

NỘI DUNG PDF

Tiêu đề: Báo cáo Khoa học: Dự án Chimera - Tái cấu trúc Sinh học để Giải quyết Khủng hoảng Nhựa

Mã tài liệu: BSD-REPORT-2043-04

Ngày công bố: 22 tháng 03 năm 2043

Tổ chức: Viện nghiên cứu BioSynth Dynamics

Trưởng dự án: Tiến sĩ Elara Vance

CHƯƠNG 1: BỐI CẢNH VÀ MỤC TIÊU

1.1. Khủng hoảng Ô nhiễm Nhựa Toàn cầu

Ô nhiễm nhựa, đặc biệt là nhựa Polyethylene terephthalate (PET), đã trở thành một trong những thách thức môi trường nghiêm trọng nhất của thế kỷ 21. Hàng triệu tấn rác thải nhựa tích tụ trong các bãi chôn lấp và đại dương mỗi năm, gây hại cho hệ sinh thái và sức khỏe con người. Các phương pháp tái chế truyền thống tỏ ra kém hiệu quả và tốn kém năng lượng.

1.2. Giới thiệu Dự án Chimera

Dự án Chimera, được khởi động vào năm 2035 bởi BioSynth Dynamics, nhằm mục đích tạo ra một giải pháp sinh học đột phá. Mục tiêu của chúng tôi là sử dụng kỹ thuật di truyền tiên tiến để biến đổi một loại vi sinh vật có khả năng sống sót trong điều kiện khắc nghiệt, giúp nó có khả năng "tiêu thụ" và phân hủy nhựa PET một cách hiệu quả, chuyển hóa chúng thành các hợp chất an toàn và có ích.

CHƯƠNG 2: CÔNG NGHỆ LỖI - CRISPR-GENE-WEAVING (CGW)

Nền tảng của Dự án Chimera là một công nghệ chỉnh sửa gen độc quyền có tên là "CRISPR-Gene-Weaving" (CGW). Không giống như các hệ thống CRISPR-Cas9 truyền thống chỉ thực hiện các chỉnh sửa nhỏ hoặc chèn các đoạn gen ngắn, CGW cho phép chúng tôi chèn toàn bộ "cụm gen chức năng" (functional gene cassettes) vào bộ gen của sinh vật chủ một cách chính xác.

Quy trình CGW bao gồm 3 bước:

- Xác định và Tổng hợp Gen:** Chúng tôi đã xác định và sao chép cụm gen chịu trách nhiệm sản xuất enzyme PETase và MHETase từ vi khuẩn *Ideonella sakaiensis* (loài vi khuẩn có khả năng phân hủy PET được phát hiện lần đầu vào năm 2016). Cụm gen này sau đó được tối ưu hóa trong phòng thí nghiệm để tăng hiệu suất lên 250%.
- Tạo Vector Phân phối:** Cụm gen tối ưu hóa được tích hợp vào một vector virus (bacteriophage) đã được vô hiệu hóa, có khả năng lây nhiễm chọn lọc vào sinh vật chủ mà không gây hại cho nó.
- Tích hợp và Kích hoạt:** Vector sẽ tiêm cụm gen vào bộ gen của sinh vật chủ tại một vị trí đã được xác định trước. Một gen "công tắc" hóa học cho phép chúng tôi kích hoạt hoặc vô hiệu hóa hoạt động của cụm gen này khi cần thiết.

CHƯƠNG 3: SINH VẬT ĐƯỢC BIẾN ĐỔI - *DEINOCOCCUS RADIODURANS* X-12

3.1. Lựa chọn Sinh vật Chủ

Sau khi xem xét nhiều ứng cử viên, chúng tôi đã chọn *Deinococcus radiodurans*, một loại vi khuẩn cổ được mệnh danh là "vi khuẩn cứng đầu nhất thế giới". Lý do lựa chọn:

- Khả năng chống chịu bức xạ cực cao:** Nó có thể sống sót trong môi trường có bức xạ cao gấp 1.000 lần so với con người.
- Chịu được điều kiện khắc nghiệt:** Nó có thể tồn tại trong môi trường chân không, axit và nhiệt độ khắc nghiệt.
- Cơ chế sửa chữa DNA hiệu quả:** Giúp nó duy trì sự ổn định di truyền sau khi được biến đổi.

Phiên bản biến đổi gen thành công được đặt tên là *Deinococcus radiodurans X-12* (gọi tắt là D.r. X-12).

3.2. Hiệu suất và Sản phẩm Phụ

Trong điều kiện phòng thí nghiệm được kiểm soát (nhiệt độ 30°C, độ ẩm 70%), D.r. X-12 đã chứng tỏ khả năng vượt trội:

- Tốc độ phân hủy:** Có khả năng phân hủy hoàn toàn 95% một mẫu PET tiêu chuẩn (dày 0.2mm) trong vòng 480 giờ (20 ngày).
- Sản phẩm chuyển hóa:** Quá trình phân hủy PET tạo ra hai sản phẩm cuối cùng: ethylene glycol và axit terephthalic. Vi khuẩn D.r. X-12 tiếp tục chuyển hóa các chất này thành một loại polymer sinh học vô hại, có thể phân hủy hoàn toàn trong đất trong vòng 18 tháng.

CHƯƠNG 4: THỬ NGHIỆM THỰC ĐỊA VÀ RỦI RO AN TOÀN SINH HỌC

4.1. Thử nghiệm tại Đảo Maralinga

Một thử nghiệm quy mô lớn đã được tiến hành tại một khu vực được kiểm soát chặt chẽ thuộc Khu vực thử nghiệm An toàn Sinh học Cấp 4 (BSL-4) tại Đảo Maralinga, Úc. Khu vực này được chọn vì sự xa xôi và lịch sử nhiễm xạ, một môi trường mà chỉ có D.r. X-12 mới có thể phát triển mạnh. Kết quả thử nghiệm thực địa phù hợp với 98% dữ liệu trong phòng thí nghiệm.

4.2. Biện pháp An toàn "Kill Switch"

Mối quan tâm lớn nhất là việc sinh vật biến đổi gen thoát ra môi trường không kiểm soát. Để ngăn chặn điều này, chúng tôi đã tích hợp một cơ chế "công tắc chết" (Kill Switch) có tên là **"Lysine Failsafe"**:

- D.r. X-12 được sửa đổi để phụ thuộc vào một loại axit amin tổng hợp không có trong tự nhiên (non-canonical amino acid - ncAA) để tái tạo DNA của nó.
- Axit amin này chỉ được cung cấp trong môi trường xử lý (ví dụ: trong các lò phản ứng sinh học).
- Nếu vi khuẩn thoát ra môi trường tự nhiên, nó sẽ không thể sinh sản và sẽ chết trong vòng 72 giờ.

CHƯƠNG 5: LỘ TRÌNH VÀ KẾT LUẬN

BioSynth Dynamics đang lên kế hoạch cho giai đoạn tiếp theo, **Dự án Poseidon**, nhằm mục đích điều chỉnh D.r. X-12 để xử lý các hạt vi nhựa trong môi trường biển. Chúng tôi dự kiến sẽ thương mại hóa các lò phản ứng sinh học xử lý nhựa PET vào năm 2048.

Kết luận: Dự án Chimera đại diện cho một bước nhảy vọt trong việc áp dụng công nghệ sinh học tổng hợp để giải quyết các vấn đề môi trường cấp bách. Bằng cách kết hợp khả năng phục hồi của tự nhiên với sự khéo léo của con người, chúng ta có thể tạo ra các giải pháp bền vững cho một tương lai sạch hơn.

