



Các chu trình sinh địa hóa

Bởi:

Ngô Tự Thành

Mở đầu

Chu trình của cacbon

Đó là sự tuần hoàn giữa các dạng khử và các dạng oxi hóa của cacbon, chứa trong các dự trữ của chýng trong tù nhiên. Các dạng khử của cacbon là metan (CH_4) và vật chất hữu cơ (chất hữu cơ, CH_2O), cần các dạng oxi hóa của nó là cacbon monoxit (CO) và cacbon dioxit (CO_2). Sự luân chuyển của cacbon giữa các chất dự trữ chính của chýng được nêu trên hình 28.18-31-T

Cần phải nhấn mạnh một vài điều về sự tuần hoàn ấy như sau:

- Về chất hữu cơ, để đơn giản hóa vấn đề đến mức có thể, trong sơ đồ về chu trình cacbon ở hình 28.18-31 đó khung ghi chi tiết các loại chất hữu cơ khác nhau. Thùc ra có nhiều loại chất hữu cơ, chýng khác nhau nhiều về thành phần nguyên tố, về cấu trúc của các đơn vị cơ bản được lặp lại trong phân tử, về liên kết giữa các đơn vị đó, về các đặc tính lý – hóa, do đó khác nhau về con đường sinh tổng hợp (sự cố định cacbon dẫn đến chýng), và con đường phân hủy. Nói cách khác, trong sơ đồ nói trên, mỗi tên chỉ “sự cố định cacbon” thùc ra gồm rất nhiều con đường khác nhau theo cùng hướng. Điều tương tù càng đýng cho mỗi tên chỉ “sự phân hủy sinh học”. Một số đặc tính của các chất hữu cơ phức tạp được nêu trong bảng 28.5-31.

Chất hữu cơ	Đơn vị cơ bản	Các liên kết							
Những nguyên tố có mặt số lượng nhiều	Sự phân hủy								
C	H	O	N	P	Có oxi	Khụng có oxi			
Tinh bột	Glucosa	... (1→4), ... (1→6)	+	+	+	-	-	+	+

Xenluloza	Glucosa	β (1→4)	+	+	+	-	-	+	+
Hemixenluloza	Các monosaccarit C6 và C5	β (1→4), β (1→3), β (1→6)	+	+	+	-	-	+	+
Lignin	Phenylpropan	Các cầu nối C-C, C-O	+	+	+	-	-	+	-
Kitin	N-axetylglucosamin	β (1→4)	+	+	+	+	-	+	+
Protein	Các axit amin	Các cầu nối peptit	+	+	+	+	-	+	-
Hydrocacbon	Bộ, vàng, thơm		+	+	-	-	-	+	+
Lipit	Glyxerol, các axit bộ, một số lipit chứa photpho và nitơ	Các este	+	+	+	+	+	+	+
Sinh khối vi sinh vật		Khác nhau	+	+	+	+	+	+	+
Axit Nucleic	Các bazơ purin và pyrimidin	Các cầu nối photphodieste và N-glycosit	+	+	+	+	+	+	-

- Sự phân hủy sinh học nói trên phụ thuộc vào nhiều nhân tố, chúng được xếp thành ba nhóm:
- Các chất dinh dưỡng có mặt trong môi trường
- Các điều kiện khụng sinh học, bao gồm pH, thế oxi hóa khử, O₂, điều kiện thẩm thấu
- Cộng đồng vi sinh vật có mặt

Dưới đây chúng ta đề cập đến một số các yếu tố ấy

- *Oxi*: như bảng 28.5-31 cho thấy hầu như mọi chất hữu cơ phức tạp đều bị vi sinh vật phân hủy dễ dàng trong cả hai điều kiện có và không có oxi. Hai ngoại lệ là hydrocacbon và lignin. Các hydrocacbon như được biết cho đến gần đây, chỉ bị phân hủy trong điều kiện hiếu khí. Đặc biệt các hydrocacbon mạch thẳng và mạch nhánh cần oxi cho sự phân hủy mở đầu.

Gần đây chúng ta biết rằng hydrocacbon càng bị vi sinh vật phân hủy trong điều kiện kỵ khí nếu có các chất nhận điện tử như sulfat. Vi khuẩn thuộc chi *Desulfovibrio* có thể sử dụng sulfat để phân hủy các hydrocacbon một cách chậm chạp, với điều kiện được tiếp

xúc với các cơ chất ấy một thời gian dài. Lignin thì chỉ bị phân hủy trong điều kiện hiếu khí.

Đặc điểm chỉ bị phân hủy trong điều kiện hiếu khí của lignin là rất đáng chú ý. Với một lượng đáng kể trong nguyên liệu thực vật nói chung và gỗ nói riêng (khoảng 1/3 trọng lượng gỗ), lignin nguyên thể chỉ bị phân hủy in situ bởi nấm sợi trong điều kiện hiếu khí. Chính vì thế ở trong các môi trường kỵ khí sẽ có sự tích lũy các vật chất chứa lignin, trong đó có than bùn. Đặc điểm khụng bị phân hủy trong điều kiện kỵ khí càng là quan trọng đối với ngành xây dựng. Các cụng trình xây dựng lín đều phải có các cọc gỗ bên dưới phần nền. Chừng nào các cọc ấy cần được giữ trong điều kiện bão hòa nước và kỵ khí của nền móng thì các cụng trình xây dựng ấy cần bền vững, nếu khụng chừng sẽ bị mục và cụng trình đe dọa bị đổ nát. Tương tự, các cụng trình bằng gỗ và đất tiền càng có thể bị phân hủy thêm bởi các nấm sợi vốn sinh trưởng hiếu khí, do việc làm sạch các bên cạnh đó.

Điều kiện hiếu khí hay kỵ khí càng ảnh hưởng đến việc sản phẩm cuối cùng nào của sự phân hủy hữu cơ sẽ được tích lũy (hình 28.19 – 31). Trong điều kiện hiếu khí thì đó sẽ là các sản phẩm có tính oxi hóa như nitrat, sulfat và cacbon dioxit, cần trong điều kiện kỵ khí thì sẽ có các sản phẩm mang tính khử như ion amon, sulfua và metan

Hình 28.19 – 31. Ảnh hưởng của oxi tới sự phân hủy hữu cơ.

Vi sinh vật tạo ra các sản phẩm khác nhau tùy theo điều kiện là hiếu khí hay kỵ khí. Trong điều kiện hiếu khí thì các sản phẩm oxi hóa sẽ tích lũy trong môi trường, cần trong điều kiện kỵ khí thì sẽ là các sản phẩm khử. Những phản ứng phân hủy này càng thể hiện tính hội sinh (commensalistic): sản phẩm thải ra của một nhóm vi sinh vật này sẽ được một nhóm khác sử dụng.

- *Sự xáo trộn* hay hỗn hợp giữa môi trường kỵ khí và hiếu khí càng là một nhân tố ảnh hưởng đến chu trình cacbon. Nếu khụng có sự xáo trộn này, nghĩa là nếu các sản phẩm có tính oxi hóa hay khử được giữ nguyên ở môi trường hiếu khí hay kỵ khí nơi chừng sinh ra thì chừng thường chỉ được dùng làm chất dinh dưỡng. Cần nếu môi trường bị xáo trộn, thì các sản phẩm có tính oxi hóa có thể được di chuyển tới vùng có tính khử hơn, hoặc các sản phẩm có tính khử thì tới vùng có tính oxi hóa hơn. Trong những trường hợp như vậy, vi sinh vật có thêm nguồn năng lượng bổ sung (sự liên kết của các chất nhận điện tử và các chất cho điện tử), do đó sẽ xuất hiện một diễn thế (succession) và chất dinh dưỡng sẽ được tuần hoàn thêm nữa vì các chất oxi hóa và các chất khử được hỗn hợp với nhau này được cả một cộng đồng vi sinh vật khai thác.
- *Sự cố định cacbon*, nếu khụng kể ở thực vật thì do các vi sinh vật sau đây thực hiện: vi khuẩn lam (cyanobacteria) và tảo lục, vi khuẩn quang hợp (ví dụ *Chromatium* và *Chlorobium*), và vi khuẩn hóa tự dưỡng vự cơ hiếu khí (aerobic chemolithoautotrophs).

- -Về một vài dù trữ vật chất trong chu trình:
 - *Hydro*: là chất cho điện tử, và là chất khử mạnh. Hydro có thể được tạo thành trong quá trình phân hủy chất hữu cơ, nhất là trong điều kiện kỵ khí, như điều kiện của sự lên men kỵ khí chẳng hạn. Hydro sau khi được tạo thành, và cả metan nữa, có thể di chuyển lên phía trên, từ các vùng kỵ khí đến các vùng hiếu khí, tạo cơ hội cho các vi sinh vật oxi hóa hai khí này hoạt động.
 - *Metan* thì được tạo thành từ nhiều nguồn: hữu cơ và vô cơ ($\text{CO}_2 + \text{H}_2$), trong vùng kỵ khí. Nếu bên trên vùng kỵ khí ấy có một tầng nước thoáng khí thì metan có thể bị oxi hóa trước khi nó được khuếch tán tới khí quyển. Trong nhiều môi trường, ví dụ như ruộng lúa – nơi khụng có tầng nước thoáng khí ở phía trên, thì metan sẽ được đưa trực tiếp vào khí quyển, như vậy góp phần làm tăng lượng khí này trong khí quyển. Những nguồn metan quan trọng là ruộng lúa, động vật nhai lại, má than, búi chon lấp rác, và các đầm lầy. Ruột mỗi cừng là một nguồn metan, với các vi sinh vật kỵ khí như *Methanobrevibacter*. Lượng metan trong khí quyển đang tăng khoảng 1% mỗi năm, từ 0,7 đến 1,6 hay 1,7 ppm (khối lượng), trong 300 năm gần đây.

Mặt khác trong môi trường biển có thể có tới 10 000 tỷ tấn metan hydrat bị vùi dưới đáy biển, lượng này lớn gấp đôi trữ lượng đó biết của nhiên liệu hóa thạch. Mặc dù có một lượng metan khuếch tán lên phía trên, tới bề mặt, nhưng nó thường được tiêu dung trước khi thoát khỏi tầng lắng đọng vùi lấp nó. May thay, bởi vì như trên đó nói, metan gây hiệu ứng nhà kính mạnh hơn CO_2 rất nhiều. Nếu khí quyển tràn ngập metan thì trái đất sẽ quá nóng đối với sự sống hiện nay. Nguyên nhân của sự biến mất của metan trong tầng lắng đọng vẫn là một điều bí ẩn cho đến tận một phát hiện mới đây.

Bằng cách dung một mẫu huỳnh quang đối với một trình tự ADN đặc biệt, người ta đó phát hiện một tập hợp mới gồm các cổ khuẩn và vi khuẩn trong các tầng lắng đọng khụng có oxi và giàu metan. Những đám procaryot này có một lừi gồm khoảng 100 cổ khuẩn thuộc bộ Methanosarcinales được bao quanh bởi một vá gồm các vi khuẩn khử sulfat có quan hệ gần với *Desulfosarcina*. Dường như hai nhóm này hợp tác trao đổi chất với nhau, theo đó thì metan bị oxi hóa kỵ khí, cần sulfat thì bị khử. Có lẽ vi khuẩn khử sulfat sử dụng các sản phẩm thải ra từ sự oxi hóa metan, để sinh ra năng lượng từ sự khử sulfat. Các nghiên cứu bằng đồng vị phóng xạ cho thấy rằng các cổ khuẩn thì “ăn” metan, cần vi khuẩn thì nhận được nhiều cacbon từ các cổ khuẩn. Những vi khuẩn dinh dưỡng metan (methanotrophs) này có thể có vai trò rất quan trọng trong chu trình cacbon, vì người ta cho rằng chúng oxi hóa tới 300 triệu tấn metan mỗi năm.

Bạn có biết? Bạn nghĩ gì?

SỰ SỐNG Ở TRÊN 100°C

Cho đến tận gần đây, theo các tài liệu khoa học thì nhiệt độ cao nhất mà các cơ thể procaryot có thể sống được là 105°C. Dường như giới hạn trên của nhiệt độ đối với sự sống là khoảng 100°C, tức nhiệt độ của nước sôi. Hiện nay các nhà khoa học biết thêm rằng có những cơ thể procaryot ưa nóng (thermophilic) sinh trưởng tại các “cột khói đen” chứa sulfua ở dọc theo các khe nứt và các gè ở đáy đại dương, những “cột khói đen” này phun nước cực nóng (trên 350°C) và giàu sulfua. Có bằng chứng cho thấy rằng những vi sinh vật này có thể sinh trưởng và sinh sản ở 113°C. Áp suất nước tại những nơi sống của chýng đủ lớn để giữ nước ở trạng thái lỏng (ở 265 atm; nước biển khụng sôi khi nhiệt độ chưa quá 460°C).

Phát hiện nói trên nói lên nhiều điều. Các protein, các màng, các axit nucleic của những cơ thể procaryot này có tính rất bền nhiệt, và đó là những đối tượng lý tưởng để nghiên cứu xem bằng cách nào mà các đại phân tử và các màng lại được ổn định như vậy. Trong tương lai chýng ta có thể thiết kế những enzym hoạt động ở nhiệt độ rất cao. Một số enzym bền nhiệt lấy từ các cơ thể nói trên đang có những ứng dụng quan trọng trong công nghiệp và trong nghiên cứu. Chẳng hạn, Tag polymeraza từ cổ khuẩn *Thermus aquaticus* (sinh trưởng ở) được dung rộng rãi trong phản ứng chuỗi trùng hợp (polymerase chain reaction, PCR).

Câu hỏi

1. Vì sao vi sinh vật có mặt ở hầu khắp mọi nơi trên trái đất?
2. Nêu các ví dụ về sự tồn tại của vi sinh vật trong các môi trường bình thường và các môi trường cực trị.
3. Định nghĩa sự tuần hoàn vật chất theo nghĩa là một chu trình sinh địa hóa
4. Giải thích các vai trò sản xuất, tiêu thụ và phân hủy trong sự tuần hoàn vật chất. Những nhóm cơ thể nào đảm nhiệm vai trò ấy?
5. Có thể nói nếu khụng có vi sinh vật thì sự sống trên hành tinh chýng ta sẽ ngừng trệ, vì sao?
6. Các thủy vực bị ô nhiễm hữu cơ ở mức vừa phải có khả năng trở về trạng thái ban đầu mà không cần xử lý, vì sao?
7. Mỗi năm cây xanh (và cả vi khuẩn từ dương) cố định một lượng khổng lồ cacbon vào các chất hữu cơ (khoảng $2 \cdot 10^{11}$ tấn) khiến cho khoảng từ 10 đến 20 năm thì lượng cacbon dioxide trong khí quyển (khoảng $2,6 \cdot 10^{12}$ tấn) sẽ bị cạn kiệt. Tuy nhiên điều đó không xảy ra từ rất lâu (từ khi có sự sống), vì sao?
8. Nêu các đặc trưng về thành phần nguyên tố của các polymer hữu cơ được đề cập trong mục 6.2 và khả năng được vi sinh vật phân hủy trong điều kiện hiếu khí và kỵ khí

9. Phân tích các quá trình trong chu trình cacbon và vai trò của vi sinh vật trong mỗi quá trình ấy
10. Định nghĩa sự phân hủy sinh học, sự vô cơ hóa, sự cố định (sự bất động hóa), và nêu các ví dụ tương ứng
11. Có thể đặt “mùn” vào đâu trong chu trình cacbon ở hình 28.18–31-T
12. Sự phân hủy chất hữu cơ trong điều kiện kỵ khí và hiếu khí có gì khác nhau về mặt các sản phẩm được tích lũy
13. Lignin và sự phân hủy sinh học có gì đáng chú ý?