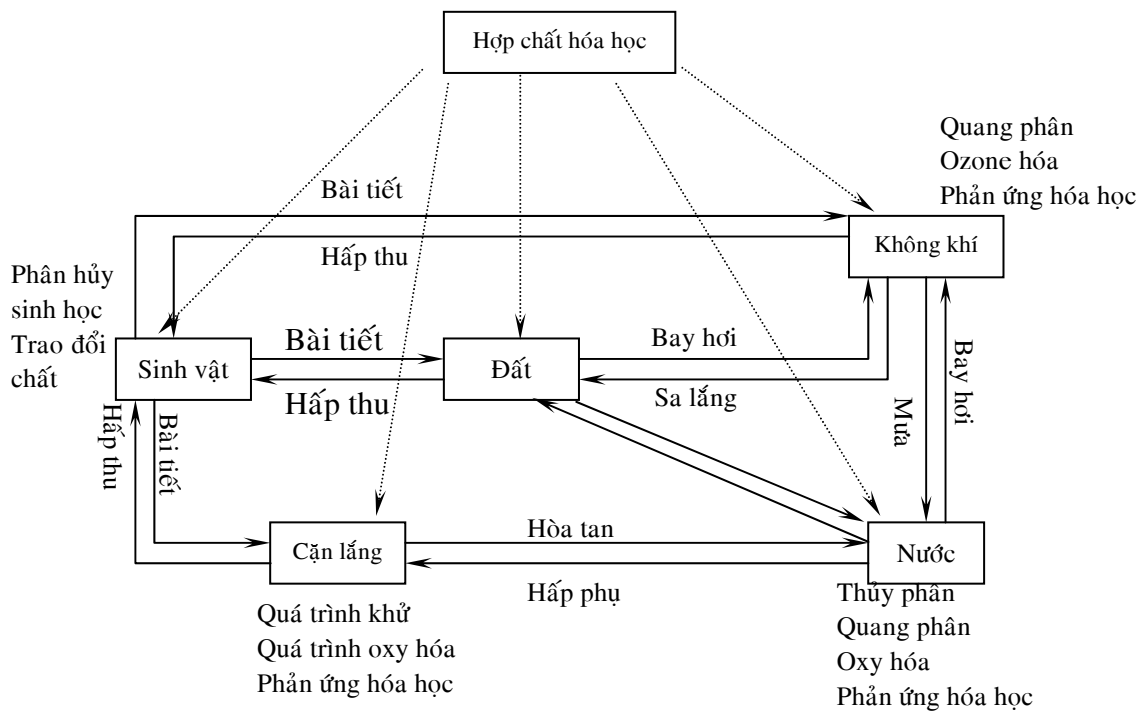


CHƯƠNG 5

SỰ LAN TRUYỀN TÍCH LŨY TRONG MÔI TRƯỜNG VÀ CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐỘC CHẤT HỌC

Từ các hoạt động sản xuất công nghiệp và dân dụng, sự lan truyền của chất ô nhiễm vào môi trường là không thể tránh khỏi. Tùy thuộc vào phương thức đi vào môi trường mà chất ô nhiễm sẽ di chuyển và biến đổi theo nhiều cách khác nhau tùy thuộc vào bản chất của chất ô nhiễm, điều kiện tự nhiên và yếu tố con người. Bản chất của chất ô nhiễm, đặc tính điều kiện môi trường dẫn đến tốc độ dịch chuyển của chất ô nhiễm nhanh hay chậm đến sinh vật tiếp nhận theo các con đường gián tiếp hay trực tiếp, ở dạng nguyên thể hay ở dạng đã biến đổi từ đó gây ra các tác động nguy hại đến sinh vật tiếp nhận. Nhìn chung khi chất ô nhiễm phát thải vào môi trường, sự lan truyền, tích lũy và phân hủy của chúng có thể biểu diễn theo một sơ đồ tổng quát sau



Hình 5.1. Sơ đồ tổng quát về sự dịch chuyển tích lũy và phản ứng của chất thải trong tự nhiên

Trong quản lý chất thải nguy hại, việc hiểu rõ bản chất của các biến đổi và sự dịch chuyển của chất ô nhiễm trong môi trường sẽ giúp ích rất nhiều cho sự thành công của công tác quản lý. Tuy nhiên bản chất của sự lan truyền, tích lũy và phân hủy của chất ô nhiễm trong tự nhiên là rất phức tạp. Để có thể hiểu được cặn kẽ, đòi hỏi phải có sự kết

hợp của rất nhiều ngành khoa học: đất, địa chất, cơ học lưu chất, hóa học, lý, thủy văn và sinh thái. Trong nội dung của chương này, với mục đích giúp sinh viên có cái nhìn tổng quát về sự lan truyền, tích lũy, phân hủy và các ảnh hưởng độc tính của chất thải nguy hại, các khái niệm cơ bản về các cơ chế lan truyền, di chuyển và phân hủy của chất ô nhiễm thải cũng như các tác động của chúng được trình bày..

5.1 Sự Lan Truyền, Tích Lũy Và Phân Hủy Của Chất Thải Nguy Hại Trong Môi Trường

Có thể thấy rằng sự lan truyền, tích lũy và phân hủy của chất trong môi trường nhanh hay chậm phụ thuộc rất lớn vào bản chất của chất thải, cách thức xâm nhập vào môi trường, bản chất của môi trường tiếp nhận, điều kiện môi trường... Vì vậy để hiểu rõ các vấn đề cần xem xét đến các yếu tố liên quan trên.

1. Các dạng phát tán

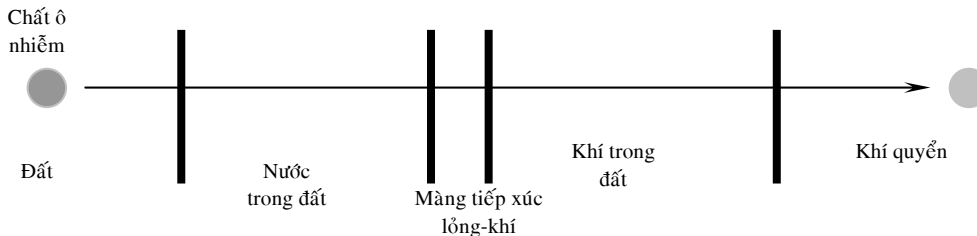
Để có thể nhận dạng một cách rõ ràng các con đường dẫn đến sự lan truyền của chất thải nguy hại, các dạng phát tán vào môi trường phải được định dạng một cách rõ ràng. Nhìn chung chất thải nguy hại đi vào môi trường ở ba dạng: lỏng, rắn và khí tương ứng với ba pha rắn, lỏng và khí .

Phát tán ở dạng khí: chất thải nguy hại thải vào môi trường trong pha khí có thể bao gồm: chất bay hơi từ ao hồ, thùng chứa hoặc khí thải từ các ống khói nhà máy, từ lò đốt, từ hoạt động giao thông.vv. Tùy theo mức độ phát tán, phạm vi ảnh hưởng, độ cố định hay di động để phân biệt người ta có thể phân ra như sau

- ◆ Nguồn điểm: ống khói lò đốt, khí bãi chôn lấp....(khối lượng/thời gian)
- ◆ Đường: bụi từ đường phố, khói xe (khối lượng /thời gian.chiều dài)
- ◆ Vùng (diện tích): chất bay hơi từ ao hồ, đầm chứa (khối lượng/thời gian.diện tích)
- ◆ Thể tích: các trường hợp của các ngôi nhà (khối lượng/thời gian.thể tích)
- ◆ Nhất thời (không thường xuyên) do các sự cố về tràn, đổ, rơi vãi của chất thải (khối lượng của tổng thải).

Ở những nơi cơ chế phát thải chủ yếu là do sự hóa hơi, khí ô nhiễm cơ bản bao gồm là những hợp chất hữu cơ. Khí ô nhiễm có thể sinh ra do quá trình sản xuất hoặc là do quá trình xử lý chất thải. Sự ô nhiễm của bụi và các thành phần khí khác chủ yếu là do quá trình đốt và do sự xói mòn của gió liên quan chủ yếu đến những hạt nhỏ và có những tính chất ô nhiễm khác nhau ví dụ như chất hữu cơ, kim loại, PCB, dioxin.Chất bay hơi: chủ yếu từ bồn chứa, hệ thống ống, bề mặt ao hồ. Chất hữu cơ và vô cơ bay hơi chủ yếu có nguồn gốc từ các bồn chứa, hệ thống ống và đường ống, bề mặt ao hồ. Chất hữu cơ có thể

bay hơi từ nước rò rỉ và di chuyển đến nước bề mặt. Tốc độ bay hơi phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất bay hơi của chất, sự chênh lệch giữa nồng độ trong pha lỏng và pha khí. Các chất bay hơi trong môi trường có thể dịch chuyển trực tiếp vào khí quyển, đôi khi các chất này cũng trải qua các biến đổi pha mới đến khí quyển theo như sơ đồ tổng quát như sau.



Hình 5.2. Sự phân bố của chất hữu cơ bay hơi trong môi trường đất-nước-khí

Sự di chuyển của chất ô nhiễm từ đất và nước ngầm cho phép chúng thoát vào khí quyển không được kiểm soát là con đường chuyển đổi cơ bản (đơn giản). Về cơ bản có thể dùng định luật Henry cân bằng hóa học, yếu tố riêng như loại đất, độ ẩm, tốc độ gió, diện tích hồ để ước tính sự thoát ra từ nguồn và xử lý chúng

Phát tán ở dạng rắn: chủ yếu từ hai nguồn: quá trình đốt và nguồn tức thời (fugitive) (từ bốc dỡ vật liệu, bề mặt: đường, công trường xây dựng, bến đỗ, chuồng trại (impoundment), bãi chôn lấp, công trường xử lý đất, bể ổn định chất thải. Nguyên nhân chính gây nên phát tán là do tác động của gió và hoạt động của con người. Lượng bụi phát tán từ quá trình đốt có thể ước tính theo nguyên liệu đốt có thể tham khảo cách tính toán trong tài liệu xử lý ô nhiễm không khí. Trong nội dung phần này chỉ đề cập đến một số phát tán do hoạt động giao thông và bốc dỡ. Lượng bụi do hoạt động giao thông trên đường có thể ước tính bằng công thức sau:

$$E_{VT} = 5,9 \left(\frac{S_p}{12} \right) \left(\frac{V_v}{30} \right) \left(\frac{M_v}{3} \right)^{0,7} \left(\frac{W_v}{4} \right)^{0,5} \left(\frac{365 - D_p}{365} \right)$$

E_{VT} = hệ số phát tán (lb/mi xe di chuyển) [lb/mi = 0,423 kg/km]

S_p = hàm lượng bùn của bề mặt đường (%)

V_v = tốc độ xe trung bình (mi/h) [mi/h = 1,609 km/h]

M_v = trọng lượng trung bình của xe (tấn)

W_v = số bánh xe trung bình

D_p = số ngày trong năm mà có lượng mưa tối thiểu là 0,254mm.

Để ước tính lượng bụi thất thoát do hoạt động bốc dỡ (bốc dỡ đất) có thể dùng phương trình sau

$$E = 0,0032k \frac{\left(\frac{U}{5}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

E = hệ số phát tán (lb bụi đi vào không khí/ tấn đất được lấy đi) [lb = 0,4535 kg]

U = tốc độ gió trung bình (mi/h) [mi/h = 1,609 km/h]

M = hàm lượng ẩm của vật liệu (%)

k = hệ số liên quan đến kích thước hạt có thể lấy trong bảng sau

Bảng 5.1 Kích thước hạt và hệ số k

Kích thước hạt	< 30 mm	< 15 mm	< 10 mm	< 5 mm	< 2,5 mm
K	0.74	0.48	0.35	0.20	0.11

Phát tán ở dạng lỏng: quá trình phát tán của chất thải ở dạng lỏng vào môi trường rất đa dạng về hình thức và luôn xảy ra không ngừng chẳng hạn như: đầu ra của hệ thống xử lý, nước từ các tháp xử lý khí thải lò đốt, nước rò rỉ sau xử lý, nước rửa máy móc thiết bị... Do khả năng xử lý luôn nhỏ hơn 100% nên những nguồn này mặc dù được xử lý nhưng vẫn thải vào môi trường một lượng chất ô nhiễm dù là rất nhỏ. Việc kiểm soát chất thải nguy hại thải vào môi trường ít được thực hiện so với các vấn đề kiểm soát thông thường. Vì hầu như việc kiểm soát, giám sát chỉ thực hiện dựa trên các chỉ tiêu thông thường và được thực hiện đối với các công trình cố định trên mặt đất mà chưa quan tâm đến các công trình ngầm hay những nguồn không thường xuyên. Ví dụ điển hình cho trường hợp này là việc dùng thuốc bảo vệ thực vật, và các hệ thống cống rãnh ở nông thôn, cũng như dùng bể tự hoại trong nhà ở các đô thị. Việc kiểm soát và giám sát các nguồn này hiện nay còn rất nhiều tranh luận và chưa đưa ra được biện pháp hiệu quả nhất, ngay cả việc khoan giếng đến tầng kiến tạo đá và đổ chất thải nguy hại vào đó cũng còn nhiều tranh cãi thảo luận.

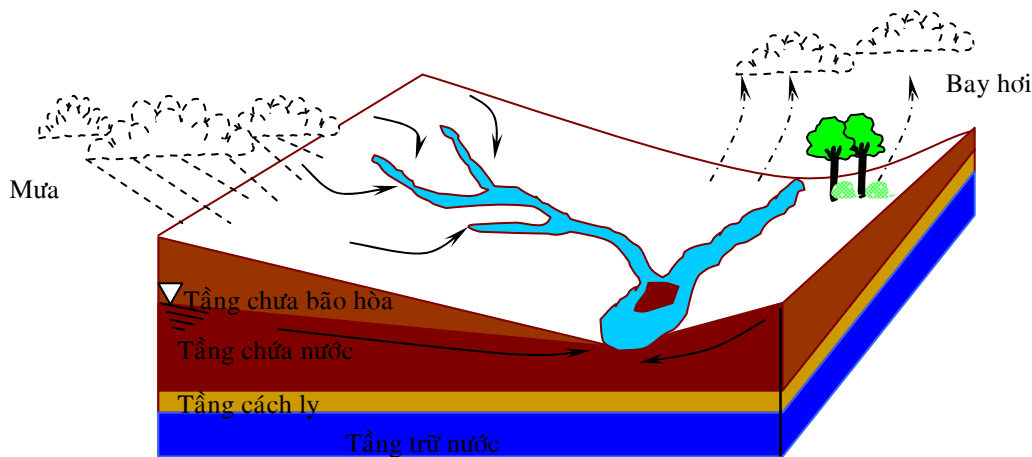
Ngoài ra còn có những nguồn phát thải vào nước mặt và nước ngầm mà không thể kiểm soát được. Những nguồn này có thể là nước mưa chảy tràn và nước rò rỉ trong bãi rác cũng như các hoạt động của con người (làm đổ, tràn, gây rơi vãi). Bảng 1. liệt kê các nguồn phát thải vào nước mặt và nước ngầm.

Bảng 5.2. Các nguồn phát thải, lượng thải, mức độ ô nhiễm và nguyên nhân –yếu tố tác động

Nguồn	Lượng thải	Mức độ ô nhiễm	Các nguyên nhân và yếu tố ảnh hưởng
Vận chuyển (do tràn, chảy đổ)	Một phần của thể tích chất được vận chuyển	Cao trong trường hợp chất vận chuyển là chất tinh khiết	Do tai nạn giao thông, các sự cố khi bốc dỡ xuống hàng
Kho lưu trữ + Tràn	Một phần của thể tích thùng chứa	Cao khi chất lưu trữ là chất tinh khiết	Do cấu trúc của thùng chứa sai, các sự cố trong bảo quản
+ Rò rỉ	Tốc độ nhỏ, tuy nhiên có thể xảy ra liên tục trong thời gian dài đặc biệt khi thùng chứa trong lòng đất	Cao khi chất lưu trữ là chất tinh khiết	Chế độ kiểm tra bảo trì, niên hạn sử dụng của thùng chứa
Đầu ra của hệ thống xử lý	Khác nhau tùy thuộc qui mô của hệ thống, thường là lớn	Thấp do yêu cầu của luật	Thành phần, nồng độ đầu vào, thiết kế và vận hành hệ thống
Bãi chôn lấp + Nước mưa chảy tràn	Tùy thuộc vào mùa và lượng mưa	Thấp, thành phần ô nhiễm chủ yếu là cặn. Trong trường hợp bãi chôn lấp hình nón thì hầu như không có.	Tình trạng đỉnh bãi chôn lấp, độ dốc, lượng mưa và thời gian mưa.
+ Hiện tượng thấm rỉ bề mặt	Tốc độ thấp nhưng có thể liên tục kéo dài trong một thời gian dài.	Từ trung bình đến cao	Đặc tính của đỉnh bãi chôn lấp (độ dốc, tính thấm), do chôn lấp chất lỏng, hệ thống thu gom nước rò rỉ
+ Rò rỉ qua lớp lót đáy	Tốc độ thấp khi có lớp lót đáy, từ trung bình đến cao khi không có lớp lót đáy, liên tục trong thời gian dài	Từ trung bình đến cao	Đặc tính của đỉnh bãi chôn lấp (độ dốc, tính thấm), do chôn lấp chất lỏng,

			hệ thống thu gom nước rò rỉ, đặc tính của lớp lót đáy.
Hồ chứa + Qúa tải, hay sự rửa trôi + Thẩm, rỉ	Một phần của lượng thải chứa trong hồ Lưu lượng nhỏ khi có lớp lót, trung bình đến cao khi không có lớp lót, liên tục theo thời gian.	Cao khi trữ các chất nguy hại Cao khi lưu trữ chất thải nguy hại	Cấu trúc sai, do lũ lụt Tính thấm của lớp lót, chiều sâu của lớp chất thải.

2. Sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất



Hình 5.3. Chu trình nước trong tự nhiên

Trong đất, sự dịch chuyển của chất ô nhiễm phụ thuộc rất lớn vào dòng nước ngầm trong đất. Không gian chứa nước và sự phân bố của nước ngầm có ảnh hưởng rất lớn đến sự lan truyền của chất ô nhiễm. Để có thể hiểu rõ về dòng nước ngầm hình thành trong đất có thể xem xét chu trình nước trong tự nhiên như hình 5.3

Chu trình nước cho thấy khi bắt đầu việc kết tụ của nước trên mặt đất do mưa, mưa đá, tuyết sẽ hình thành một dòng chảy tràn trên mặt đất. Dòng nước chảy tràn trên mặt đất này một phần sẽ thấm xuống dưới đất thành nước ngầm, phần còn lại sẽ chảy về các vùng trũng (vùng tụ thủy) hình thành các dòng chảy như suối, sông và cuối cùng chảy ra biển. Lượng nước ngầm xuống đất và lượng nước chảy trên bề mặt tiếp tục quay vòng vào khí quyển do bay hơi, phần còn lại trong đất sẽ tiếp tục thấm xuống và tùy theo cấu trúc địa tầng mà hình thành các tầng chứa bão hòa nước và tầng chứa nước. Theo cấu trúc địa tầng nước sẽ có xu hướng dịch chuyển đi lên mặt đất hay hướng về chỗ trũng. Quá trình dịch chuyển và hướng dịch chuyển của nước trong đất sẽ phụ thuộc rất lớn vào thành

phần đất ví dụ đối với tầng chứa cát và sỏi nước sẽ có xu hướng thấm ngang hơn là thấm dọc. Lưu lượng dòng chảy của nước ngầm trong đất có thể ước tính bằng cách sử dụng công thức Darcy

$$Q = k.i.A$$

Q = lưu lượng (cm³/s)

k = hệ số thấm (cm/s)

i = gradient thủy lực (cm/cm)

A = diện tích mặt cắt (cm²)

Hệ số thấm k phụ thuộc rất nhiều vào thành phần đất, bảng 2 trình bày một số hệ số thấm của đất

Bảng 5.3 Hệ số thấm của đất

Loại	k (cm/s)
Sỏi	1-10 ⁵
Cát hay hỗn hợp cát sỏi	10 ⁻³ – 1
Cát mịn và bùn (phù sa)	10 ⁻² – 10 ⁻⁶
Sét pha bùn hay sét	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁹

Trong công thức trên, gradient thủy lực chỉ thị cho độ tổn thất thế năng khi dòng chảy qua lớp vật liệu xốp (đất) được xác định như sau

$$i = \frac{h_1 - h_2}{l}$$

h₁ = chiều cao cột áp tại vị trí 1 (cm)

h₂ = chiều cao cột áp tại vị trí 2 (cm)

l = khoảng cách giữa hai vị trí (cm)

Do trong đất có lỗ xốp và quá trình dịch chuyển của dòng chảy trong đất là sự dịch chuyển qua các lỗ xốp vì vậy có thể tính lưu lượng theo công thức biến đổi Darcy như sau

$$Q = v.A = v_s . A_V$$

v = vận tốc thấm darcy = k.i (cm/s)

A = diện tích mặt cắt ngang dòng (cm²)

v_s = vận tốc thấm tuyến tính (cm/s) = v/n

n = độ xốp của đất (%)

A_V = diện tích mặt cắt ngang hữu ích của dòng (diện tích lỗ xốp m²)

Tuy nhiên đất mỗi nơi đều có thành phần và cấu trúc khác nhau, điều này sẽ dẫn đến tốc độ thấm khác nhau. Để đánh giá khả năng dẫn nước của đất, người ta sử dụng giá trị độ dẫn nước (transmissivity) của đất để đánh giá

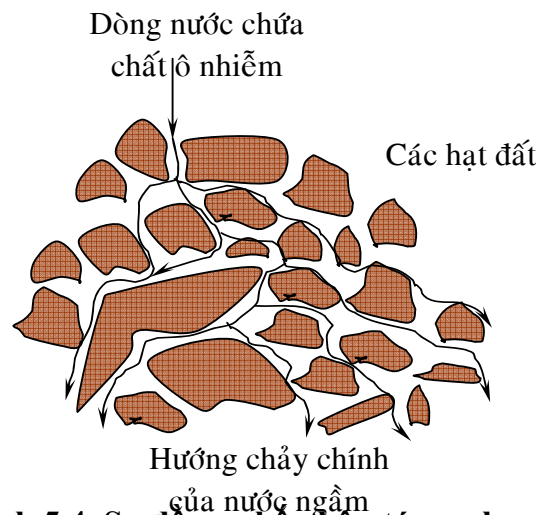
$$T = k.t \text{ (cm}^2\text{/s)}$$

k = hệ số thấm (cm/s)

t = độ dày của tầng chứa nước (cm)

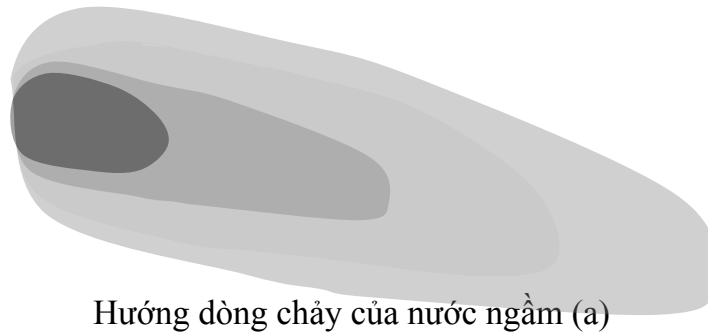
Cơ chế lan truyền chất ô nhiễm trong đất

Chất ô nhiễm trong đất tồn tại ở rất nhiều dạng (hay pha) khác nhau tùy theo bản chất lý hóa của chất ô nhiễm. Chất ô nhiễm có thể hòa tan vào trong nước ngầm và dịch chuyển qua các lỗ xốp của đất. Theo diện rộng, quá trình này có thể mô hình hóa theo dòng chảy và hướng dòng chảy của nước ngầm, tuy nhiên xét trên phương diện hẹp, quá trình này liên quan trực tiếp đến kích thước hạt và độ xốp của đất. Khi dịch chuyển trong đất, chất ô nhiễm (hay nói cách khác là dòng chứa chất ô nhiễm) không đi xuyên qua các hạt đất mà đi qua các khoảng trống trong đất như hình sau



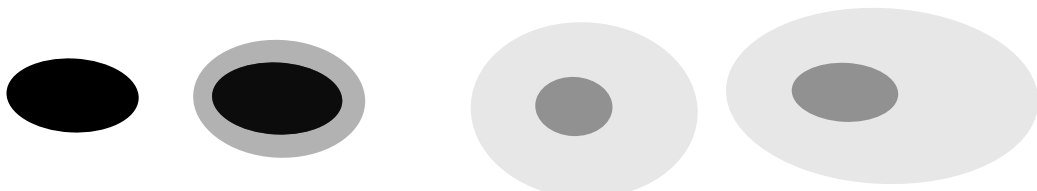
Hình 5.4. Sơ đồ cơ chế phân tán cơ học

Khi chảy qua khoảng trống của các hạt đất, dòng chảy sẽ liên tục đổi hướng, phân dòng dẫn đến việc dòng được khuấy trộn thủy lực. Trường hợp này được gọi là phân tán cơ học hay phân tán thủy lực. Hệ quả của việc này sẽ dẫn đến phạm vi ảnh hưởng cũng như nồng độ của chất ô nhiễm khác nhau trong đất. Nếu nguồn ô nhiễm là nguồn điểm, dưới tác động của dòng chảy, sự phân tán cơ học, thể tích (hay phạm vi ảnh hưởng) của chất ô nhiễm sẽ lớn lên và do sự hòa tan và nước trong đất, theo thời gian chất ô nhiễm sẽ bị pha loãng. Nếu nguồn ô nhiễm là nguồn liên tục, dưới tác động của dòng chảy và cơ chế phân tán cơ học, chất ô nhiễm sẽ lan rộng theo hướng dòng chảy và cũng được pha loãng theo thời gian như trong nguồn điểm. Sơ đồ lan truyền của chất ô nhiễm trong trường hợp nguồn điểm và nguồn liên tục cho trong hình



Hướng dòng chảy của nước ngầm (a)

Hình 5.5. Sơ đồ phân tán của chất ô nhiễm trong trường hợp nguồn liên tục



Hướng dòng chảy của nước ngầm (b)

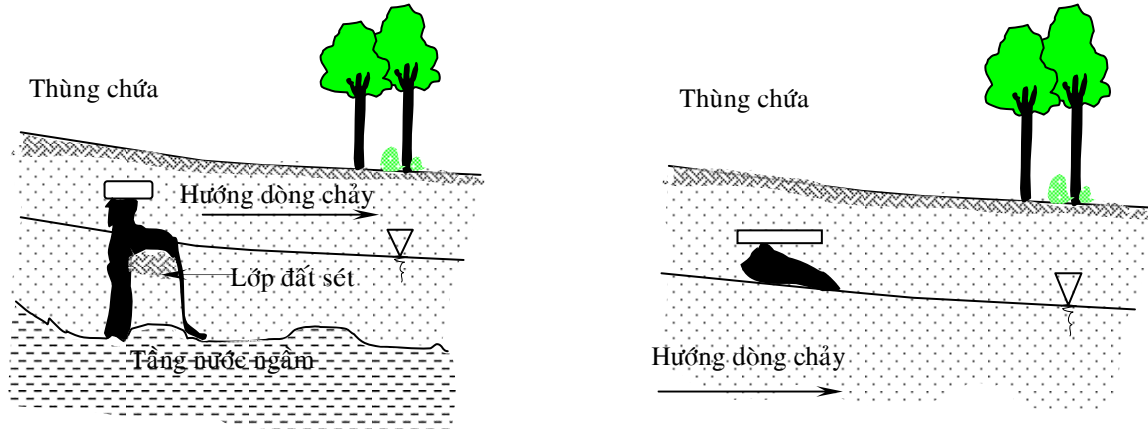
Hình 5.6 Sơ đồ phân tán của chất ô nhiễm trong trường hợp nguồn điểm.

Về cơ bản, quá trình lan truyền của chất ô nhiễm hòa tan được biểu diễn như trên, tuy nhiên trong thực tế có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự lan truyền bao gồm cả các yếu tố vật lý, hóa học và sinh học của đất cũng như bản chất hóa học hóa lý của chất thải. Một số quá trình trong tự nhiên ảnh hưởng đến sự lan truyền của chất ô nhiễm được cho trong bảng

Bảng 5.4 Các quá trình tự nhiên tác động đến sự lan truyền của chất ô nhiễm

Loại quá trình	Quá trình tác động
Quá trình vật lý (cơ học)	Phân tán; khuếch tán; cấu trúc địa tầng;
Quá trình hóa học	Phản ứng oxy hóa- khử; trao đổi ion; phức hóa; kết tủa/hòa tan; sự phân tầng do khả năng hòa tan của chất ô nhiễm; hấp phụ; thủy phân
Quá trình sinh học	Phân hủy hiếu khí; phân hủy kỵ khí; hấp thụ của sinh vật

Sự phân bố của cấu trúc địa tầng sẽ ảnh hưởng đến sự phân bố của đường lan truyền, rộng hay hẹp đôi khi làm hình thành dòng chảy trong các vết gãy địa tầng. Đối với chất không hòa tan hay ít hòa tan vào nước, trong đất nó có thể hình thành vùng lắng đọng hay các lớp váng trong tầng nước ngầm như sơ đồ sau



3. Sự tích lũy và phân hủy của chất thải nguy hại trong đất

Trong đất luôn tồn tại khí-nước-vô cơ/hữu cơ nên có các khả năng làm chậm lại quá trình lan truyền của chất ô nhiễm hay tăng khả năng lan truyền cũng như giảm (hay biến đổi) nồng độ của chất ô nhiễm. Bảng 5.5 trình bày một số quá trình tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình tích lũy, phân hủy của chất ô nhiễm trong đất

Bảng 5.5 Các quá trình tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình tích lũy-phân hủy của chất ô nhiễm

<i>Quá trình</i>	<i>Loại chất ô nhiễm</i>	<i>Tác động</i>
Hấp phụ	Chất hữu cơ/vô cơ	Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền
Kết tủa	Chất vô cơ	Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền
Trao đổi ion	Chất vô cơ	Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền
Lọc	Chất hữu cơ/vô cơ	Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền
Oxy hóa-khử	Chất hữu cơ/vô cơ	Biến đổi/Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền
Hấp thụ sinh học	Chất hữu cơ/vô cơ	Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền
Phân hủy sinh học	Chất hữu cơ	Biến đổi giảm độc tính hay nồng độ chất ô nhiễm
Thủy phân	Chất hữu cơ	Biến đổi giảm độc tính hay nồng độ chất ô nhiễm
Hóa hơi	Chất hữu cơ	Biến đổi pha (tiếp tục tích lũy trong đất hay giải phóng ra khí quyển)
Hòa tan	Chất hữu cơ/vô cơ	Tăng tính linh động (tăng khả năng lan truyền)
Đồng dung môi	Chất hữu cơ	Tăng tính linh động (tăng khả năng lan truyền)
Phân ly (hay ion hóa)	Chất hữu cơ	Tăng tính linh động (tăng khả năng lan truyền)
Phức hóa	Chất vô cơ	Tích lũy làm chậm quá trình lan truyền

Quá trình làm chậm (hay trì hoãn) lan truyền (retardation)

Đây là quá trình làm cản trở sự lan truyền của chất ô nhiễm đồng thời tích lũy các chất ô nhiễm trong đất bao gồm các quá trình như: hấp phụ; trao đổi ion; kết tủa; lọc.

Hấp phụ: quá trình xảy ra cả trên thành phần hữu cơ lẫn vô cơ của đất. Tỷ lệ phân bố của chất ô nhiễm giữa nước và đất phụ thuộc nhiều vào ái lực liên kết giữa hai pha. Ái lực liên kết phụ thuộc vào bản chất phân tử và là hàm của các cơ chế hóa học, lý học và điện. Trong đó các lực liên kết quan trọng là liên kết hydro, Van Der Waals, lực tĩnh điện. Các chất hữu cơ kỵ nước có thể hấp phụ trên thành phần vô cơ của đất đặc biệt là trên các hạt sét. Bên cạnh đó cũng có thể xảy ra quá trình trao đổi ion của giữa các chất ô nhiễm với đất. Quá trình hấp phụ trong đất thường xảy ra trên phần hữu cơ của đất. Một số yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ

- Kích thước phân tử
- Tính ưa nước
- Tính phân cực
- Cấu trúc

Lượng chất ô nhiễm được hấp phụ có thể ước tính theo phương trình sau

$$S = K_d \cdot C^N$$

S = lượng chất được hấp phụ trên khối lượng chất hấp phụ (mg/kg)
K_d = hệ số phân bố
C = nồng độ chất ô nhiễm trong nước ngầm ở điểm cân bằng (mg/L)

Hệ số phân bố K_d phụ thuộc rất nhiều vào tính chất của chất ô nhiễm cũng như tỷ lệ phần hữu cơ trong đất có thể được xác định theo phương trình sau

$$K_d = K_{oc} \cdot f_{oc}$$

f_{oc} = tỷ lệ phần carbon hữu cơ trong đất

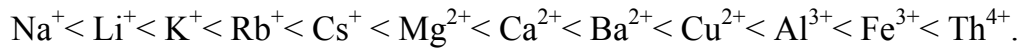
K_{OC} = hệ số riêng phần carbon hữu cơ của chất ô nhiễm.

Trong một số trường hợp khi không biết K_{OC} có thể ước tính K_{OC} theo tính ưa nước của chất theo phương trình sau

$$K_{OC} = 0,63 K_{OW}$$

Trao đổi ion: đây cũng là quá trình hấp phụ chất ô nhiễm vào đất, tuy nhiên khác với quá trình hấp phụ trên, quá trình này có sự giải phóng ion. Tùy thuộc vào thành phần của đất mà khả năng trao đổi ion của đất khác nhau. Tuy nhiên tùy thuộc vào bản chất của chất ô

nhiễm và thành phần của đất mà khả năng trao đổi khác nhau, thứ tự ưu tiên trao đổi ion như sau



Quá trình này phụ thuộc rất nhiều vào pH của môi trường. Sự thay đổi pH của môi trường sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến khả năng trao đổi ion.

Kết tủa: là quá trình biến đổi chất ô nhiễm từ dạng hòa tan thành dạng không tan. Thường xảy ra đối với các kim loại nặng. Quá trình này cũng phụ thuộc rất nhiều vào pH của môi trường, pH của môi trường sẽ quyết định nồng độ của chất ô nhiễm còn lại trong nước.

Lọc: do cấu trúc của đất nên trong đất có các lỗ xốp, vì vậy các cặn sẽ được giữ lại trong các lỗ xốp.

Quá trình tăng khả năng lan truyền, biến đổi hay giảm nồng độ

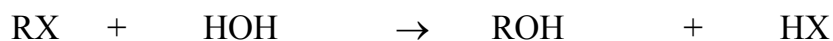
Đây là quá trình hoặc làm biến đổi chất chẳng hạn như oxy hóa khử (hóa học, sinh học), thủy phân, hóa hơi để chuyển các chất từ đất vào khí quyển.

Oxy hóa khử hóa học: đây chính là quá trình làm biến đổi chất góp phần giảm độc tính của chất ô nhiễm. Ví dụ như biến đổi Cr từ dạng Cr⁶⁺ rất độc thành Cr³⁺ ít độc hơn.



Oxy hóa-khử sinh học: là quá trình biến đổi chất hữu cơ thành các phân tử đơn giản ít độc hơn dưới tác động của vi sinh vật trong đất.

Thủy phân: Trong quá trình này nhóm OH sẽ thay vào các nhóm chức của chất hữu cơ làm cho chất hữu cơ ít độc hơn. Đặc biệt là các chất hữu cơ có chứa nhóm halogen (Cl, F, Br..)



Hóa hơi: quá trình này dựa trên bản chất của chất hữu cơ (khả năng bay hơi) để chuyển chúng thành dạng khí vào khí quyển hay lớp khí trong đất. Quá trình này phụ thuộc rất lớn vào áp suất bay hơi của chất và áp suất của môi trường.

Bên cạnh các quá trình trên còn quá các quá trình như đồng dung môi, ion hóa, hòa tan, tạo phức, giúp cho chất ô nhiễm lan truyền nhanh hơn trong môi trường đất.

4. Sự lan truyền trong không khí

Chất ô nhiễm khi thải vào khí quyển, chúng sẽ lan truyền và phát tán trong không khí phụ thuộc rất nhiều vào gió, đặc tính của môi trường không khí, địa hình khu vực, bản chất chất ô nhiễm và nguồn phát thải. Nguồn phát thải vào không khí bao gồm hai nguồn chính: từ các ống khói và từ ao, hồ thiết bị. Trong đó khí thải từ các ống khói có kiểm soát dễ dàng hơn.

Nồng độ chất ô nhiễm theo chiều của hướng gió ở chiều cao H trên mặt đất có thể được ước tính theo phân bố Gauss như sau

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

Q = lưu lượng thải chất ô nhiễm (mg/s)

C = nồng độ chất ô nhiễm tại vị trí (x,y,z) đang xét (mg/m³)

u = tốc độ gió trung bình (m/s)

(y, z = hệ số khuếch tán (m)

H = chiều cao nguồn (m)

Z = tổng chiều cao nguồn và chiều cao luồng khói (m)

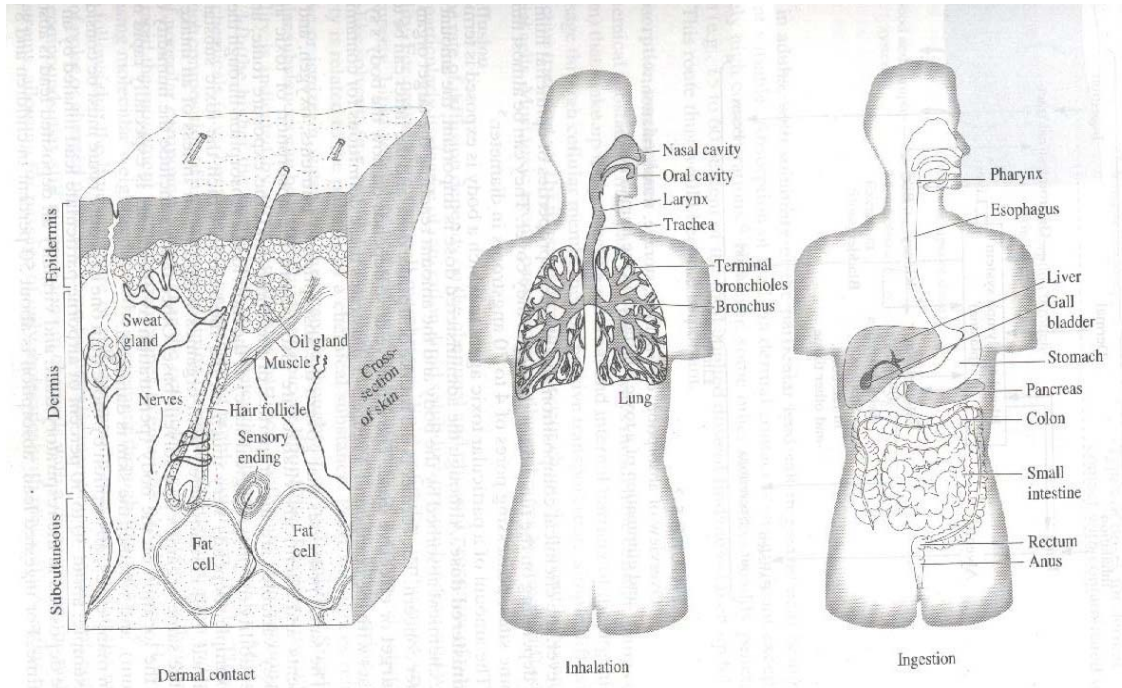
Bên cạnh sự phát tán theo gió, chất ô nhiễm còn sa lắng theo chiều phát tán dưới tác dụng của trọng lực, mưa....

5.2 Các Khái Niệm Cơ Bản Về Độc Chất Học

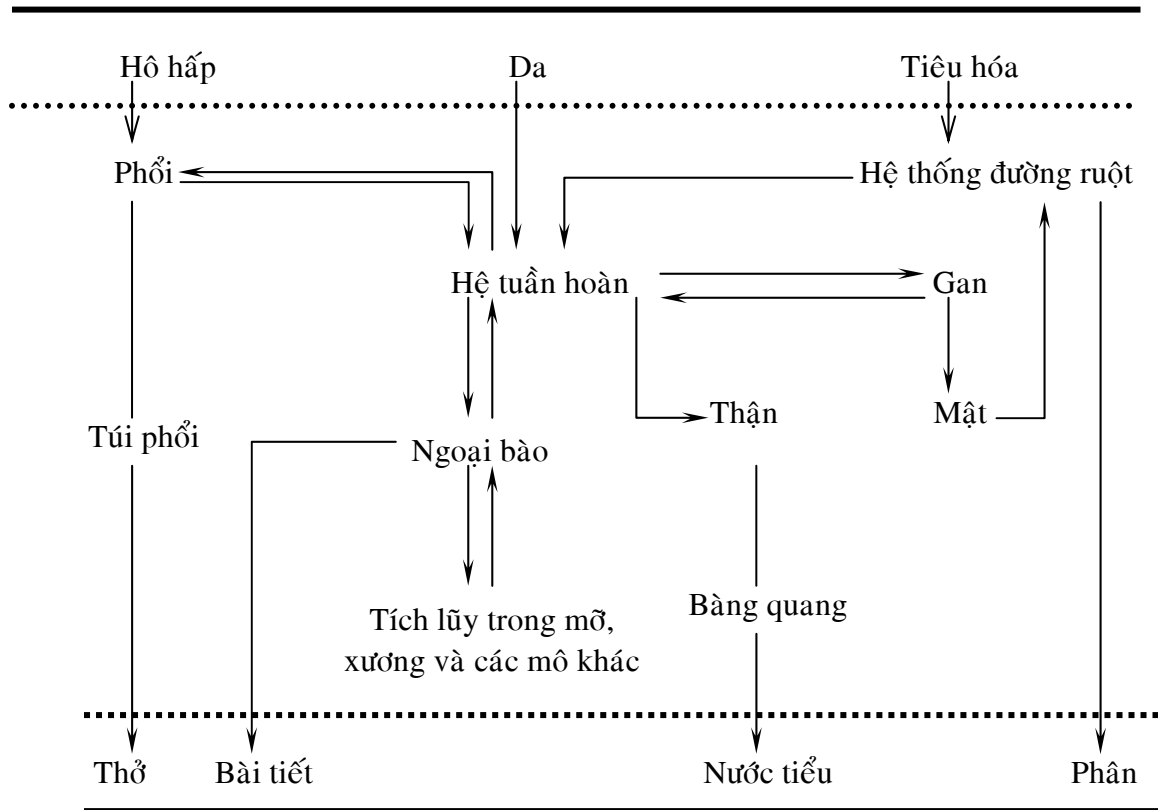
Khi một chất thải nguy hại được thải vào môi trường sẽ diễn ra quá trình lan truyền, tích lũy chất nguy hại trong môi trường đất-nước-khí. Trong quá trình lan truyền sẽ dẫn đến sự tiếp xúc giữa chất ô nhiễm với con người và vi sinh vật. Do bản chất của chất thải nguy hại, các chất này sẽ gây tác động đến con người và sinh vật theo các cách khác nhau. Cơ chế tích lũy, tác động của chất nguy hại lên con người và vi sinh vật sẽ khác nhau rất nhiều phụ thuộc vào loài, thể trạng, và các điều kiện tiếp xúc. Tuy nhiên do cơ chế cơ bản về ảnh hưởng của độc chất học chưa được hiểu rõ ràng, tính độc của một chất phần lớn dựa vào sự quan sát, chỉ một phần nhỏ là trực tiếp từ người. Để xác định độc tính của một chất phần lớn đạt được từ những thí nghiệm trên động vật trong phòng thí nghiệm. Và khi đó sử dụng kết quả này để ngoại suy ra kết quả cho con người thì giá trị này chỉ còn mang tính tương đối do hạn chế của thuật toán, khoa học phân tích và sự chuyển đổi trong môi trường của chất hóa học. Trong nội dung phần này chỉ nêu lên một số khái niệm liên quan nhằm giúp sinh viên có một số khái niệm cơ bản về môn độc chất học.

5.2.1 Các con đường tiếp xúc

Thông thường chất độc hại đi vào con người qua ba con đường tiếp xúc chính: hô hấp, tiêu hóa và tiếp xúc với da.



Khi vào trong người chúng hấp thu vào máu đi đến toàn bộ các cơ quan trong cơ thể, tích lũy trong các cơ quan, hay thải hồi ra ngoài như sơ đồ tổng quát sau



Hình 5.7. Sơ đồ hấp phụ tích lũy, phân chuyển, chuyển đổi và bài tiết chất độc của cơ thể người

Nhìn chung, độc chất hấp thụ vào cơ thể qua đường tiêu hóa ít hơn so với qua da và biểu mô của hệ hô hấp do tính độc của các chất sẽ bị giảm bớt dưới tác động của dịch tiêu hóa. Để có thể phân chuyển trong cơ thể thông qua hệ thống tuần hoàn, độc chất phải xâm nhập qua được các màng sinh học, việc xâm nhập này được quyết định bởi các tính chất hóa lý của chất như:

- Mức độ ion hóa thấp
- Hệ số riêng phần octanol-nước cao
- Bán kính nguyên tử hoặc phân tử

Và khi xâm nhập qua màng vào hệ thống tuần hoàn, độc chất sẽ kết hợp với các thành phần của máu và theo hệ tuần hòa dịch chuyển trong toàn bộ cơ thể dưới các dạng sau

- Hoà tan trong nhũ tương
- Liên kết thuận nghịch với protein, chylomicron hoặc các cấu tử khác của huyết thanh.
- Phân tán hoặc liên kết nằm trong hồng cầu và các yếu tố tạo thành.

5.2.2 Hấp thụ, phân chuyển, chuyển hóa, và bài tiết của chất độc

Hấp thụ

Là quá trình các chất thấm qua màng tế bào và xâm nhập vào máu, ngoài ra còn quá trình hấp thụ xảy ra qua đường tiêu hóa, hô hấp, da... sự vận chuyển của độc chất từ hệ thống tuần hoàn vào trong mô cũng được gọi là sự hấp thụ. Lượng chất hấp thụ các chất vào cơ thể động vật phụ thuộc rất nhiều vào lượng chất đưa vào, thời gian cơ thể bị tiếp xúc, kiểu và loại xâm nhập. Điểm đặc biệt của hấp thụ, phần lớn được xác định bởi con đường tiếp xúc, có ảnh hưởng đến sự phân bố. Một đặc trưng của hấp thụ có thể cho phép chất độc đi vòng qua gan, vùng cơ bản khử độc tính. Ví dụ chất độc hấp thụ qua phổi, da, miệng, thực quản có thể tạm thời đi vòng qua gan, trong khi những chất khác hấp thụ qua bao tử và ruột sẽ theo máu trực tiếp đến gan.

Cơ chế của hấp thụ: chất hóa học có thể qua nhiều con đường khác nhau qua các mô (là bộ phận bảo vệ bên ngoài và bên trong của vi sinh vật). Các con đường đó là: (a) qua màng tế bào bởi dịch chuyển thụ động (phân tán đơn giản) hoặc là di chuyển chủ động hoặc (b) đi qua những lỗ xóp (rỗng) hoặc kênh hiện diện trong mô. Hầu hết chất độc đi qua màng tế bào bởi khuếch tán đơn giản (simple diffusion).

Khuếch tán: tốc độ khuếch tán tùy thuộc tính chất hóa học và lý học của tác chất độc hại, đặc biệt mức độ ion hóa, tính tan trong mỡ (lipid solubility) liên kết protein và tính tan trong nước. Đối với việc đi qua màng tế bào tính tan trong mỡ là tính chất quan trọng. Tính tan trong mỡ của một chất là ái lực của chất hóa học đối với dung môi là mỡ khác với dung môi nước (máu, nước tiểu). Tính chất này liên quan đến tính phân cực của chất. Những chất phân cực tan hoặc ion hóa trong nước và có thể được cho là chất ưa nước, ngược lại không phân cực được gọi là chất kỵ nước (hydrophobic or lipophilic). Hệ số riêng phần octanol-nước của một chất chỉ ra khả năng tan trong mỡ của chất. Vì vậy những chất không phân cực sẽ thâm nhập và di chuyển vào những mô có nhiều mỡ nhanh, những chất có hệ số riêng phần octanol-nước hơn sẽ chuyển động nhanh vào trong máu hơn. Tuy nhiên, khi khối lượng phân tử của chất tăng sẽ giảm chuyển động qua màng.

Ngoài cơ chế khuếch tán cơ bản, một số hấp thụ xảy ra theo một hệ thống di chuyển đặc biệt và phức tạp. Có rất nhiều cơ chế hiện hữu và hoạt động có tính chọn lọc, ví dụ, hấp thụ đường, những chất dinh dưỡng và chất ưa nước khác. Tương tự có một hệ thống cũng có thể dịch chuyển chọn lọc một số chất độc. Một số hệ thống hấp thụ đặc biệt quan trọng trong việc bài tiết chất độc ra khỏi cơ thể.

Một số con đường hấp thụ chủ yếu như:

Hấp thụ qua con đường tiêu hóa: hấp thụ có thể xảy ra theo suốt chiều dài của hệ thống tiêu hóa, tuy nhiên khuynh hướng hấp thụ tại mỗi vị trí khác nhau do khác nhau về pH của môi trường tồn tại. Nói chung sự hấp thụ tại ruột là cao nhất vì tại đây chất độc hại có

nồng độ cao nhất và thường ở dạng hòa tan được trong mỡ (ở các dạng phức hợp). Các quá trình chuyển hóa sinh học dưới tác động của vi khuẩn đường ruột góp phần quan trọng quyết định khả năng hấp thụ của chất độc hại.

Hấp thụ qua con đường hô hấp: các chất được hấp thụ thường là các chất ở dạng khí, các chất dễ bay hơi, hay sol khí. Ở dạng khí, chất độc hại di chuyển vào lớp màng chất lỏng trên thành con đường dẫn khí bởi sự khuếch tán. Sự dịch chuyển qua lớp màng phụ thuộc vào hệ số khuếch tán của khí, chiều dày lớp màng, và nồng độ khí ở biên giới của lớp này. Dòng mao mạch (capillary blood) lấy những khí tan trên vùng khác của chất lỏng và lớp phân tách mô. Túi phổi hấp thụ khí diễn ra bởi phần khí-máu, chu trình lọc máu/làm đầy, và nồng độ trong khí và trong máu. Trong phổi, các chất khí tan được vào nước sẽ tan trong nước nhầy khí quản, tích đọng tại đó và gây tổn thương. Đối với các khí tan trong mỡ sẽ thẩm thấu qua màng phổi với tốc độ phụ thuộc vào hệ số riêng phần octanol-nước và sự hòa tan trong máu của khí. Đối với bụi, tùy thuộc vào kích thước của hạt bụi mà sẽ được giữ lại ở các phần khác nhau trên suốt chiều dài của đường hô hấp. Thường các hạt có đường kính lớn hơn 10(m sẽ gây tác động đến đường hô hấp trên (đặc biệt là mũi và khí quản), hạt có kích thước 1-5 (m gây tác động đến phổi và các mao mạch trong phổi, hạt có đường kính nhỏ hơn 1 (m thường đến màng phổi. Đối với các hạt lọt vào phần trên của hệ hô hấp thường được thải ra ngoài qua ho, hắt hơi hoặc đôi khi bị nuốt vào theo đường tiêu hóa. Các hạt mắc vào phần dưới của hệ hô hấp sẽ được vận chuyển đến tận màng phổi. Các hạt sẽ tan thẩm qua màng phổi đi vào hệ tuần hoàn. Các hạt không tan được khuếch tán chậm hơn vào đến mạch máu. Tùy theo bản chất của chất độc mà gây ra các phản ứng khác nhau dẫn đến tổn thương đường hô hấp (kích thích, viêm nhiễm, phù nề, giãn phế nang, xơ phổi...).

Hấp phụ qua con đường tiếp xúc da: da là một rào cản rất tốt đối với rất nhiều loại độc chất. Một chất dầy dính trên da có thể có 4 phản ứng sau:

- Da và tổ chức mỡ tác dụng như hàng rào bảo vệ chống lại sự xâm nhập của độc chất gây tổn thương cơ thể.
- Phản ứng với bề mặt da và gây viêm da sơ phát.
- Xâm nhập qua da và kết hợp với tổ chức protein gây cảm ứng da.
- Xâm nhập qua da vào máu.

Có hai con đường hấp thụ qua da là qua tế bào da, qua tuyến bã và các tuyến khác, nhìn chung cơ bản là qua tế bào. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hấp thụ độc chất qua da: cấu trúc hóa học, tính chất hóa lý, nhiệt độ môi trường, tổ chức cấu trúc của các vùng da khác nhau..... Tại da các chất hầu hết được hấp thụ thông qua tế bào biểu bì. Tuyến mồ hôi và chân lông chiếm ít hơn 1% diện tích bề mặt cơ thể và chỉ một số ít các độc chất được hấp thụ vào cơ thể qua con đường này. Lớp biểu bì là lớp màng không chế tốc độ hấp thụ. Tốc độ di chuyển của độc chất từ lớp biểu bì vào hệ tuần hoàn phụ thuộc vào độ dày của da, tốc độ của dòng máu và các yếu tố khác. Tốc độ hấp thụ sẽ khác nhau tại các vùng da khác nhau.

Phân chuyển

Là quá trình độc chất theo hệ thống tuần hoàn đi qua các cơ quan trong cơ thể, ở đó các chất có thể chuyển hóa hay tích lũy lại trong cơ thể. Tốc độ phân chuyển của độc chất đến tế bào của mỗi cơ quan phụ thuộc vào dòng máu lưu chuyển qua cơ quan đó. Tuy nhiên sự phân chuyển của chất độc sẽ chịu ảnh hưởng của sự tích lũy tại các tế bào (khu vực lưu giữ) khác nhau trong cơ thể. Các khu lưu giữ chất độc có thể là:

- Các protein của huyết tương (đối với các chất có khả năng liên kết với protein như Hg^{2+})
- Mỡ của cơ thể (đối với chất không phân cực như PCBs, chất hữu cơ chứa Clo)
- Xương (đối với Pb, radium, F)
- Gan và thận (Cd có thể tích lũy tại thận)

Do ái lực của chúng đối với mô khác nhau, rất nhiều chất có thể tích lũy ở vùng khác với cơ quan chủ yếu để có thể thoát ra trên một thời gian dài. Điểm đặc trưng của tích lũy không gây bất lợi cho cơ quan tích lũy. Ví dụ Lindane có thể tích lũy trong mỡ không gây bất kỳ ảnh hưởng bất lợi đến tế bào mỡ. Vùng tích lũy có thể có nồng độ độc chất cao như trong các cơ quan chủ yếu (cơ quan có xu hướng tích lũy). Tỷ lệ được giữ lại và vùng tích lũy riêng sẽ tùy thuộc vào đặc tính của hợp chất hóa học (tính phân cực, ái lực với mô là hai tính chất chủ yếu). Vùng tích lũy hoạt động cân bằng với quá trình khác và có thể là thuận nghịch, vì vậy quá trình bài tiết của vùng tích lũy có thể trong khoảng thời gian ngay cả sau khi chấm dứt tiếp xúc với môi trường tiếp xúc. Tuy nhiên trường hợp vùng tích lũy định nghĩa là điểm vùng độc tố. Ví dụ thủy ngân vô cơ sẽ gây những biến đổi mãnh liệt làm suy yếu các chức năng của thận. Hay khi Cd trong vô thận 100-200 ppm sẽ làm hư thận.

Do bản chất của chất từ đó có các phản ứng lý hóa khác nhau với các hệ thống cơ quan khác nhau dẫn đến sự phân bố của độc chất

- Chất có tính điện ly sẽ lưu trữ ở các cơ quan có các cấu thành tương ứng ví dụ như chì, fluor tập trung trong xương, bạc và vàng tập trung tại da, lắng đọng trong gan và thận ở dạng phức.
- Chất không điện ly loại dung môi hữu cơ tan trong mỡ sẽ tập trung trong các tổ chức giàu mỡ như thần kinh.
- Các chất không điện ly và không hòa tan trong chất béo nhìn chung thâm vào các tổ chức kém hơn và phụ thuộc vào kích thước phân tử và nồng độ độc chất.

Chuyển hóa độc chất

Khi độc chất tiếp xúc với các cơ quan, ba yếu tố khác với sự tích lũy có thể xảy ra như sau:

- Biến đổi sinh học- các cơ quan giàu enzyme việc trao đổi chất của các cơ quan có thể biến đổi chất độc thành dạng phân tử khác mà không nhất thiết ít độc hơn chất ban đầu.
- Bài tiết: chất độc có thể không được lưu trữ cũng như không được trao đổi (biến đổi) sẽ bị bài tiết khỏi cơ thể.
- Hình thành các phức hợp đặc trưng với cơ quan tiếp nhận: chất độc chỉ tấn công vào một hay một vài cơ quan (như là cơ quan chủ yếu)

Độc chất vào cơ thể tham gia vào mỗi phản ứng sinh hóa học hay là quá trình biến đổi sinh học. Quá trình này có thể xảy ra ở nhiều bộ phận và mô. Vị trí chính xảy ra sự trao đổi hóa học là gan, da và phổi. Hoạt tính enzym trao đổi chất có thể được tìm thấy trong nguyên sinh chất, ty lạp thể, màng nội chất của tế bào gan (paranchymal). Đặc tính chung của hầu hết quá trình chuyển hóa các sản phẩm của sự trao đổi chất là phân cực hơn so với các chất ban đầu. Quá trình này sẽ thuận lợi cho sự đào thải của độc chất vào nước tiểu và mật. Sự trao đổi chất có thể chia thành 2 loại tùy theo các phản ứng enzyme:

Các phản ứng của giai đoạn 1: các phản ứng của giai đoạn 1 chuyển hóa các hóa chất thành các dẫn xuất với các nhóm chức năng thích hợp cho phản ứng ở giai đoạn 2. Các hệ thống enzyme chính tham gia vào các phản ứng trong giai đoạn này là các oxydaza hoặc monooxygenaza phối hợp với cytochrome. Trong giai đoạn này có các phản ứng như sau:

- Oxy hóa: là dạng thông thường nhất của phản ứng chuyển hóa sinh học gồm oxy hóa rượu, aldehyt thành các axit tương ứng, oxy hóa các nhóm alkyl thành các alcol, nitrit thành nitrat
- *Khử oxy: ít gặp hơn quá trình oxy hóa, ví dụ aldehyt và xeton thành alcol, clorat thành triclorethanol, các nitro (-NO₂) của carbua thơm được khử thành amin (-NH₂).*
- *Thủy phân: đối với chất hữu cơ, quá trình thủy phân nhờ enzym, còn đối với các chất vô cơ chỉ là phản ứng thông thường. Thủy phân các hợp chất của carbon, sulfur, nitrogen và photphat để đưa đến hình thành các axit và rượu. Các ester thủy phân thành các amide nhờ nhiều loại enzyme tùy thuộc vào nhóm alkyl của chất.*

Các phản ứng của giai đoạn 2 (phản ứng liên hợp): các phản ứng trong giai đoạn này tham gia vào sự tổng hợp dẫn xuất của các chất, và các phản ứng này được xem như là phản ứng liên hợp đóng một vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất loại bỏ độc tính. Có nhiều loại liên hợp xảy ra nhìn chung có các liên hợp sau

- Liên hợp với lưu huỳnh (S): axit cyanhydric và các cyanua liên hợp với S để tạo thành thiocyanat không độc và thải vào nước tiểu.
- Liên hợp với nhóm methyl (-CH₃)
- Liên hợp với H₂SO₄: phần lớn carbua thơm và dẫn xuất nitro và amin của nhân thơm bị oxy hóa (hoặc khử), sau đó liên hợp với H₂SO₄ rồi thải vào nước tiểu dưới dạng muối kiềm.

- Liên hợp với glucuronic: rất nhiều chất được đào thải qua nước tiểu dưới dạng liên hợp với axit glucuronic như phenol và dẫn xuất của phenol, alcloid, các steroid. Các phản ứng này thường xảy ra ở gan.

- Liên hợp với glycin: các axit thơm thường liên hợp với glycin.

Bên cạnh đó còn có sự kết hợp giữa độc chất với protein. Sự liên kết này là các liên kết ion có tính thuận nghịch. Quá trình này diễn ra trong dịch bào và các mô, phụ thuộc vào cấu trúc của protein, pH của môi trường, nồng độ của các chất. Trong các liên kết với protein, liên kết với protein trong máy sẽ tích tụ lại trong cơ thể và sẽ gây bất lợi cho cơ thể, còn liên kết trong dịch bào có thể có khả năng được thải ra nếu có một chất khác có ái lực cao với điểm liên kết trên protein hơn độc chất.

Bài tiết độc chất

Nhìn chung sự phân bố và đào thải các độc chất sẽ phụ thuộc vào: hàm lượng mỡ, hàm lượng nước, sự kết hợp của các phân tử, quá trình di chuyển trong não, đào thải qua phổi, đào thải qua thận, đào thải qua mật, quá trình trao đổi chất, sản xuất sữa, mồ hôi, nước bọt, nước mắt. Quá trình đào thải có thể xảy ra nhiều cách khác nhau trong đó thận là cơ quan chính chịu trách nhiệm đào thải các độc chất ra khỏi cơ thể. Mật và phổi cũng có thể đào thải chất độc ra khỏi cơ thể. Về nguyên tắc quá trình đào thải giống với quá trình hấp thụ, vận chuyển các hóa chất qua màng sinh học dựa vào sự chênh lệch nồng độ hóa chất. Bài tiết của những chất không phân cực, không bay hơi là rất khó khăn và thường chỉ có thể xảy ra theo sự biến đổi trao đổi chất bởi các cơ quan để thành phân cực hơn và vì vậy tan trong nước nhiều hơn và sau đó có thể bài tiết qua đường tiểu.

Có hai cơ chế bài tiết các độc chất: một cơ chế do các anion hữu cơ (axit) và một cơ chế do các cation hữu cơ (bazo). Các độc chất liên kết với protein không bị đào thải do quá trình lọc của tiểu cầu thận hoặc sự khuếch tán thụ động. Các chất này được thải ra bằng quá trình bài tiết chủ động. Các hợp chất tan trong mỡ thải ra khỏi cơ thể rất chậm qua các dòng tuần hoàn thải của nước tiểu hay dịch vàng của gan. Vì vậy các hợp chất tan trong mỡ sẽ tích tụ trong cơ thể lâu hơn và chỉ bị bài tiết ra khỏi cơ thể khi đã bị chuyển hóa thành những chất tan được trong nước. Các chất hòa tan vào mỡ được thận lọc ra khỏi máu thường nhanh chóng hấp thụ lại vào máu nếu như nước tiểu không được thải ngay ra ngoài cơ thể.

Một độc chất có thể đào thải bởi các tế bào gan vào trong mật sau đó đi vào ruột. Nếu tính chất của chất độc thích hợp cho sự hấp thụ lại, một số hợp chất có thể được quay vòng qua quá trình hấp thụ lại từ hệ tiêu hóa vào hệ tuần hoàn (chu trình gan-ruột) cho đến khi được thải loại cuối cùng qua thận.

Mật cũng đóng vai trò chủ yếu trong việc đào thải các loại hợp chất có phân tử lượng lớn hơn 300 như các anion, các cation và các phân tử không bị ion hóa chứa các nhóm phân tử và các nhóm ưa mỡ. Các hợp chất có khối lượng phân tử thấp bị bài tiết chủ yếu trong

mật. Một số độc chất được chuyển hóa rồi liên hợp sulfo hoặc glucuromic rồi đào thải qua mật.

Bên cạnh các cơ quan nêu trên một số chất cũng được đào thải qua việc thở ra dưới dạng khí và hơi.

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến độc tính

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độc tính của chất đối với cơ thể, nhìn chung bao gồm các yếu tố sau:

Bản chất hóa chất và tính chất lý hóa của độc chất: xác định mức độ các hoạt tính sinh học. Quyết định cơ chế hấp thụ vào cơ thể. Các yếu tố quyết định tác hại của độc chất với cơ thể bao gồm: cấu trúc hóa học, tính chất lý học (độ sôi, độ bay hơi, độ hòa tan ..) tác dụng phối hợp với các chất.

Điều kiện tiếp xúc: điều kiện tiếp xúc của chất độc sẽ ảnh hưởng phản ứng của cơ thể đối với độc chất. Các điều kiện tiếp xúc bao gồm: liều lượng hay nồng độ hóa chất, dòng tiếp xúc và thời gian tiếp xúc. Liều lượng sẽ quyết định tính độc của chất, đường tiếp xúc cũng quyết định tính độc của hóa chất (một số chất qua đường hô hấp thì gây độc nhưng qua đường tiêu hóa thì không), thời gian tiếp xúc có thể quyết định đến khả năng phục hồi của cơ thể.

Loài, giới tính, độ tuổi và các yếu tố di truyền: độc tính của gây ra đối với cơ thể do phản ứng của chúng với cơ thể mang tính đặc thù riêng đối với từng loài (ví dụ nitobenzene gây bệnh methemoglobineme rất độc với người nhưng lại không độc với khỉ, chuột hay thỏ) do khác nhau về chuyển hóa sinh học và sinh lý khác nhau. Độ tuổi cũng quyết định khả năng phản ứng của cơ thể với hóa chất (ví dụ DDT không độc với chuột mới sinh nhưng độc với chuột lớn). Giới tính cũng quyết định tính nhạy cảm với độc chất (ví dụ chuột đực nhạy cảm hơn chuột cái 10 lần khi tiếp xúc lâu với DDT).

Tình trạng sức khỏe tại thời điểm tiếp xúc: tình trạng sức khỏe trong đó tình trạng bệnh tật có thể gây ảnh hưởng trực tiếp đến các phản ứng của hóa chất với cơ thể. Ví dụ khi gan bị bệnh thì phản ứng của gan đối với rượu có thể bị kéo dài do cơ chế chuyển hóa sinh học của rượu trong gan đã bị thay đổi. Khi có các bệnh về thận sẽ ảnh hưởng đến sự đào thải hoá chất dẫn đến sự tồn tại của hóa chất trong cơ thể lâu hơn.

Sự có mặt của hóa chất khác trong cơ thể sinh vật, trong môi trường và thời gian tiếp xúc: sự có mặt của hóa chất khác sẽ gây ra các tương tác giữa hoá chất đó với chất độc ảnh hưởng đến các chuyển hóa sinh học của cơ thể. Quá trình tương tác này có thể gây ra các tác động tương đương, tác động lớn hơn hay tác động nhỏ hơn. Các tác động này có thể gia tăng tính độc của chất, giảm tính độc, làm suy giảm các chức năng sinh lý, giảm các cơ quan có thể tiếp nhận độc chất....

Chấp nhận hay thích ứng: là quá trình giảm bớt tính phản hồi (đáp ứng) đối với một hóa chất khi cá thể tiếp tục phải tiếp xúc với hóa chất. Cơ sở của quá trình là kích thích enzyme tham gia vào quá trình chuyển hóa sinh học. Ví dụ: một số người thích ứng với nicotine, caffeine và rượu.

Các yếu tố môi trường: các yếu tố như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, thành phần môi trường, ánh sáng, các yếu tố xã hội... có thể gây ảnh hưởng đến đáp ứng của cơ thể đối với hóa chất. Các yếu tố này sẽ tác động lên quá trình tồn đọng sinh học, thay đổi sinh lý học kể cả những thay đổi về hoocmôn và những tương tác có thể có về hóa học vật lý.

4. Đánh giá độ an toàn

Là quá trình đánh giá độc tính tiềm năng của một tác nhân hoá học hay lý học trên cơ thể sinh vật (thông thường là động vật) sau đó đánh giá trên cơ thể người. Do số liệu khi áp dụng trên người là số liệu suy đoán từ số liệu nghiên cứu trên động vật vì vậy về độ chính xác nó chỉ mang tính tương đối do không đánh giá được đầy đủ các điều kiện tiếp xúc xảy ra. Một chương trình đánh giá an toàn là một nghiên cứu khoa học được thiết kế để xác định điều kiện tiếp xúc an toàn cho người, những nguyên tắc của một thí nghiệm khoa học cũng được áp dụng cho tất cả các nghiên cứu đánh giá an toàn. Trình tự thiết kế một nghiên cứu an toàn bao gồm

- Xác định rõ ràng ngắn gọn mục tiêu vấn đề sẽ giải quyết
- Thu thập thông tin, số liệu nền về tác nhân nghiên cứu. Số liệu nền có thể là các tính chất lý hóa của hoá chất, các phương pháp phân tích, biến đổi của hóa chất trong quá trình chế biến, xử lý....
- Dự kiến sự tiếp xúc của con người bao gồm các điều kiện, liều lượng, nồng độ và thời gian phải được dự kiến trước khi tiến hành trên động vật.

Yếu tố quan trọng nhất trong một thiết kế phù hợp của các nghiên cứu đánh giá an toàn là điều kiện thí nghiệm phải được thiết kế thật sát với điều kiện tiếp xúc của con người. Điều này sẽ làm cho các nghiên cứu phù hợp và trợ giúp cho việc suy đoán độc tính trên cơ thể người. Những vấn đề cần nhắc khác bao gồm: xác định những vấn đề mấu chốt, điều kiện tiếp xúc, các động vật phù hợp, phân tích thống kê, đánh giá rủi ro...

Có hai phương pháp chính được dùng để đánh giá an toàn

- Phương pháp ma trận: thực hiện một loạt các thí nghiệm sau đó đánh giá tất cả các số liệu và thiết lập điều kiện tiếp xúc an toàn.

- *Phương pháp dãy: tiến hành các thí nghiệm diễn ra kế tiếp nhau, điều đó có nghĩa là thực hiện các thí nghiệm sau dựa vào kết quả thí nghiệm trước đó. Với phương pháp này, việc quyết định có làm tiếp thí nghiệm nữa hay không sẽ được xác định. Trong chương trình đánh giá độ an toàn theo phương pháp dãy thí nghiệm bao gồm các thí nghiệm sau*

- Nghiên cứu độc tính tức thời

- Nhắc lại liều lượng hay các nghiên cứu độc tính ngắn hạn trên cơ thể động vật, các nghiên cứu so sánh về tổn động sinh học, hấp thụ, phân bố, chuyển hóa sinh học hay trao đổi chất, bài tiết hay đào thải và động học trong cơ thể động vật và con người.
- Sử dụng các liều đơn và các liều lặp lại nghiên cứu trên người và các nghiên cứu trên động vật
- Nhắc lại các nghiên cứu liều lượng trên cơ thể người, các nghiên cứu độc tính dài hạn hay mãn tính trên cơ thể động vật
- Nghiên cứu dài hạn trên cơ thể người, các nghiên cứu về độc tính ung thư trên cơ thể động vật thích hợp, nghiên cứu về sự sinh sản và sinh trưởng trên động vật, các nghiên cứu đặc biệt cần tiến hành như nghiên cứu miễn dịch học, độc tính tại các cơ quan bị tác động, các môi tương tác trên cơ thể động vật, các nghiên cứu về dinh dưỡng và các nghiên cứu khác trên cơ thể con người.

Nghiên cứu về độc tính tức thời: được thiết kế để đánh giá những độc tính có thể có sau khi cơ thể bị tiếp xúc với một tác nhân hoá học hay vật lý. Thí nghiệm này nhằm xác định mối quan hệ liều lượng-đáp ứng, cơ quan nào bị tác động và cơ chế tác động từ đó đưa ra liều lượng phù hợp cho nghiên cứu tiếp theo, phân biệt sự khác nhau về giới tính và loài. Qua đó có thể cung cấp được những thông tin quan trọng trong trường hợp cần phải xử lý độc tính tức thời cho con người. Một số quy định khi nghiên cứu về độc tính tức thời là: phải sử dụng đủ số lượng động vật thí nghiệm theo tuổi, giới tính, đường tiếp xúc phải mô phỏng theo cách con người tiếp xúc, các tác động liên quan đến hóa chất, các tác động không liên quan đến liều lượng phải được quan sát kỹ trên động vật nghiên cứu sau mỗi lần tiếp xúc, các chỉ tiêu đưa ra đánh giá những sự thay đổi về các hoạt động tiêu hóa, các phản ứng hô hấp, sự tiêu thụ thực phẩm, sự tăng trọng lượng, tình trạng bệnh tật, tỷ lệ tử vong, các động vật thường phải được quan sát 14 ngày sau khi tiếp xúc. Một số vấn đề cần cân nhắc khi thiết kế thí nghiệm:

- Giới hạn của thí nghiệm: liên quan đến việc cho liều lượng tiếp xúc là 5g hay 5ml hoá chất/kg trọng lượng cơ thể
- Các thí nghiệm giới hạn trên dưới: cho mỗi động vật tiếp xúc với một liều lượng trong một thời gian nhất định sau đó cho một động vật khác tiếp xúc với một liều lượng thấp hơn hoặc cao hơn.
- Thí nghiệm áp dụng liều lượng theo hình tháp: tăng liều lượng lên mỗi ngày hay tăng thời gian tiếp xúc cho đến khi phát hiện độc tính.

Thí nghiệm ngắn hạn nghiên cứu độc tính di truyền: xem xét khả năng tác động của hóa chất lên những thay đổi trong AND hay chromosome. Thí nghiệm này xem xét đến sự đột biến gen, sự thay đổi chromosomesự hủy hoại AND... thí nghiệm được thực hiện trong thời gian ngắn khoảng vài tuần.

Các thí nghiệm nhắc lại liều lượng: kéo dài từ 14-28 ngày, thí nghiệm này thực hiện nhằm thiết lập mối quan hệ liều lượng-đáp ứng, xác định cơ quan chịu tác động và cơ cấu tương đối của các hoạt động đồng thời cung cấp số liệu về liều lượng cho thí nghiệm tiếp theo. Qui chuẩn của thí nghiệm là phải sử dụng đủ một số lượng động vật thuộc hai giới

tính. Các chỉ số đánh giá: trọng lượng cơ thể, lượng thức ăn tiêu thụ, hiệu quả của thực phẩm (tỷ số trọng lượng cơ thể gia tăng so với trọng lượng thức ăn tiêu thụ), tình trạng bệnh tật và tử vong, các kết quả phân tích nước tiểu, trọng lượng các cơ quan nội tạng trong cơ thể và những thay đổi khác.

Các nghiên cứu so sánh tồn động sinh học: bao gồm các vấn đề về hấp thụ, phân bố, vận chuyển sinh học, đào thải và các nghiên cứu. Nghiên cứu nhằm xác định sự phân bố, sự có mặt của hóa chất trong cơ thể động vật, xác định loài nào phù hợp với nghiên cứu tiếp theo cũng như liều lượng cho nghiên cứu sâu hơn, thiết lập cơ sở cho chương trình đánh giá an toàn.

Các nghiên cứu bán mãn tính: cho động vật thí nghiệm tiếp xúc với hoá chất thay tác nhân vật lý dưới những điều kiện nhất định. Một thí nghiệm có thể kéo dài từ 3-12 tháng liên tục. Thí nghiệm nhằm xác định độ độc mãn tính, thiết lập mối quan hệ liều lượng-đáp ứng, cơ quan nội tạng bị tác động và cơ chế của phản ứng cung cấp các số liệu liều lượng cho nghiên cứu tiếp theo, cung cấp số liệu cho những tác hại tiềm tàng và để xác định liều lượng không xác định được tác hại (NOAEL), có thể suy diễn được các hiện tượng sẽ xảy ra trong cơ thể người. Khác với thí nghiệm lặp lại liều lượng, thí nghiệm này thực hiện trong thời gian dài hơn và số lượng chỉ tiêu đánh giá nhiều hơn.

Thí nghiệm đánh giá độc tính dài hạn: thí nghiệm được tiến hành nhằm có thể hình dung một cách khái quát độc tính dài hạn của tác chất trên cơ thể động vật nghiên cứu (trong thí nghiệm này thường dùng chó làm động vật thí nghiệm). Thí nghiệm nhằm tìm hiểu cơ quan nào chịu tác động, thiết lập mối quan hệ liều lượng-đáp ứng, cung cấp số liệu về các tác động tích lũy, để xác định nguy cơ gây ung thư và mức liều lượng không gây tác hại (NOAEL) để có thể suy diễn ra những số liệu phù hợp áp dụng cho người. Thí nghiệm này được thực hiện trong suốt vòng đời của động vật thí nghiệm (động vật gặm nhấm khoảng 2 năm, đối với chó hay khỉ thí nghiệm kéo dài trong suốt 7 năm hoặc hơn). Các chỉ số đánh giá bao gồm: trọng lượng cơ thể, lượng thức ăn tiêu thụ, tình trạng bệnh tật, tỷ lệ chết, dấu hiệu của việc giải độc, nước tiểu, trọng lượng các cơ quan nội tạng, những thay đổi khác trong mô tế bào.

Những nghiên cứu mãn tính: được thực hiện để đánh giá những tác động có thể của một tác nhân hóa học hay vật lý trong một quá trình tiếp xúc dài hạn từ đó có thể hình dung được những tác hại mãn tính của độc chất, thiết lập mối quan hệ liều lượng-đáp ứng, cơ quan nội tạng nào chịu tác động và cơ chế gây độc trên cơ thể, cung cấp số liệu về tác động tích lũy, đánh giá khả năng phục hồi của cơ thể sau khi bị tác động. Thí nghiệm tiến hành để đánh giá một cách chắc chắn về tính gây ung thư của tác nhân và để xác định nồng độ không quan sát được tác hại giúp cho việc suy diễn số liệu áp dụng đối với cơ thể người. Một số qui định đối với thí nghiệm là phải dùng một số lượng đủ động vật gặm nhấm về giới tính. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm: trọng lượng cơ thể, lượng thực phẩm tiêu thụ, hiệu suất của thức ăn, tình trạng bệnh tật và tỷ lệ chết, dấu hiệu giải độc, nước tiểu, trọng lượng các cơ quan nội tạng cũng như các thay đổi khác.

Các thử nghiệm về khả năng gây ung thư: được tiến hành nhằm đánh giá chắc chắn về khả năng gây ung thư một cách tiềm tàng của tác nhân trên động vật thí nghiệm. Thí nghiệm được dùng để khẳng định kết quả. Thí nghiệm được tiến hành trong thời gian từ 18-24 tháng liên tục với một liều lượng tương đối cao. Thí nghiệm thường được kết hợp với thí nghiệm nghiên cứu thử nghiệm mãn tính. Các chỉ tiêu đánh giá tương tự thí nghiệm nghiên cứu mãn tính.

5. Đánh giá nguy cơ của độc chất

5.1 Xác định mối nguy cơ và các hình thức tác dụng của độc chất

Xác định mối nguy hại bao gồm các công việc thu thập, đánh giá số liệu về các loại tổn thương sức khỏe hay các bệnh tật có thể gây ra do hóa chất trong điều kiện tiếp xúc với hoá chất đó. Công việc này bao gồm cả việc đặc trưng hóa chu trình chuyển biến của hóa chất trong cơ thể và mối tương tác của chúng với các cơ quan, các tế bào và các thành phần tạo nên tế bào.

Số liệu nghiên cứu của một nhóm người tiếp xúc với hoá chất là một thông tin quan trọng để xác định các mối nguy hại, tuy nhiên không phải bao giờ cũng được thực hiện sẵn cho phần lớn các hóa chất. Hơn nữa việc nghiên cứu trên con người thường rất khó làm, đắt tiền, khó đưa ra kết luận vì số liệu thường ít và còn nhiều yếu tố khác đồng thời tác động đến nghiên cứu như việc hút thuốc, môi trường sống khác nhau... Việc nghiên cứu trên động vật mặc dù được kiểm soát chặt chẽ, kết quả rõ ràng nhưng có hạn chế lớn đó là động vật thực sự không phải là đối tượng quan tâm.

Các độc chất thể hiện những ảnh hưởng của nó bằng các hình thức vật lý, sinh lý, sinh hóa học hoặc bằng sự kết hợp của các phương thức này. Các phương thức bao gồm: lý học, hóa học, biến đổi sinh lý, cơ chế enzyme, cơ chế miễn dịch.

5.2 Các nghiên cứu độc học trên cơ thể động vật

Các nghiên cứu này phụ thuộc vào liều lượng, thời gian tiếp xúc với hóa chất, các tác hại độc chất sẽ khác nhau, chúng có thể gây chế ngay lập tức, gây ung thư hoặc gây ra những thay đổi về sinh hóa, sinh lý... Nghiên cứu trên động vật từ đó suy ra kết quả áp dụng cho người có những thuận lợi như: quá trình tiếp xúc và tác hại được xác định rõ từ đó dễ thiết lập nguyên nhân. Tuy nhiên cũng có một số những bất lợi như: mối liên quan số liệu cho động vật đối với người, mối liên quan suy đoán giữa liều lượng cao và liều lượng thấp, đồng nhất giữa các động vật thí nghiệm và không đồng nhất của cộng đồng loài người.

Dựa trên tác động của hóa chất lên cơ thể người ta chia ra hai loại độc chất: độc chất nội hấp (tác động lên các cơ quan) và độc chất tại điểm (tác động tại điểm tiếp xúc). Một hoá chất có thể gây ra nhiều tác động nguy hại: độc tính tức thời, độc tính bán mãn tính và mãn tính. Thường trong độc học, các nhà khoa học chú ý tới các tác động nguy hại xuất hiện ở nồng độ thấp nhất hay sự tiếp xúc ít nhất. Đối với vấn đề này người ta đưa ra hai chỉ tiêu đánh giá

LOAEL (lowest observed adverse effect level): nồng độ thấp nhất quan sát được tác động có hại;

NOAEL (no observed adverse effect level): nồng độ không quan sát thấy tác động có hại. Trong đó NOAEL là nồng độ ngay sát dưới nồng độ LOAEL và được dùng để thiết lập giới hạn tiếp xúc an toàn, chấp nhận được của con người đối với một độc chất thâm nhập. Các nghiên cứu hường được tiến hành cho động vật và số liệu từ các thí nghiệm đó được dùng suy diễn cho con người bao gồm

- Các nghiên cứu độc chất không gây ung thư
 - Tức thời: ngắn hạn
 - Bán mãn tính: trung hạn
 - Mãn tính: dài hạn
 - Phát triển: tiếp xúc trong dạ con
 - Sinh sản
- Các nghiên cứu độc tính đặc biệt
 - Độc tố học miễn dịch
 - Cơ chế hoạt động
- Các nghiên cứu về ung thư
 - Các nghiên cứu về tiếp xúc trong suốt vòng đời
 - Các nghiên cứu khởi xướng/thúc đẩy
 - Các nghiên cứu đặc biệt về cơ quan của cơ thể

5.3 Bệnh học, triệu chứng lâm sàng và quá trình phát triển nhiễm độc nghề nghiệp

Bệnh học

Nghiên cứu bệnh học là một công tác so sánh tình trạng sức khỏe của một nhóm người phải thường xuyên tiếp xúc với hóa chất với sức khỏe của một nhóm người khác tương đương nhưng không phải tiếp xúc với hóa chất nghiên cứu từ đó thu được kết quả về độc tính của hóa chất. Trong nghiên cứu này cố gắng xác định bất kỳ một hiện tượng gia tăng về bệnh nào gây ra do việc tiếp xúc với loại hóa chất nằm trong nghi vấn của nhóm người bị tiếp xúc với hoá chất. Nghiên cứu này nếu được thiết kế, bố trí thực hiện tốt sẽ có giá trị hơn nhiều so với những thí nghiệm được thực hiện trên động vật. Tuy nhiên thí nghiệm về bệnh học không phải bao giờ cũng đảm bảo là không có nguy cơ rủi ro. Một kết quả nghiên cứu sai (hoặc chưa đầy đủ) về bệnh học có thể dẫn đến việc thiết lập mức tiếp xúc an toàn không chính xác. Trong công việc nghiên cứu bệnh học có một số khó khăn như sau

- Không thể có được hai nhóm đối tượng nghiên cứu giống hệt nhau: nghề nghiệp, chỗ ở, phong cách sống, tình hình kinh tế xã hội...
- Rất khó có thể kiểm soát được một số chỉ số rủi ro như việc sử dụng thuốc lá và một số loại dược phẩm
- Chỉ có một số dạng tác hại đến sức khỏe được biết đến cho con người

- Số liệu chính xác về mức độ tiếp xúc với hoá chất không phải bao giờ cũng có, nhất là khi con người tiếp xúc với hoá chất trong quá khứ.
- Một số bệnh, nhất là bệnh ung thư, phải mất nhiều năm mới phát hiện được (thời gian ủ bệnh thường rất dài)
- Nhân lực trung dụng để tiến hành các thí nghiệm về bệnh học thường có hạn. Chỉ khi nào có được một số lượng lớn người tự nguyện tham gia thí nghiệm hoặc tác hại của hóa chất gây ra một loại bệnh rất hiếm thì nghiên cứu về bệnh học mới có thể cho ra kết quả rõ ràng.
- Do những hạn chế về nghiên cứu về bệnh học nêu ở trên nên kết quả âm tính phải được suy diễn một cách rất thận trọng.

Một nghiên cứu về bệnh học muốn tăng độ tin cậy phải có thêm một hay nhiều yếu tố đi kèm như sau

- Thu được kết quả giống nhau sau nhiều thí nghiệm
- Tồn tại một mối liên kết chặt chẽ giữa tiếp xúc và mắc bệnh
- Số liệu về tiếp xúc có độ tin cậy và được hỗ trợ bởi những số liệu liên quan về sinh học và môi trường .
- Có mối liên qua rõ ràng giữa liều và phản ứng
- Nghiên cứu được tiến hành trên một số người tương đối lớn
- Các phép tính thống kê chỉ ra khác biệt rõ ràng
- Có tài liệu đầy đủ và tin cậy về hiện tượng của bệnh
- Kết quả tương tự được tìm thấy ở những thí nghiệm trên động vật

Số liệu trên con người

Số liệu về độc học trên con người có thể căn cứ trên: các trường hợp cụ thể ghi nhận được và các nghiên cứu về bệnh dịch học. Đây là nghiên cứu có một thuận lợi là tiến hành ngay trên đối tượng được quan tâm, tuy nhiên cũng có nhiều bất lợi như: số liệu tiếp xúc thường không chính xác, nhóm người trong các thí nghiệm thường không nhiều, có một số yếu tố không đồng nhất trong nhóm người nghiên cứu.

Triệu chứng lâm sàng và quá trình phát triển nhiễm độc nghề nghiệp

Quá trình nhiễm độc của cơ thể thường trải qua các thời kỳ:

- ❖ *Thời kỳ ủ bệnh: tính từ khi hấp thụ độc chất đến lúc xuất hiện triệu chứng bệnh đầu tiên.* Thời gian này tùy thuộc vào số lượng và nồng độ của độc chất.
- ❖ *Thời kỳ tiền bệnh lý: xuất hiện triệu chứng không rõ rệt và không điển hình, bệnh nhân chỉ cảm thấy khó chịu, mệt mỏi và nhức đầu.*
- ❖ *Thời kỳ phát bệnh: triệu chứng bệnh rõ ràng*

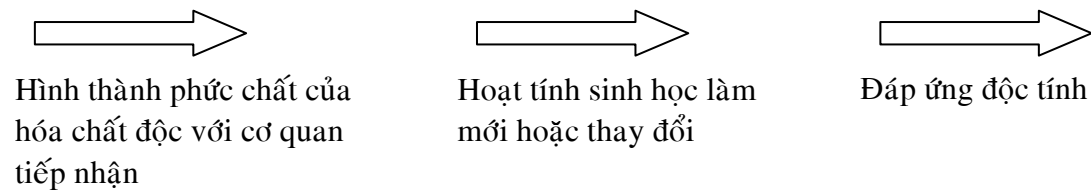
Nhiễm độc cấp tính: xảy ra trong một thời gian ngắn với nồng độ độc chất lớn.

Nhiễm độc mãn tính: xuất hiện do một lượng độc chất tác động trong một thời gian dài gây nên bệnh cho cơ thể. Triệu chứng khởi phát bệnh thường nhẹ không rõ rệt, không ảnh hưởng nhiều đến khả năng lao động, bệnh tiến triển ngấm ngấm.

Nhiễm độc bán cấp tính: có một số loại độc chất gây tác động cấp tính cho cơ quan này nhưng lại gây mãn tính cho cơ quan khác ví dụ benzene gây nhiễm độc cấp tính cho hệ thần kinh nhưng gây nhiễm độc mãn tính cho cơ quan tạo máu.

5.4 Đánh giá liều lượng-đáp ứng

Khi một độc chất vào cơ thể có thể tuân tự theo các bước sau

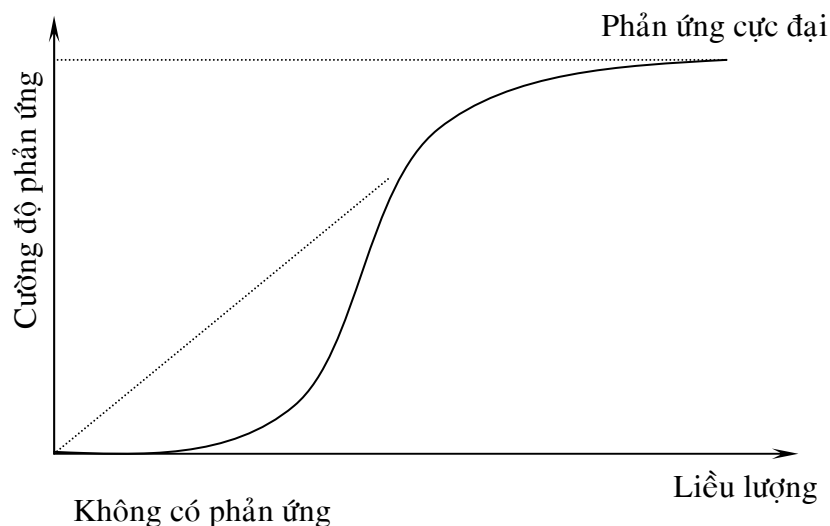


Đánh giá liều lượng-đáp ứng là đề cập đến mối quan hệ định lượng giữa lượng tiếp xúc của con người với mức độ tổn thương hay mắc bệnh. Liều lượng thường được xác định theo khối lượng hóa chất trên khối lượng cơ thể hay trên diện tích bề mặt cơ thể.

Thường người ta biểu diễn mối quan hệ liều lượng đáp ứng bằng đồ thị. Có hai dạng đường cong liều lượng đáp ứng đó là đường cong dạng grade và đường cong dạng quantal. Hình biểu diễn dạng đặc trưng của đồ thị liều lượng đáp ứng

Đường cong dạng grade: tác động được xác định trong từng cơ thể của từng cá nhân và cường độ được xếp hạng như là hàm số log của liều lượng hóa chất.

Đường cong dạng quantal: biểu diễn log liều lượng hoá chất với tần số phản ứng.



Hình 5.8 Dạng đặc trưng của đồ thị liều lượng-đáp ứng

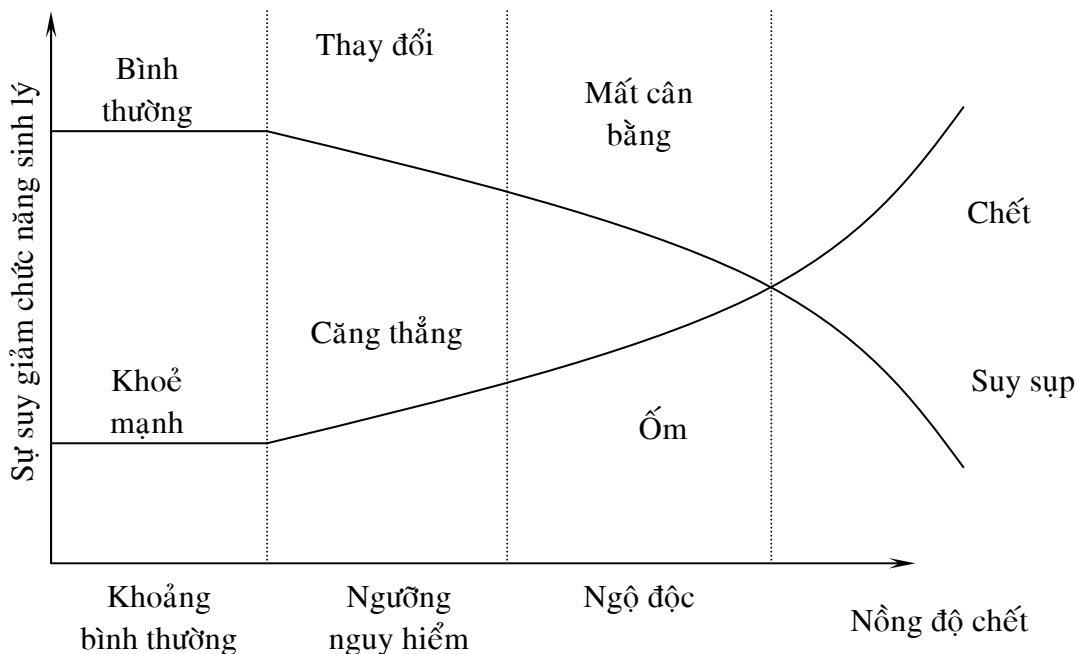
Từ các đô thị này sẽ xác định được LD50 (median lethal dose) là lượng độc chất gây tử vong 50% động vật thí nghiệm. LD50 có thể được dùng như là cơ sở của việc đánh giá độc chất. Ví dụ Ottoboni đã đề xuất việc đánh giá như sau đối với đường tiếp xúc qua đường miệng

LD ₅₀ (mg/kg)	Đối với trẻ em nặng 10 kg	Đối với người lớn nặng 70 kg
Từ 0-5	1 giọt	1/16 thìa cafe
5-50	1 giọt đến 1/8 thìa cafe	1/16-3/4 thìa cafe
50-500	1/8 - 1 thìa cafe	3/4 – 3 thìa cafe
500-5000	1 thìa đến 4 thìa cafe	3 đến 30 thìa cafe
> 5000	Trên 4 thìa	Trên 30 thìa

Giá trị LD50 không phải là một hằng số sinh học, nó có thể thay đổi bởi nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độc tính ví dụ: các tính chất hóa lý của hóa chất, cách thức tiếp xúc, thời gian tiếp xúc, các yếu tố liên quan đến vật chủ (giới tính, tình trạng sức khỏe...)

Bên cạnh đó cũng xác định được LC50 (median lethal concentration) nồng độ gây chết 50% động vật thí nghiệm.

Nhìn chung có một mối quan hệ giữa nồng độ và sự suy giảm sinh lý trong cơ thể con người. Hình biểu diễn sơ đồ về sự tác động của sự gia tăng nồng độ và sự suy giảm chức năng sinh lý



Cần chú ý do sự khác nhau về nồng độ tiếp xúc, độ nhạy cảm, sự đồng nhất về gen, vì vậy khi sử dụng số liệu nghiên cứu trên động vật cho người cần có một số hiệu chỉnh cho phù hợp.

Trong đánh giá liều lượng đáp ứng bên cạnh các khái niệm về NOAEL, LOAEL, LC50, LD50, người ta còn quan tâm đến liều lượng nền RfD (reference dose) và liều lượng tiếp nhận hàng ngày có thể chấp nhận được-TDI (tolerable daily intake). RfD là liều lượng ước tính tiếp xúc của con người trong một ngày mà không xảy ra một nguy cơ nào đối với sức khỏe trong suốt cả đời.

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF.MF}$$

UF = chỉ số không chắc chắn (uncertainty factor) thường là bội số của 10 với mỗi chỉ số tương đương với một khía cạnh riêng biệt không chắc chắn của số liệu

MF = chỉ số biến đổi (modifying factor) chỉ số có giá trị biến thiên từ 1-10.

TDI là giá trị định lượng về khối lượng của một chất có trong thực phẩm và nước uống tác động trên một đơn vị thể trọng mà con người có thể tiêu thụ hàng ngày trong suốt đời mà không có nguy cơ xấu tới sức khỏe.

$$TDI = \frac{NOAEL}{UF} \text{ hay } = \frac{LOAEL}{UF}$$

Ngoài ra người ta còn sử dụng chỉ số LT50 (lethal time) là thời gian tiếp xúc cần thiết để gây chết 50% sinh vật thí nghiệm.

5.5 Một số phương pháp đánh giá tác động gây hại đến cơ thể sống

Để đánh giá tác động có thể có của những hóa chất nguy hại cần tiến hành ở nhiều mức độ phức tạp khác nhau tùy thuộc vào từng mức độ nghiên cứu cho từng đối tượng (loài riêng biệt, quần thể, quần xã hay một hệ sinh thái) hoặc phụ thuộc vào điểm cuối cùng (tỷ lệ chết trong thời gian ngắn hoặc thời gian dài, các hiệu ứng mãn tính, suy giảm về khả năng sinh sản...). Một quy trình chuẩn của thí nghiệm hiện nay vẫn chưa được đưa ra do còn nhiều tranh cãi về sự mô phỏng và sự suy diễn kết quả thí nghiệm. Có thể tham khảo một chỉ dẫn của EEC 79/831 về các thử nghiệm trong độc học và độc học sinh thái ở ba mức độ khác nhau như sau

	Mức độ cơ bản chung	Cấp 1	Cấp 2
Thử nghiệm độc chất học	<p>Độc tính tức thời</p> <ul style="list-style-type: none"> - Miệng - Qua hệ hô hấp - Qua da - Qua mắt <p>Độc tính bán tức thời</p> <ul style="list-style-type: none"> - NOAEL sau 28 ngày <p>Các tác động khác</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biến dị di truyền 	<ul style="list-style-type: none"> - Nghiên cứu về khả năng sinh sản - Nghiên cứu về khả năng gây quái thai - Các nghiên cứu bán mãn tính và mãn tính - Nghiên cứu sâu hơn về biến dị di truyền 	<ul style="list-style-type: none"> - Nghiên cứu về độc mãn tính - Nghiên cứu về ung thư - Nghiên cứu về khả năng sinh sản - Nghiên cứu về khả năng gây quái thai - Nghiên cứu về độc tính tức thời và bán tức thời trên một loài khác

	Mức độ cơ bản chung	Cấp 1	Cấp 2
Thử nghiệm độc chất học sinh thái	Tác động đến sinh vật - Độc tính tức thời đối với cá Sự suy thoái của - Các thành phần hữu cơ - Các thành phần vô cơ	- Thử nghiệm về khả năng kìm hãm sự phát triển đối với rêu tảo - Thử nghiệm trên các loài thực vật cao cấp hơn - Thử nghiệm trên giun đất - Thử nghiệm dài hơn trên cá - Thử nghiệm về khả năng tích lũy trong một số loài	- Thử nghiệm mở rộng về khả năng tích lũy sinh học, sự suy thoái và sự di chuyển - Nghiên cứu sâu hơn trên cá (kể cả sự nghiên cứu về sự sinh sản) - Nghiên cứu thêm về độc chất học trên một số loài chim - Nghiên cứu thêm về độc chất học trên một số loài khác - Nghiên cứu về sự hấp phụ và giải hấp phụ

Đối với thử nghiệm trong độc học có năm loại thử nghiệm được quy định tùy theo từng nhu cầu khác nhau. Các thử nghiệm được quy định để

- Sơ bộ kiểm tra độc tính của hoá chất
- Quan trắc độc tính của sự phát tán ô nhiễm hay tại nơi chôn chất thải
- Quan trắc chất lượng môi trường với các mục đích về luật pháp
- Đánh giá độ nhạy cảm của môi trường tự nhiên đối với hóa chất hóa học
- Nghiên cứu để thiết lập tiêu chuẩn môi trường

Câu hỏi

1. Vẽ sơ đồ tổng quát về sự dịch chuyển tích lũy và phản ứng của chất thải trong tự nhiên?
2. Nêu cơ chế lan truyền của chất ô nhiễm trong đất và các dạng phát tán của chất ô nhiễm?
3. Nêu các con đường tiếp xúc với độc chất? Vẽ sơ đồ hấp thụ, tích lũy, phân chuyển, chuyển đổi và bài tiết chất độc của cơ thể người?
4. Liệt kê các yếu tố ảnh hưởng đến độc tính?
5. Hãy nêu năm loại thử nghiệm được quy định trong độc học?