đó truyền T-DNA vào tế bào thực vật. T-DNA này mang các gene có khả năng gây ra sự phát triển không kiểm soát của tế bào, tạo ra các u tuyến (hay u củ) trên rễ hoặc thân cây. T-DNA chứa các gene kích thích quá trình tổng hợp phytohormone (hormon thực vật) như auxin và cytokinin. Điều này dẫn đến sự phân chia tế bào quá mức và tạo thành các khối u, tác động đến sự phát triển bình thường của cây.



Phương pháp biến nạp thông qua chủng vi khuẩn *Agrobacterium* (gián tiếp) và súng bắn gene (trực tiếp)
(Nguồn: cest.gov.vn)

Chuyển gene thông qua biện pháp điện di

Sử dụng điện cũng là phương cách để các nhà khoa học thực hiện chuyển gene, trong đó, phương pháp điện di dựa trên nguyên tắc dùng xung điện tác động lên màng tế bào, làm thay đổi cấu trúc màng tế bào, tạo ra các lỗ tạm thời trên màng tế bào để tạo điều kiện cho vật liệu di truyền đi qua. Tại Trung Quốc, điện di đã được sử dụng hiệu quả để đưa DNA vào mô của phôi lúa mì non còn nguyên vẹn. Các thông số vật lý của điện di là cường độ trường 770 V/cm, tụ điện 800 microF và 100 microg/mL DNA plasmid, chứa thanh và gene GUS. Điện di được thực hiện bằng điện cực vòng di động và cố định có thể lắp vào các giếng của đĩa 24 giếng.

Tại Việt Nam, kỹ thuật chuyển gene đã được các nhà khoa học ứng dụng vào thực tiễn trong việc tạo ra các giống kháng bệnh virus, kháng sâu và tăng năng suất trên các loài cây mang lại nhiều lợi ích kinh tế như cây bông, cà chua, đậu tương, lúa,... Năm 2015, TS. Đặng Thị Vân (Viện Nghiên cứu Rau quả) đã thành công trong việc "*Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật chuyển gene trong tạo giống kháng bệnh virus xoăn vàng lá cà chua của Việt Nam*", chuyển gene mục tiêu kháng virus xoăn vàng lá theo đường hướng RNAi, ứng dụng này

nhằm nhân tạo virus xoăn vàng lá cà chua thông qua *Agrobacterium tumefaciens* cho giống cà chua DM 166 và M88.

Năm 2016, TS. Trịnh Minh Hợp (Viện Nghiên cứu Bông và Phát triển nông nghiệp Nha Hố) đã tạo được 26 dòng bông chuyển gene (mỗi dòng 30 cây) kháng sâu (tỷ lệ giết sâu xanh, sâu da láng và sâu khoang $\geq 80\%$) và chịu thuốc trừ cỏ gốc glyphosate qua "*Nghiên cứu tạo giống bông kháng sâu và chịu thuốc trừ cỏ bằng kỹ thuật chuyển gen*". Các nhà khoa học đã xây dựng quy trình chuyển gene kháng sâu và chịu thuốc trừ cỏ vào giống Coker310 bằng phương pháp chuyển gene gián tiếp thông qua *Agrobacterium tumefaciens*; quy trình chuyển gene kháng sâu và chịu thuốc trừ cỏ vào giống MCU9 bằng phương pháp vi tiêm vào bầu nhụy thông qua đường ống phấn, cho hiệu quả chuyển gene 0,5-1,0%.

Ở Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM, năm 2023, PGS.TS. Trần Văn Điền cũng đã thành công trong việc "*Nghiên cứu tạo giống đậu tương chuyển gen kìm hãm già hóa bộ lá và tăng kích thước hạt*", với các kết quả: thiết kế được 2 vector chuyển gene mang gene kìm hãm già hóa ore1 và tăng kích thước hạt BS1; thực hiện chuyển gene thành công vào một số giống đậu tương khu vực miền núi phía Bắc; tạo ra 15 cây đậu tương T1 hoặc T2 mang gene ore1; 15 cây đậu tương T1 hoặc T2 mang gene BS1. Kết quả của nhiệm vụ có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao, góp phần nâng cao hiệu quả tạo giống, đồng thời rút ngắn thời gian, giảm chi phí trong chọn tạo giống so với các phương pháp chọn tạo giống thông thường. Các dòng đậu tương chuyển gene có kích thước hạt lớn hơn so với đối chứng, có thể tiếp tục bồi dưỡng và phát triển thành giống mới có năng suất cao, từ đó gia tăng hiệu quả kinh tế cho nông dân.

Kỹ thuật chỉnh sửa gene

Chỉnh sửa bộ gene là phương pháp cho phép các nhà khoa học thay đổi DNA của nhiều loài sinh vật (động vật, thực vật và vi khuẩn). Ở thực vật, chỉnh sửa DNA có thể dẫn đến những thay đổi về tính trạng (màu sắc, hình dạng, kích thước,...). Một số công nghệ chỉnh sửa gene nổi tiếng được biết đến ngày nay là ZFN, TALEN, CRISPR, BE. Các nhà khoa học sử dụng các công nghệ này để thực hiện việc này tạo ra những thay đổi trên trình tự gene nội sinh theo cách có chủ đích, tại một vị trí xác định.

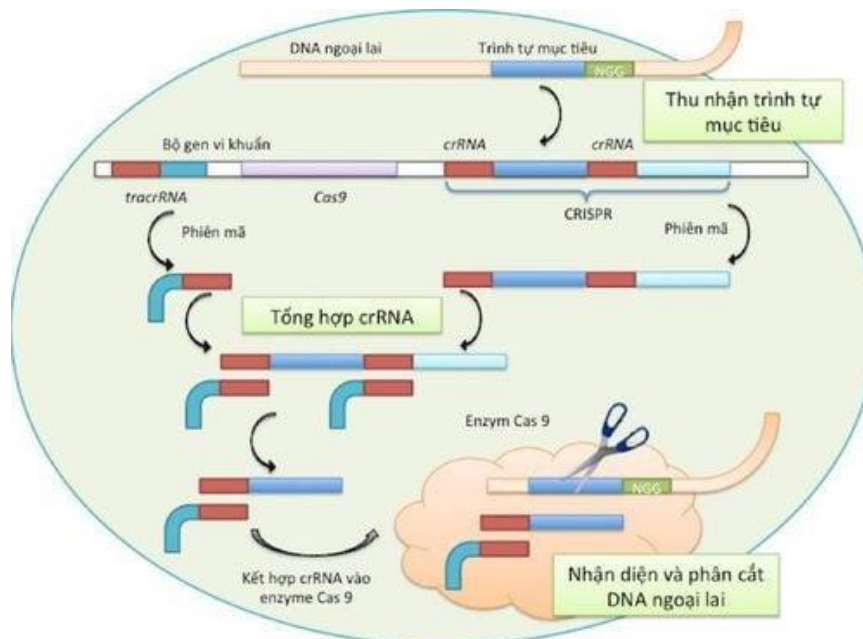
TALEN- Enzyme cắt DNA giống yếu tố hoạt hóa phiên mã

Năm 2011, lần đầu tiên công nghệ TALEN được sử dụng để chỉnh sửa gene thực vật. Công nghệ này dựa trên việc sử dụng các nuclease được thiết kế. Tức là, các protein nhân tạo bao gồm một miền liên kết DNA đặc hiệu trình tự có thể tùy chỉnh được hợp nhất với một nuclease cắt DNA theo cách không đặc hiệu trình tự. Các nuclease có thể nhắm mục tiêu này được sử dụng để tạo ra các đứt gãy sợi đôi (DSB) vào các vị trí DNA cụ thể, sau đó được sửa chữa bằng các cơ chế có thể khai thác để tạo ra các thay đổi trình tự tại vị trí cắt. TALEN là công cụ có tính chính xác cao, độ tin cậy và hiệu suất trên 80%. Hơn nữa, TALEN có hiệu quả chỉnh sửa tốt hơn CRISPR.

CRISPR

CRISPR (viết tắt của "Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats") là công nghệ dùng để sửa đổi có chọn lọc DNA của các sinh vật sống. Thuật ngữ này mô tả "*hình dạng di truyền*" của một hệ thống phát hiện được ở vi khuẩn từ năm 1987. Đến năm 2005, các nhà nghiên cứu đã phát hiện CRISPR là một hệ thống miễn dịch, được vi khuẩn sử dụng để bảo vệ bản thân khỏi virus thông qua việc nhận dạng, ngăn chặn và loại bỏ virus. Năm 2012, lần đầu tiên CRISPR được ứng dụng trong kỹ thuật chỉnh sửa hệ gene, với công trình nghiên cứu của nhóm tác giả Jennifer Doudna và Emmanuelle Charpentier (Trường Đại học California). Nhóm tác giả này đã đưa vào trong tế bào một phức hệ bao gồm enzyme Cas9 nuclease và RNA dẫn đường (guide RNA) tự thiết kế để cắt đoạn DNA tại những vị trí mong muốn.

CRISPR/Cas9 chỉnh sửa gene bằng cách cắt chính xác DNA, sau đó thực hiện các quá trình sửa chữa DNA tự nhiên để sửa đổi gene theo nhu cầu. Hệ thống này gồm hai thành phần: enzyme Cas9 nuclease và RNA dẫn đường. Nhờ đoạn trình tự bổ sung của RNA dẫn đường với trình tự đích mà phức hợp này có thể tìm thấy vị trí cần chỉnh sửa trên hệ gene. Để có thể hoạt động, hệ thống CRISPR còn yêu cầu một trình tự ngắn từ 2-5 nucleotides trên DNA đích (được gọi là protospacer associated motif - PAM) ngay sau đoạn bổ sung của RNA dẫn đường (đối với CRISPR/Cas9 của vi khuẩn *S. pyogenes* thì trình tự này là 5'-NGG, trong đó N là bất kỳ nucleotide nào). Khi phức hợp enzyme Cas9 và RNA dẫn đường bám vào trình tự đích, enzyme Cas9 sẽ dùng hai tiểu phần HNH và RuvC của mình để cắt đoạn DNA trên cả hai mạch tại vị trí nucleotide thứ 3-4 phía trước PAM. Công cụ CRISPR được ví như một chiếc "*kéo sinh học*", giúp các nhà khoa học có thể dùng để "*phẫu thuật phân tử*" - cắt một cách chính xác tại vị trí mong muốn - và từ đó, giúp chỉnh sửa hệ gen trong tế bào.



Hệ thống CRISPR/Cas9 (nguồn: vinmec.com)

BE - Hệ thống chỉnh sửa base

BE là hệ thống kết hợp vùng CRISPR/Cas9 bất hoạt (là các biến thể của Cas9 như dCas9 hoặc Cas9 nickase) và cytidine deaminase hoặc adenine deaminase, lần đầu tiên được áp dụng thành công trong các tế bào động vật. Năm 2016, Komor và các cộng sự đã thiết kế cấu trúc kết hợp CRISPR/Cas9 và enzyme cytidine deaminase có khả năng duy trì sự dẫn của RNA nhưng không cắt sợi đôi DNA (hay còn gọi là Cas9 bất hoạt - dCas9 mang đột biến D10A và H840A) mà làm trung gian chuyển đổi trực tiếp cytidine thành uridine. Cytidine deaminase đầu tiên chuyển đổi cytosine trong DNA thành uracil, sau đó uracil được thay thế bằng thymine trong quá trình sao chép DNA, do đó, có thể chuyển đổi C (cytosine) thành T (thymine) hoặc G (guanine) thành A (adenine). Kết quả là tạo ra hệ thống chỉnh sửa base cytidine (cytidine base editor, CBE), chuyển đổi cytidine trong không gian khoảng 5 nucleotide.

Hệ thống BE thế hệ đầu tiên (BE1) được thiết lập bằng cytidine deaminase APOBEC1 từ chuột liên kết với dCas9 bằng một liên kết 16 amino acid (aa) XtEN. BE thế hệ thứ hai (BE2) đã được phát triển bằng cách thêm chất ức chế uracil glycosylase DNA (UGI) vào đầu C của cấu trúc nhằm DNA mục tiêu (APOBEC-XTENDcas9-UGI). BE thế hệ thứ ba (BE3) bao gồm rAPOBEC1 kết hợp với đầu N của enzyme cắt (nickase) Cas9-D10A bằng XtEN với 16 aa và nối UGI ở đầu C bằng một liên kết 4 aa. Để tiếp tục mở rộng và tăng hiệu quả chỉnh sửa của BE, BE thế hệ thứ tư (BE4) sử dụng Cas9 từ *S. pyogenes* (SpBE4) và Cas9 từ *S. aureus* (SaBE4) được phát triển bằng cách liên kết rAPOBEC1 với Cas9-D10A thông qua 32 aa liên kết và hợp nhất hai phân tử UGI với cả hai đầu C và N của Cas9 nickase bởi một liên kết 9 aa.

Công nghệ CRISPR/Cas9 đã được TS. Nguyễn Xuân Dũng (Trung tâm Công nghệ Sinh học TP.HCM) vận dụng vào năm 2022, khi triển khai nhiệm vụ “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ chỉnh sửa gen CRISPR/Cas9 trên cây dưa leo (Cucumis sativus L) hướng đến tạo giống dưa leo có khả năng kháng virus*”. Các nhà nghiên cứu đã thiết kế vector chỉnh sửa gene eIF4E dựa trên công nghệ CRISPR/Cas9; tạo chủng vi khuẩn *Agrobacterium tumefaciens* mang vector chỉnh sửa gene và xây dựng quy trình chuyển gene vào cây dưa leo bằng vi khuẩn *Agrobacterium tumefaciens*. Các nhà khoa học cũng đã tạo một số dòng dưa leo có gene eIF4E được chỉnh sửa, phục vụ đánh giá khả năng kháng virus.

Kỹ thuật di truyền có vai trò quan trọng trong việc chọn tạo giống thông qua việc chuyển gene, chỉnh sửa gene để tạo các giống cây trồng có năng suất cao và chất lượng tốt hơn, mang lại nhiều lợi ích trong ngành nông nghiệp. Ngoài ra để chống chịu với môi trường ngày càng khắc nghiệt, các giống cây trồng mới ngày nay còn mang thêm các gene chịu

hạn, chịu rét và các điều kiện bất thuận khác. Tại Việt Nam, các nhà nghiên cứu tiếp nhận những kỹ thuật di truyền tân tiến nhất để nghiên cứu tạo giống phù hợp với điều kiện, đặc điểm khí hậu nhằm đáp ứng nhu cầu trong nước và xuất khẩu, chủ yếu là các giống cây lương thực như: lúa, ngô, đậu, họ khoai.

Minh Thư

Mời xem tiếp nội dung **“Chỉ thị phân tử: Quá trình phát triển và ứng dụng”** trong ấn phẩm **Thông tin chuyên đề KHCN&ĐMST số 03/2025**.

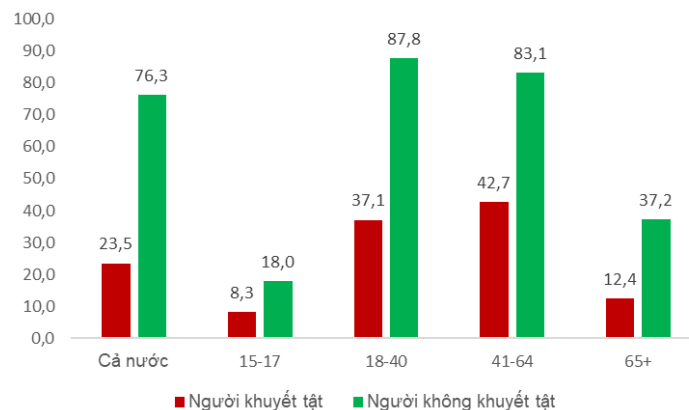
Tài liệu tham khảo chính

- [1] Dương Văn Cường, Nguyễn Huy Thuần. Sách Giáo trình nguyên lý kỹ thuật di truyền. Đại học Nông Lâm Thái Nguyên
- [2] Trần Quốc Dung, Nguyễn Hoàng Lộc, Trần Thị Lệ. Công nghệ chuyển gen (động vật, thực vật). Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế
- [3] Science and History of GMOs and Other Food Modification Processes. <https://www.fda.gov/food/agricultural-biotechnology/science-and-history-gmos-and-other-food-modification-processes>
- [4] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32242300>
- [5] <https://www.broadinstitute.org/what-broad/areas-focus/project-spotlight/crispr-timeline>
- [6] <https://www.vinmec.com/vie/bai-viet/tim-hieu-ve-he-thong-chinh-sua-he-gen-crispr-vi>
- [7] <https://nsti.vista.gov.vn/publication/download/hE/qFnsXTyqTyqbGZh.html#:~:text=TALENs%20Transcription%20Activator%20Dlike%20Effector,plant%20breeding%3B%20TALENs%3B%20Genomes>
- [8] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3547402>
- [9] <https://www.synthego.com/learn/genome-engineering-history>

Nâng cao chất lượng sống cho người khuyết tật

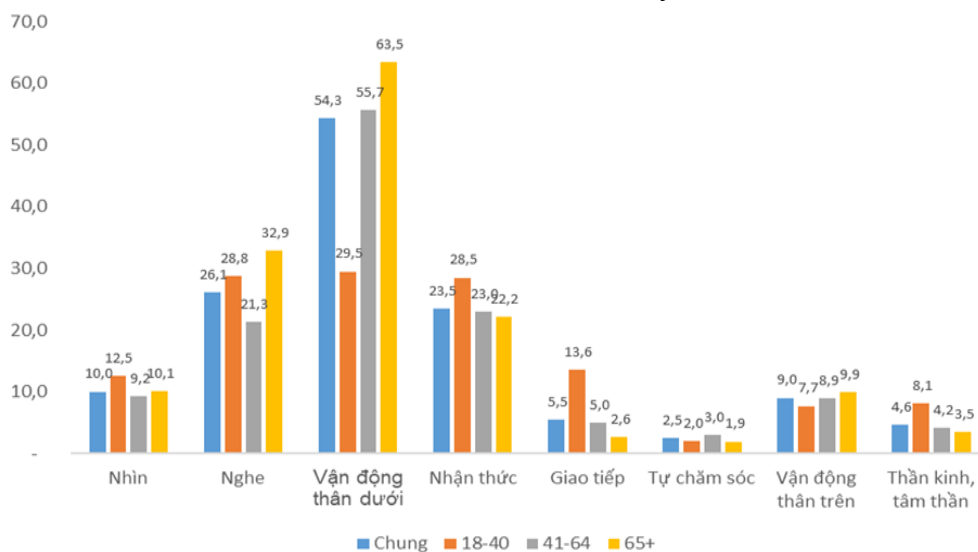
Theo Cục Bảo trợ Xã hội, tính đến cuối năm 2024, cả nước có hơn 8 triệu người khuyết tật (NKT), chiếm 6,11% dân số từ 2 tuổi trở lên. Trong đó, có gần 2 triệu là trẻ em, khoảng 1,7 triệu NKT nặng được hưởng trợ cấp xã hội hàng tháng, 0,8 triệu NKT thuộc hộ nghèo và cận nghèo. Để cải thiện đời sống, sức khỏe cho NKT, bên cạnh sự quan tâm của chính quyền, các nhà khoa học đã có nhiều đóng góp nhằm nâng cao chất lượng sống cho NKT.

Kết quả từ cuộc điều tra NKT năm 2023 cho thấy, tỷ lệ NKT trong độ tuổi lao động đang tham gia lực lượng lao động trong nền kinh tế thấp hơn rất nhiều so với tỷ lệ chung.



Tỷ lệ NKT và người không khuyết tật đang làm việc trong nền kinh tế theo nhóm tuổi, năm 2023
(Đơn vị tính: %; Nguồn: Kết quả Điều tra người khuyết tật năm 2023)

Tỷ lệ có việc làm giữa các nhóm khuyết tật cũng khác nhau. Các nhóm khuyết tật về đi lại, nghe và nhận thức, tỷ lệ có việc làm cao. Các nhóm khuyết tật về nhìn, giao tiếp, vận động thân trên và thần kinh, tâm thần, tỷ lệ có việc làm thấp (từ 10% trở xuống). Tỷ lệ có việc làm của NKT còn có sự khác biệt theo độ tuổi và loại khuyết tật.



Tỷ lệ NKT từ 18 tuổi trở lên đang làm việc trong nền kinh tế chia theo các loại tật và nhóm tuổi năm 2023 (Đơn vị tính: %; Nguồn: Kết quả Điều tra người khuyết tật năm 2023)

Để nâng cao đời sống của NKT, một trong những yếu tố quan trọng là đảm bảo họ được đào tạo và có cơ hội việc làm. Nhiều mô hình giáo dục chuyên biệt dành cho trẻ khuyết tật, đặc biệt là mô hình sống độc lập cho trẻ chậm phát triển trí tuệ, đã được nghiên cứu ứng dụng trong thực tế. Điển hình là nghiên cứu *"Giải pháp hỗ trợ trẻ khuyết tật trí tuệ sống độc lập trên địa bàn thành phố Đà Nẵng"* của Trung tâm Cung cấp dịch vụ Công tác xã hội Đà Nẵng công bố năm 2018. Nghiên cứu này đã chỉ ra rằng, nhiều trẻ sau khi được hỗ trợ có thể tự chăm sóc bản thân, tự phục vụ các nhu cầu cá nhân và tham gia học nghề. Mô hình này không chỉ giúp trẻ khuyết tật trí tuệ có thể hòa nhập vào cuộc sống một cách độc lập hơn, mà còn mở ra cơ hội nghề nghiệp cho các em. Việc học nghề và tham gia vào các công việc phù hợp sẽ giúp các em có thể tự lập và giảm bớt phụ thuộc vào gia đình, đồng thời, tăng cường khả năng đóng góp với cộng đồng. Hay dự án *"Giải pháp giáo dục kỹ năng sống cho học sinh khuyết tật trí tuệ học hòa nhập trong trường tiểu học trên địa bàn thành phố Đà Nẵng"*, được Sở Giáo dục và Đào tạo Thành phố Đà Nẵng triển khai từ năm 2017, đã cung cấp nhiều tài liệu về nội dung chương trình giáo dục kỹ năng sống và sổ tay hướng dẫn về cách thức tổ chức một số hoạt động mẫu về giáo dục kỹ năng sống. Các tài liệu này đã được triển khai đến các trường tiểu học, giúp các giáo viên hướng dẫn và tổ chức các hoạt động kỹ năng sống phù hợp cho học sinh khuyết tật trí tuệ. Thông qua các môn học chính khóa, hoạt động ngoài giờ lên lớp và các hoạt động trải nghiệm, học sinh khuyết tật trí tuệ đã có cơ hội phát triển những kỹ năng thiết yếu trong cuộc sống. Nhờ đó, chất lượng cuộc sống của các em được cải thiện và có thể hòa nhập xã hội tốt hơn. Một ví dụ khác trong việc nâng cao nhận thức và tạo cơ hội cho NKT là dự án *"Nâng cao nhận thức về quyền trẻ em và quyền lợi của người chăm sóc chính trẻ khuyết tật trí tuệ tại Thành phố Hồ Chí Minh"* do Trường Đại học Lao động – Xã hội chủ trì thực hiện năm 2017. Dự án này hướng đến việc cải thiện sự hiểu biết của cộng đồng về quyền lợi của trẻ khuyết tật trí tuệ cũng như quyền lợi của những người chăm sóc chính, từ đó tạo ra môi trường hỗ trợ tốt hơn cho trẻ em khuyết tật. Nhờ vậy, trẻ khuyết tật trí tuệ có cơ hội hòa nhập tốt hơn và thúc đẩy sự tham gia của gia đình và cộng đồng trong quá trình hỗ trợ và phát triển bền vững cho đối tượng này.

Bên cạnh các mô hình giáo dục, việc ứng dụng các tiến bộ khoa học vào thực tiễn cũng có vai trò rất quan trọng trong việc nâng cao chất lượng sống cho NKT. Các thiết bị hỗ trợ, phần mềm đặc biệt, các giải pháp công nghệ mới đang tạo ra những thay đổi đáng kể, giúp NKT hòa nhập tốt hơn với cộng đồng. Có thể kể đến như nhiệm vụ KH&CN *"Nghiên cứu thiết kế lõi IP mềm IP cứng cho IC nhận dạng tiếng nói tiếng Việt và chế tạo thiết bị trợ giúp người khuyết tật bằng tiếng nói"*, được Trường Đại học Bách khoa (Đại học Quốc gia TP.HCM) công bố năm 2016. Các nhà nghiên cứu đã tạo ra hệ thống chip iHearTech có khả năng nhận dạng giọng nói tiếng Việt nhanh và chính xác, mở ra cơ hội ứng dụng điều khiển bằng tiếng nói. Hệ thống này được thiết kế linh hoạt, cho phép thích ứng với các ngôn ngữ khác nhau và thay đổi bộ từ vựng để phù hợp với các ứng dụng điều khiển đa dạng.

Một nghiên cứu đáng chú ý khác là “Nghiên cứu thiết kế và chế tạo xe lăn đa năng phục vụ cho người bệnh và người khuyết tật tại tỉnh Phú Yên”, được nhóm nghiên cứu từ Trường Cao đẳng Nghề Phú Yên thực hiện vào năm 2018. Xe lăn đa năng được thiết kế rất đơn giản, không yêu cầu lập trình phức tạp, với trọng lượng khoảng 50kg, tích hợp nhiều chức năng (ngả lưng, nâng hạ ghế, nâng hạ gác chân, và chuyển người bệnh từ ghế sang giường), có khả năng di chuyển trên các địa hình trơn trượt và leo dốc, giúp người khuyết tật dễ dàng di chuyển mà không cần nhiều sức lực. Người sử dụng chỉ cần bấm các nút điều khiển để xe hoạt động. Hơn nữa, mức giá của sản phẩm này rất hợp lý, chỉ khoảng 15 triệu đồng, cho phép rộng rãi NKT có thể tiếp cận với một công cụ hỗ trợ hữu ích.

Năm 2020, tác giả Nguyễn Thị Bích Diệp và cộng sự (Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông – Đại học Thái Nguyên) đã nghiên cứu, thiết kế thiết bị đa chức năng hỗ trợ học chữ nổi Braille cho người khiếm thị, ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT). Hệ thống gồm nhiều module thiết bị mã hóa chữ Braille, kết nối với server qua internet, cho phép người khiếm thị tự học. Sau khi thử nghiệm tại Trường Giáo dục trẻ em bị thiệt thòi tỉnh Thái Nguyên, hệ thống đạt kết quả tốt, giúp học sinh khiếm thị cải thiện khả năng học chữ nổi và nâng cao chất lượng giáo dục. Mới đây, năm 2023, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia TP.HCM) cũng vừa hoàn thiện quy trình chế bản sách giáo khoa hình và chữ nổi Braille, hỗ trợ giảng dạy cho học sinh khiếm thị, giúp nâng cao chất lượng giáo dục cho nhóm học sinh này.

Việc ứng dụng rộng rãi các thành quả KH&CN vào thực tiễn cuộc sống hàng ngày của NKT không chỉ giúp họ vượt qua các rào cản trong đời sống, mà còn tạo ra cơ hội hòa nhập xã hội, phát triển bản thân và tham gia đóng góp với cộng đồng. Vì vậy, rất cần sự chung tay, góp sức nhiều hơn nữa của các nhà khoa học để tạo ra nhiều mô hình giáo dục, thiết bị hỗ trợ nâng cao chất lượng sống cho NKT trong thời gian tới.

Kim Nhung

Tài liệu tham khảo chính

- [1] Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia <https://nsti.vista.gov.vn/>
- [2] Thư viện CESTI. <http://www.cesti.gov.vn/trang-chu-thu-vien/>
- [3] Cục Bảo trợ Xã hội. UBQG về người khuyết tật Việt Nam tổng kết năm 2024 và phương hướng nhiệm vụ năm 2025. https://bt.xh.molisa.gov.vn/danh-muc-tin/tin-tuc-hoat-dong/ubqg-ve-nguoi-khuyet-tat-viet-nam-tong-ke-nam-2024-va-phuong-huong-nhiem-vu-nam-2025_t114c28n1743
- [4] Thông cáo báo chí về kết quả điều tra Người khuyết tật năm 2023. <https://www.gso.gov.vn/tin-tuc-thong-ke/2024/11/thong-cao-bao-chi-ve-ke-tua-nguoi-khuyet-tat-nam-2023/>
- [5] Chế tạo thành công xe lăn đa năng. <https://lienhiephoiphuyen.com.vn/khoa-hoc-cong-nghe/san-pham-ky-thuat-moi/1010-Che-cao-thanh-cong-xe-lan-da-nang.html>
- [6] Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên. <https://jst.tnu.edu.vn/jst/article/view/2363/pdf>

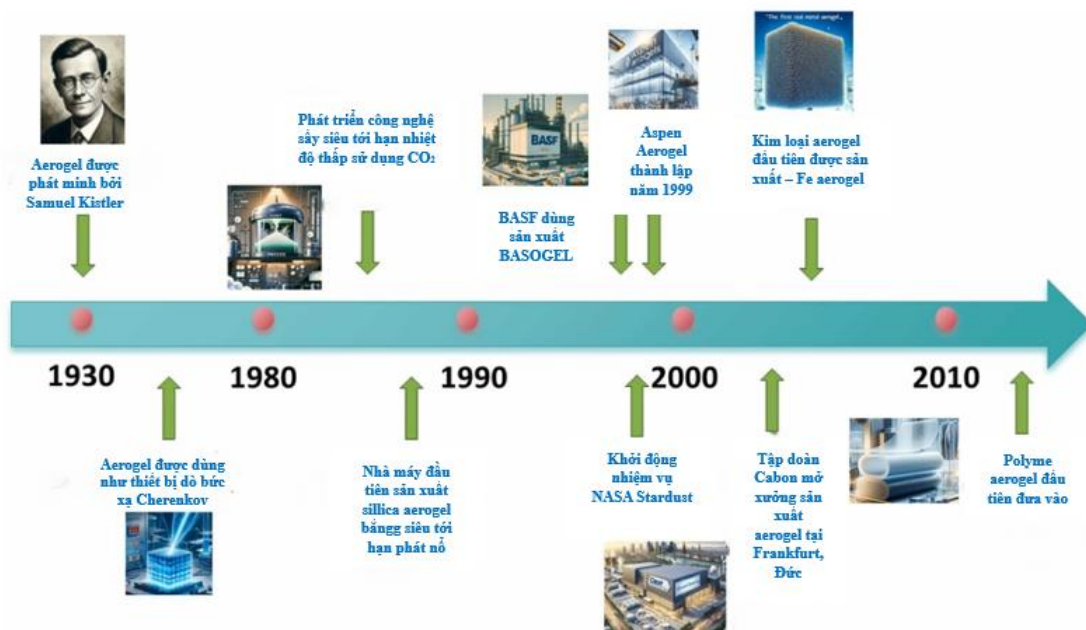
ĐỔI MỚI SÁNG TẠO

Vật liệu Aerogel và những ứng dụng trong ngành xây dựng - Phần 1: Vật liệu aerogel

Aerogel là loại vật liệu thu hút sự chú ý của cả giới khoa học và thương mại nhờ nhiều đặc tính vượt trội. Với mật độ cực thấp, độ xốp cao và khả năng cách nhiệt xuất sắc, aerogel đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, trong đó, nổi bật nhất là ngành xây dựng.

Aerogel

Thuật ngữ "aerogel" được Samuel Stephens Kistler giới thiệu lần đầu tiên vào năm 1931, khi tổng hợp khí silica aerogel từ thạch silica nhờ thay thế chất lỏng bằng dung môi không hòa tan cấu trúc khi sấy khô. Dung môi được chuyển trực tiếp sang trạng thái khí khi đạt đến nhiệt độ tới hạn mà không bị mất đi do bay hơi, giữ lại được nguyên vẹn cấu trúc. Từ đó, nghiên cứu về aerogel không ngừng phát triển, tạo ra nhiều biến thể như aerogel silica, aerogel polyme, aerogel carbon và gần đây nhất là aerogel kim loại. Nhờ các đặc tính độc đáo và khác biệt, những biến thể này có rất nhiều ứng dụng đa dạng.

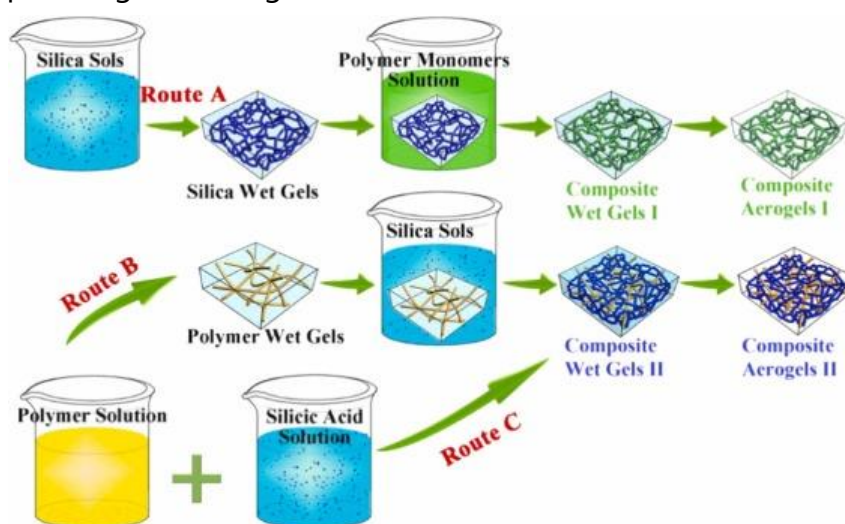


Lịch sử phát triển của aerogel (Nguồn: sciencedirect.com)

Kỹ thuật sản xuất aerogel

Trước đây, để chế tạo vật liệu aerogel, người ta thường áp dụng phương pháp truyền thống với quy trình phức tạp (quy trình sol-gel) và nhiều công đoạn: thủy phân, ngưng tụ, lão hóa và sấy siêu tới hạn. Ban đầu, sử dụng dung dịch tiền chất, thường là hợp chất

organosilicon như tetramethyl orthosilicate (TMOS) hoặc tetraethyl orthosilicate (TEOS) đối với aerogel silica, được đưa vào phản ứng thủy phân, trong đó, tiền chất bị phân hủy thành các hạt sol nhỏ hơn. Sau khi thủy phân, các hạt sol này trải qua phản ứng ngưng tụ, liên kết lại với nhau để tạo thành aerogel. Sau đó, các hạt sol liên kết và sắp xếp mạng lưới liên kết chặt chẽ trong hệ gel ướt. Bước cuối cùng là sấy siêu tới hạn. Ở giai đoạn này, chất lỏng bên trong các lỗ rỗng của gel được loại bỏ mà không làm cấu trúc bị sụp đổ, để lại cấu trúc rỗng, xốp được gọi là aerogel khí.



Sơ đồ tổng quát tổng hợp aerogel (Nguồn: sciencedirect.com)

Hiện nay, bên cạnh phương pháp sấy siêu tới hạn truyền thống, một số kỹ thuật sấy khác đã được áp dụng để thay thế, chẳng hạn như sấy đông khô (sử dụng quá trình bay hơi chậm của dung môi ở áp suất thường) và sấy đông lạnh (aerogel được đông lạnh và dung môi đông lạnh được thăng hoa trực tiếp, bỏ qua pha lỏng). Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây tập trung vào việc biến đổi bề mặt aerogel, trong đó, các lỗ xốp của vật liệu được xử lý hóa học để trở nên kỵ nước. Phương pháp này giúp giảm hiệu ứng sức căng bề mặt, bảo vệ cấu trúc aerogel và cho phép sử dụng các kỹ thuật sấy khô có chi phí thấp hơn mà vẫn đảm bảo giữ nguyên các đặc tính cấu trúc và tính năng của vật liệu.

Một số loại aerogel phổ biến

Aerogel silica: là loại aerogel phổ biến nhất, được chế tạo từ các tiền chất silicon alkoxide như TMOS hoặc TEOS qua quy trình sol-gel. Aerogel silica có đặc tính cách nhiệt, mật độ thấp, độ xốp cao và có khả năng truyền ánh sáng nên được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng (vật liệu cách nhiệt, kính tiết kiệm năng lượng, nắp bộ thu nhiệt mặt trời).

Aerogel carbon: được tạo ra bằng cách nhiệt phân các aerogel hữu cơ, như aerogel resorcinol-formaldehyde. Carbon aerogel giữ được độ xốp cao, mật độ thấp, đồng thời dẫn điện tốt và có thể điều chỉnh tính chất nhiệt thông qua quy trình nhiệt phân và trong xây dựng carbon aerogel có tiềm năng trong quản lý năng lượng, hệ thống sưởi tiên tiến và cửa sổ thông minh.

Aerogel polyme: là loại aerogel được làm từ polyme, có độ mềm dẻo hoặc cứng chắc tùy thuộc vào vật liệu và quy trình sản xuất. Cấu trúc nanomorphology của aerogel polyme phụ thuộc vào nồng độ isocyanat, nước và chất xúc tác. Việc thay đổi loại isocyanat hoặc dung môi sẽ cho phép tạo ra các cấu trúc xốp khác nhau. So với silica aerogel, aerogel polyme bền chắc hơn, ít giòn hơn, có khả năng cách nhiệt và cách âm tốt, thích hợp cho ứng dụng xây dựng như lớp cách nhiệt hoặc tấm linh hoạt.

Aerogel kim loại: còn được gọi là aerogel kim loại hữu cơ, được tổng hợp từ các ion kim loại và phối tử hữu cơ. Aerogel kim loại có thể biểu hiện các đặc tính từ tính, điện hoặc xúc tác. Trong xây dựng, thường được ứng dụng để che chắn điện từ hoặc chất xúc tác điện.

Aerogel oxit kim loại: là loại aerogel có độ ổn định nhiệt và hóa học cao, được ứng dụng rộng rãi trong các môi trường khắc nghiệt và nhiệt độ cao. Với cấu trúc tinh thể ion vô cơ, chúng sở hữu đặc tính chống oxy hóa, ăn mòn và khả năng cách nhiệt vượt trội. Các loại phổ biến như alumina (Al_2O_3), zirconia (ZrO_2) và titania (TiO_2).

Ứng dụng aerogel trong xây dựng

Là vật liệu rắn có mật độ cực thấp, chỉ vài mg/m^3 , cùng độ xốp cao, mang lại khả năng cách nhiệt vượt trội, aerogel được ứng dụng khá đa dạng trong ngành xây dựng, như các loại vật liệu cách nhiệt, kiểm soát âm thanh, gia cố kết cấu và chống cháy.

Vật liệu cách nhiệt: aerogel, đặc biệt là aerogel silica, là giải pháp cách nhiệt ưu việt nhờ cấu trúc nano xốp độc đáo và trọng lượng nhẹ. Với độ dẫn nhiệt cực thấp, vật liệu này hạn chế hiệu quả sự truyền nhiệt qua dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ, trở thành lựa chọn lý tưởng để sử dụng làm tường, mái và sàn, nâng cao hiệu quả năng lượng của các tòa nhà. Theo nghiên cứu của tác giả Wang và cộng sự trong năm 2023, aerogel silica trong suốt truyền thống có thể cách nhiệt thụ động, sưởi ấm thụ động hoặc làm mát thụ động trong các môi trường khác nhau, thông qua biến thể tính chất quang học. Nghiên cứu chứng minh rằng vào ban ngày, aerogel silica có thể hấp thụ năng lượng mặt trời để tạo ra nhiệt độ ấm hơn môi trường xung quanh 25°C , hoặc làm mát xuống 7°C tùy theo cách điều chỉnh. Đặc biệt vào những đêm lạnh, vật liệu aerogel silica vẫn duy trì trạng thái ấm áp nhờ khả năng kiểm soát hiệu quả năng lượng mặt trời.

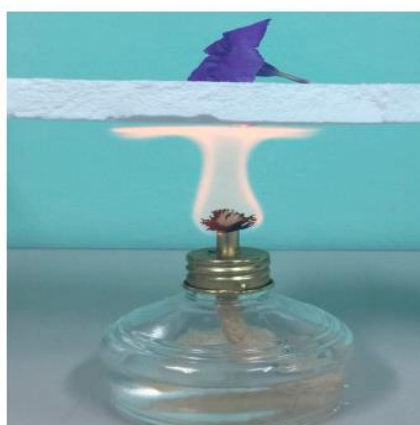
Không chỉ ứng dụng làm tường và mái nhà, aerogel silica nguyên khối còn được sử dụng làm các loại cửa sổ tiết kiệm năng lượng. Theo nghiên cứu của tác giả Carroll và cộng sự năm 2024, việc sử dụng aerogel silica làm các cửa sổ có thể làm mát và giúp giảm tới 25% thất thoát nhiệt, đóng góp quan trọng vào việc cải thiện hiệu quả năng lượng cho các tòa nhà hiện đại. Ngoài ra, vật liệu composite như khí graphene aerogel (GA) kết hợp axit octadecanoic (OA) cũng cho thấy có độ dẫn nhiệt tăng gấp 14 lần so với OA đơn thuần, mở ra tiềm năng lớn trong lĩnh vực cách nhiệt và lưu trữ năng lượng.



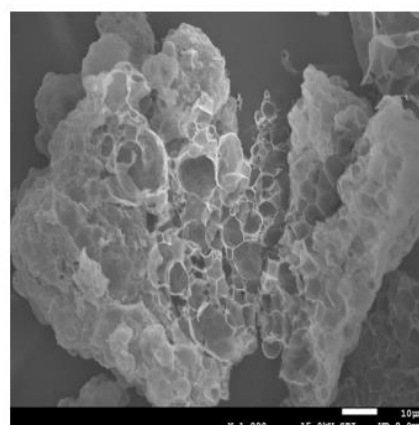
Aerogel trong suốt cách nhiệt trong xây dựng. (Nguồn: Materials Science and Engineering, 2020)

Vật liệu cách âm: do có độ xốp cao và cấu trúc mạng lưới nên aerogel làm giảm sóng âm hiệu quả, do vậy, có thể làm chất cách âm rất tốt. Theo nghiên cứu của tác giả Tatiana Budtova và cộng sự năm 2022, aerogel gốc silica có khả năng hấp thụ âm thanh vượt trội trên nhiều tần số, đặc biệt với dải tần số lên đến 5 kHz. So với các vật liệu truyền thống như bọt polyurethane có cùng mật độ, vốn chỉ giảm được khoảng 5 dB, thì aerogel cho thấy hiệu suất giảm truyền âm cao hơn đáng kể. Với đặc tính cách âm tốt, aerogel có tiềm năng lớn trong việc nâng cao khả năng cách âm cho các tòa nhà dân cư, tối ưu hóa kiểm soát âm thanh trong những không gian chuyên biệt như phòng thu âm hay phòng hòa nhạc. Bên cạnh đó, các aerogel polyme có thể được sử dụng làm tấm cách âm riêng biệt hoặc tích hợp vào vật liệu composite, mở ra nhiều tiềm năng ứng dụng trong các dự án cách âm.

Gia cố kết cấu chống cháy: aerogel có độ dẫn nhiệt thấp và độ ổn định ở nhiệt độ cao, giúp làm chậm sự lan truyền nhiệt từ nguồn lửa, từ đó giảm tốc độ cháy lan. Nhờ độ xốp cao và mật độ thấp, hàm lượng nhiên liệu ít, hạn chế đáng kể lượng vật liệu dễ cháy trong trường hợp xảy ra hỏa hoạn. Hoặc khi kết hợp với các vật liệu chống cháy khác, composite aerogel càng tăng cường thêm khả năng chống cháy mang lại hiệu quả bảo vệ tối ưu trong lĩnh vực xây dựng.



(a)



(b)

Hình dạng của vật liệu aerogel khi bị đốt cháy.

(a) Hình dạng; (b) Hình thái của khí aerogel được quan sát bằng kính hiển vi điện tử

Quá trình tổng hợp, ứng dụng aerogel trong xây dựng hiện vẫn đang được các nhà khoa học tập trung nghiên cứu, do tiềm năng của loại vật liệu này rất lớn. Những đặc tính vượt trội của aerogel, từ cách nhiệt, cách âm cho đến khả năng gia cố kết cấu và thân thiện với môi trường đã mở ra cơ hội cách mạng hóa ngành xây dựng hiện đại. Để hiện thực hóa tiềm năng này, việc tiếp tục nghiên cứu, đổi mới công nghệ, và thúc đẩy hợp tác chặt chẽ giữa các nhà khoa học, nhà sản xuất và các chuyên gia trong ngành xây dựng là điều hết sức quan trọng. Khi ngành xây dựng càng hướng tới các giải pháp bền vững, hiệu quả năng lượng và thân thiện với môi trường, aerogel đầy hứa hẹn là một đối tượng không thể bỏ qua. Với sự đầu tư vào nghiên cứu và phát triển, cùng các chính sách hỗ trợ phù hợp, aerogel sẽ có vai trò nổi bật trong việc định hình các công trình của tương lai, không chỉ về mặt hiệu suất mà còn trong việc giảm tác động đến môi trường, góp phần xây dựng một thế giới xanh hơn và bền vững hơn.

Vân Anh

Mời xem tiếp nội dung **“Một số nghiên cứu ứng dụng aerogel trong xây dựng tại Việt Nam”** trong **Thông tin chuyên đề KHCN&ĐMST số 03/2025**.

Tài liệu tham khảo chính

- [1] Xinhua Gu, Yongqiang Ling. *Research progress of aerogel materials in the field of construction. Alexandria Engineering Journal, Volume 91, Pages 620-631.*
- [2] Tatiana Budtova, Tapio Lokki, Sadeq Malakooti, Ameya Rege, Hongbing Lu, et al. *Acoustic Properties of Aerogels: Current Status and Prospects. Advanced Engineering Materials, Volume 25, Issue 6.*
- [3] Jing Wang, Dengsen Yuan, Peiyang Hu, Yongjiang Wang, Jin Wang, Qingwen Li. *Optical Design of Silica Aerogels for On-Demand Thermal Management. Advanced Functional Materials, Volume 33, Issue 32.*
- [4] M.K. Carroll, A.M. Anderson, S.T. Mangu, Z. Hajjaj, M. Capron. *Aesthetic aerogel window design for sustainable buildings. Sustainability, 14(5), 2887.*
- [5] K. Liu, Xiao-Feng Zheng, Chia-Hsing Hsieh, S. Lee. *The Application of Silica-Based Aerogel Board on the Fire Resistance and Thermal Insulation Performance Enhancement of Existing External Wall System Retrofit. Materials Science, Engineering, 14, 4518.*
- [6] Xu hướng nghiên cứu và ứng dụng vật liệu aerogel trong lĩnh vực xây dựng.

TRAO ĐỔI

Trong bối cảnh phát triển bền vững và cam kết giảm phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, Việt Nam đang đẩy mạnh nghiên cứu và ứng dụng các vật liệu xây dựng mới có hiệu suất cao, tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường. Một trong những vật liệu tiềm năng được quan tâm là aerogel - vật liệu siêu nhẹ, có khả năng cách nhiệt vượt trội và được xem là giải pháp quan trọng cho các công trình xanh.

Nhờ có cấu trúc rỗng siêu nhẹ, có thể chứa đến 99% không khí, aerogel là loại vật liệu có hệ số dẫn nhiệt thấp nhất trong số các vật liệu cách nhiệt hiện nay. Aerogel có nhiều ưu điểm nổi bật trong lĩnh vực xây dựng: giúp giảm thất thoát năng lượng trong các công trình, tiết kiệm chi phí vận hành nhờ khả năng cách nhiệt hiệu quả; với trọng lượng siêu nhẹ, aerogel giúp giảm tải trọng lên công trình, phù hợp với các khu vực có nền đất yếu; nhờ khả năng chống cháy và bền vững, loại vật liệu này không bắt lửa, giúp nâng cao tiêu chuẩn an toàn công trình; cải thiện chất lượng không gian sống và làm việc với khả năng chống ẩm và cách âm tốt,... nên được ứng dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia phát triển. Một số lĩnh vực tiêu biểu ứng dụng aerogel như: cách nhiệt cho tường và mái nhà (aerogel dạng tấm hoặc sơn phủ giúp cải thiện hiệu suất nhiệt); kính phủ aerogel (giảm thất thoát nhiệt mà vẫn duy trì tính thẩm mỹ); cách nhiệt cho đường ống và hệ thống HVAC (nâng cao hiệu suất năng lượng trong công trình công nghiệp).

Thời gian qua, Việt Nam đã có nhiều chính sách nhằm thúc đẩy vật liệu xây dựng xanh, trong đó có vật liệu cách nhiệt tiên tiến như aerogel. Có thể kể đến là *Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050* (Quyết định số 1266/QĐ-TT, ngày 18/8/2020 của Thủ tướng Chính phủ) nhấn mạnh việc thúc đẩy nghiên cứu và sản xuất vật liệu xây dựng mới, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên; sử dụng các loại vật liệu mới, thân thiện với môi trường trong các dự án, công trình công nghiệp xây dựng mới và cải tạo,...; *Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050* (Quyết định số 1658/QĐ-TTg, ngày 01/10/2021 của Thủ tướng Chính phủ) khuyến khích phát triển các công trình xanh (công trình bền vững - là công trình được thiết kế, thi công, vận hành và bảo dưỡng theo hướng thân thiện với môi trường, sử dụng tiết kiệm và hiệu quả tài nguyên, sử dụng vật liệu tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải carbon;...).

Là một trung tâm kinh tế - kỹ thuật hàng đầu của cả nước, một đại đô thị với tốc độ phát triển cực nhanh, nhu cầu của TP.HCM về các công trình xanh, tiết kiệm năng lượng để phục vụ người dân ngày càng cao. Thành phố cũng có nhiều yếu tố tự nhiên và xã hội rất thuận lợi cho việc thúc đẩy phát triển vật liệu aerogel trong lĩnh vực xây dựng: môi trường khí hậu nóng ẩm thúc đẩy nhu cầu tiết giảm chi phí làm mát công trình, phù hợp với điều kiện khí hậu địa phương mà aerogel có thể đảm bảo; một số doanh nghiệp và cơ quan nghiên cứu đã bắt đầu nhập khẩu và có những nghiên cứu sản xuất vật liệu aerogel, hứa hẹn khả

năng ứng dụng rộng rãi trong tương lai; Thành phố cũng đang khuyến khích phát triển công trình xanh, nơi mà các loại vật liệu cách nhiệt - như aerogel - đóng vai trò quan trọng. Tuy nhiên, thách thức trong việc khai thác, ứng dụng aerogel vào lĩnh vực xây dựng cũng còn nhiều, thể hiện ở các khía cạnh như: chi phí (aerogel hiện nay có giá thành cao hơn so với vật liệu cách nhiệt truyền thống), sự sẵn có (hiện Việt Nam chủ yếu nhập khẩu aerogel từ nước ngoài, thiếu các cơ sở sản xuất trong nước) và nhận thức thị trường còn hạn chế (các doanh nghiệp và chủ đầu tư chưa có nhiều thông tin về loại vật liệu này).

Theo các chuyên gia, để hiện thực hóa việc ứng dụng rộng rãi loại vật liệu này, cần có các chính sách hỗ trợ mạnh mẽ từ Chính phủ, sự tham gia của doanh nghiệp và nhận thức của thị trường. Cụ thể, cần đẩy mạnh nghiên cứu và sản xuất aerogel trong nước, thông qua việc đầu tư nghiên cứu công nghệ sản xuất aerogel và hỗ trợ các doanh nghiệp triển khai vào thực tiễn để tiết giảm chi phí. Nhà nước nên có các chính sách ưu đãi, tạo điều kiện vay vốn, giảm thuế nhập khẩu và hỗ trợ doanh nghiệp ứng dụng aerogel trong xây dựng. Ngoài ra, việc tăng cường tuyên truyền và đào tạo, nâng cao nhận thức về lợi ích của aerogel đối với các công trình và môi trường cho rộng rãi cộng đồng, cũng như các chủ đầu tư dự án là việc rất quan trọng.

Có thể nói, cùng với sự phát triển của khoa học và công nghệ, vật liệu xây dựng ngày càng được các nhà nghiên cứu quan tâm nhiều hơn và đã tạo ra nhiều chủng loại có các đặc tính ưu việt. Vật liệu xây dựng tính năng cao, tiết kiệm năng lượng, thân thiện môi trường là cơ sở cho kiến trúc hiện đại phát huy tính sáng tạo, đang trở thành xu hướng phát triển tất yếu. Do vậy, đẩy mạnh đầu tư cho công tác nghiên cứu, sản xuất và sử dụng aerogel trong lĩnh vực xây dựng sẽ giúp sớm đạt được các mục tiêu về xây dựng xanh, xây dựng đô thị thông minh và phát triển bền vững.

BBT