

# SUY THOÁI ĐẤT VÀ PHỤC HỒI ĐẤT BỊ SUY THOÁI

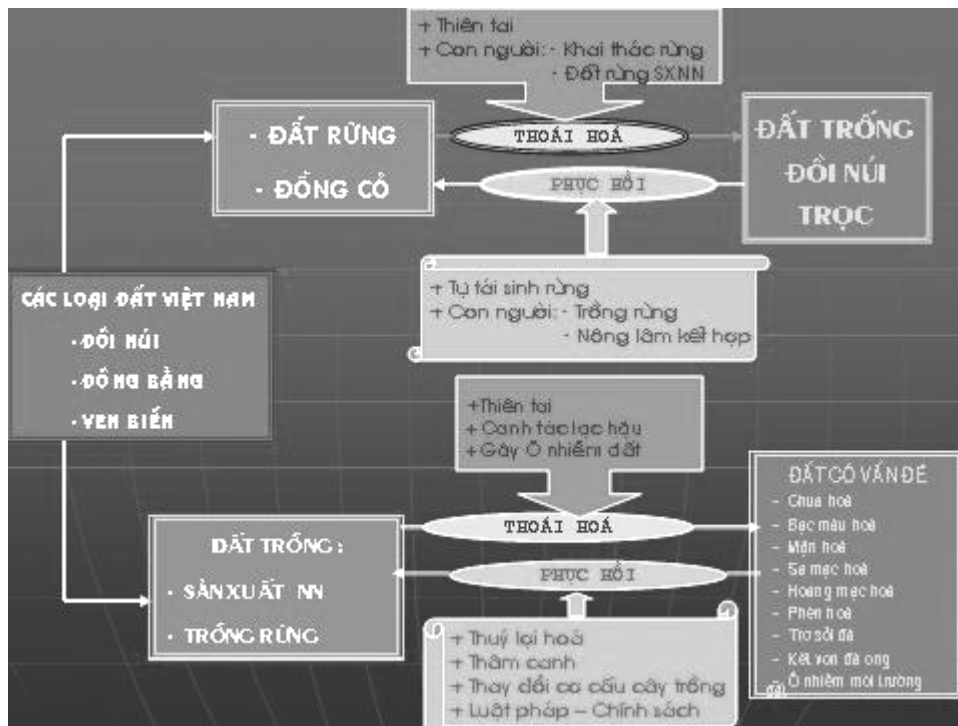
PGS.TS. Đào Châu Thu

Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông nghiệp Bền vững  
Đại học Nông nghiệp Hà Nội

## I. GIỚI THIỆU CHUNG

### 1. Những vấn đề cần quan tâm về nội dung chuyên đề

Chuyên đề “Suy thoái đất và phục hồi đất bị suy thoái” bao gồm nội dung đặc biệt về quản lý và sử dụng đất sản xuất nông lâm nghiệp của ngành khoa học đất và môi trường. Cấu trúc chuyên đề này cũng khá đặc biệt: Suy thoái đất là một hậu quả bức xúc của môi trường sản xuất nông nghiệp, đòi hỏi các nhà khoa học đất và khoa học môi trường nông nghiệp phải tìm kiếm, đề xuất được các biện pháp ngăn chặn và khắc phục, đó chính là sự phục hồi đất bị suy thoái. Có thể sử dụng sơ đồ dưới đây thể hiện nội dung chính của chuyên đề này:



### 2. Mối liên quan của vấn đề suy thoái đất và phục hồi đất bị suy thoái với các lĩnh vực khoa học khác

Để hiểu biết rõ về chuyên đề này, học viên phải được trang bị những kiến thức khác nhau của hàng loạt các lĩnh vực khoa học khác liên quan đến sản xuất nông lâm nghiệp, đồng thời phải quán triệt được ý nghĩa của mối quan hệ giữa chúng với nhau.



### 3. Khái niệm về suy thoái đất và phục hồi đất bị suy thoái

#### (1) Suy thoái đất là gì?

*Một loại đất bị suy thoái nghĩa là bị suy giảm hoặc mất đi:*

- + Độ phì đất: Các chất dinh dưỡng; Cấu trúc đất; Màu sắc ban đầu của đất; Tầng dày đất, thay đổi pH đất...
- + Khả năng sản xuất: các loại cây trồng, các loại vật nuôi, các loại cây lâm nghiệp.
- + Cảnh quan sinh thái : Rừng tự nhiên, rừng trồng, hệ thống cây trồng.
- + Hệ sinh vật: cây – con.
- + Môi trường sống của con người: Cây xanh, nguồn nước, không khí trong lành, nhiệt độ ôn hòa, ổn định...

*Sự suy thoái đất là hậu quả của các tác động khác nhau từ bên ngoài và bên trong của quá trình sử dụng đất:*

- + Thiên tai: khô - hạn - bão - lũ lụt - nóng - rét.
- + Hoạt động sản xuất không hợp lý của con người:
  - Từ các hoạt động sản xuất và kinh tế khác nhau ;
  - Từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp trực tiếp đến đất.

#### (2) Phục hồi đất bị suy thoái là gì?

Sự phục hồi đất là cách thức tự trả lại cho đất những tính chất và khả năng sản xuất mà nó từng có trước khi lâm vào tình trạng thoái hóa. Hay nói cách khác, đó là những biện pháp khoa học kỹ thuật tác động vào các loại đất đã - đang bị suy thoái (do quá trình

sử dụng đất không hợp lý hoặc do tác động của môi trường xung quanh gây nên) nhằm tạo cho đất trở lại với những tính chất và khả năng ban đầu của nó.

Có thể nói gọn theo cách khác, đó là công tác cải tạo đất có vấn đề do bị suy thoái.

Tùy từng trạng thái suy thoái của đất mà người ta áp dụng những biện pháp kỹ thuật khác nhau để phục hồi đất khác nhau.

*Một số biện pháp phục hồi đất:*

- Biện pháp công trình: kiến thiết đồng ruộng.
- Biện pháp thủy lợi: công trình thủy lợi, hệ thống tưới và tiêu.
- Biện pháp thâm canh: làm đất, tưới nước, giống, bón phân, chăm sóc và bảo vệ cây trồng...
- Biện pháp hữu cơ và sinh học: đa dạng hóa cây trồng – chuyển đổi cơ cấu cây trồng, sử dụng cây phân xanh, cây vật liệu nông nghiệp phủ đất.
- Biện pháp kinh tế-xã hội: đầu tư các chương trình/dự án và khắc phục sự thoái hóa đất và phục hồi đất bị suy thoái.
- Xây dựng thể chế, pháp chế bảo vệ môi trường đất.

#### **4. Mối quan hệ giữa môi trường đến sự thoái hóa và phục hồi đất sản xuất nông lâm nghiệp**

Có thể nói đây là mối quan hệ tương hỗ/qua lại chặt chẽ và logic. Mọi sự thay đổi của các điều kiện môi trường đều tác động đến hoặc quá trình thoái hóa đất hoặc phục hồi đất. Để xây dựng được cơ sở khoa học và thực tiễn cho các biện pháp ngăn chặn sự thoái hóa đất cũng như xúc tiến phục hồi đất đã bị thoái hóa, cần phải xác định và đánh giá đúng mối quan hệ này.

##### ***(1) Môi trường tự nhiên***

Các yếu tố tự nhiên có mối quan hệ chặt chẽ với quá trình thoái hóa và phục hồi đất cần được xem xét, đánh giá là:

- Điều kiện khí hậu: mưa, nắng, nhiệt độ.
- Chế độ nước: ảnh hưởng của nước đọng hoặc dòng chảy trên mặt đất đến tình trạng ngập úng, rửa trôi hoặc khô hạn của đất, ô nhiễm đất. Nước làm tăng độ ẩm của đất, nguồn cung cấp nước chính cho cây trồng, tăng sự chuyển hóa dinh dưỡng trong đất cho cây trồng, tăng sinh khối đất và từ đó phục hồi độ màu mỡ của đất.
- Thảm thực vật: các loại cây phủ đất, tàn dư của sản xuất nông nghiệp để lại đất hoặc bị lấy đi hoàn toàn cũng có tác dụng hoặc làm đất bị thoái hóa (nghèo chất hữu cơ, chua hóa, phèn hóa) hoặc phục hồi đất do tăng chất hữu cơ trong đất.

##### ***(2) Môi trường đất***

- Các loại đất có nguồn gốc phát sinh khác nhau sẽ bị thoái hóa và có khả năng phục hồi khác nhau.

- Địa hình, địa mạo/dáng đất khác nhau sẽ ảnh hưởng đến xu thế thoái hóa hay phục hồi đất.
- Độ dốc của các loại đất khác nhau tác động đến cường độ và thời gian thoái hóa của đất cũng như khả năng phục hồi đất.

### **(3) Môi trường kinh tế-xã hội**

- Dân số, nguồn nhân lực trên đơn vị diện tích đất.
- Điều kiện kinh tế: khả năng đầu tư sản xuất, thực trạng đói nghèo ảnh hưởng đến sản xuất.
- Trình độ/tập quán sản xuất của cộng đồng ảnh hưởng đến mức độ thoái hóa đất hay có thể bảo vệ và phục hồi được đất.
- Thể chế, pháp luật chính sách của Nhà nước đối với sử dụng và bảo vệ đất sản xuất cũng như phát triển kinh tế-xã hội.
- Những chương trình nghiên cứu khoa học về thoái hóa và phục hồi đất sản xuất nông lâm nghiệp.
- Hiệu quả áp dụng các tiến bộ kỹ thuật trong công tác ngăn chặn thoái hóa đất và phục hồi đất vào thực tiễn sản xuất.

## **II. QUÁ TRÌNH SUY THOÁI ĐẤT VÀ NGUYÊN NHÂN**

### **1. Giới thiệu khái quát các loại đất Việt Nam**

Theo bảng phân loại đất Việt Nam đã được chuyển đổi sang bảng phân loại theo FAO-UNESCO, thì đất Việt Nam bao gồm 15 nhóm đất với 54 loại đất. Vì những nguyên nhân khác nhau mà cho đến nay, các loại đất sau đây đã và đang bị thoái hóa, gây khó khăn và cản trở lớn cho sản xuất nông lâm nghiệp cũng như cho môi trường sống của người dân ở nước ta, đó là các loại đất:

- Đất bạc màu trên phù sa cũ;
- Đất phù sa bị chua hóa;
- Đất phù sa bị mặn hóa;
- Đất đồi kết von đá ong hóa;
- Đất trống đồi núi trọc;
- Đất xói mòn trơ sỏi đá.

### **2. Thế nào là đất bị suy thoái?**

Nhìn vào bảng phân loại đất Việt Nam hoặc nhìn ra các loại đất trên thế giới, chúng ta sẽ nhận thấy rằng không phải tất cả các loại đất xấu không sản xuất nông lâm nghiệp được đều gọi là đất bị suy thoái. Có những loại đất ngay từ khi hình thành đến nay không có hoặc có rất ít khả năng sản xuất nông nghiệp. Như vậy, chúng không được

xếp vào những loại đất bị suy thoái Ví dụ như đất cát ven biển, đất phèn, đất lầy thụt, đất mặn ven biển, đất phát triển trên đá cát kết.

***Đất bị suy thoái là những loại đất do những nguyên nhân tác động nhất định theo thời gian đã và đang mất đi những đặc tính và tính chất vốn có ban đầu trở thành các loại đất mang đặc tính và tính chất không có lợi cho sinh trưởng và phát triển của các loại cây trồng nông lâm nghiệp.***

Ví dụ như:

### **(1) Tại vùng đồng bằng**

Đất phù sa hệ thống sông Hồng vốn có màu nâu của phù sa sông màu mỡ, tính chất lý hóa học của đất đặc trưng cho loại đất phù sa tốt cho nhiều loại cây trồng như thành phần cơ giới thịt trung bình đến thịt nhẹ, cấu trúc vi hạt kết tới xốp, pH đất trung tính, hàm lượng dinh dưỡng NPK và chất hữu cơ từ khá đến giàu. Tuy nhiên, sau hàng ngàn năm canh tác lúa nước lạc hậu của nông dân vùng đồng bằng sông Hồng “cây chay, bừa chùi” cùng với hệ thống đê điều bao quanh các dòng sông có từ thế kỷ thứ 14 nhằm chống lụt, nhưng cũng đã ngăn cản sự bồi đắp phù sa sông cho đồng bằng, đến nay một diện tích lớn đất phù sa sông Hồng đã bị suy thoái trở thành đất bạc màu với hình thái phẫu diện đất và tính chất lý hóa học khác hẳn đất ban đầu.

### **(2) Trên vùng đồi núi**

Đất vùng đồi núi của nước ta gồm nhiều loại đất do hình thành trên các loại đá mẹ khác nhau. Trong số đó, loại đất tốt nhất là đất đỏ nâu phát triển trên đá Bazan, tập trung nhiều ở vùng cao nguyên Tây Nguyên và đất đỏ vàng trên phiến sét/gonai/đá vôi của các tỉnh đồi núi phía Bắc. Đất có tầng dày > 80 cm, kết cấu viên tới xốp, thành phần cơ giới từ thịt trung bình đến thịt nặng, khả năng giữ ẩm tốt, hàm lượng mùn khá đến giàu, dung tích hấp phụ CEC khá cao, hàm lượng dinh dưỡng khá đến giàu, đặc biệt, hàm lượng lân hoặc kali khá cao tùy theo đất hình thành trên các loại đá mẹ khác nhau. Tuy nhiên, sau khi đất bị mất rừng và bị con người trồng trọt theo phương thức bản địa lạc hậu thì đất bị thoái hóa, giảm độ màu mỡ nhanh chóng, bị xói mòn rửa trôi vào mùa mưa và bị khô hạn kết von đá ong hóa vào mùa khô. Nhiều nơi đất đã trở thành loại đất xói mòn tro sỏi đá hoặc đất kết von đá ong hóa, không còn khả năng sản xuất và người ta gọi là đất trống đồi núi trọc. Diện tích đất suy thoái này ở nước ta có những thời kỳ đạt tới con số báo động (1990), chiếm tới 13 triệu ha trên toàn quốc.

## **3. Sử dụng đất dẫn đến sự suy thoái đất**

Trong chương trình nghiên cứu sự suy thoái đất của các quốc gia trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng, những đề tài nghiên cứu về sử dụng đất của con người dẫn đến sự thoái hóa đất là trọng tâm.

- Đốt phá rừng làm nương rẫy.
- Canh tác trên đất dốc lạc hậu: cạo sạch đồi, chọc lỗ bỏ hạt, không bón phân, không chống xói mòn, không luân canh...

- Chế độ canh tác độc canh, bỏ hoang hóa, không bón phân, bón phân không hợp lý, phun thuốc trừ sâu, trừ cỏ.
- Không quản lý tốt chế độ nước trong canh tác: ngập úng, nước chảy tràn bờ, khô hạn, bốc mặn, nhiễm mặn, ô nhiễm chất độc từ nước thải, rác thải.

#### **4. Hậu quả của sự suy thoái đất**

Sự suy thoái đất là một trong những yếu tố sinh thái có hại nghiêm trọng đối với sự sống trên hành tinh của chúng ta. Ngay từ những thời kỳ lịch sử xa xưa, con người đã chứng minh rằng đất đai là tư liệu sản xuất đặc biệt nhất của xã hội loài người, là tài sản quý giá nhất của con người. Chỉ có từ đất chúng ta mới có được các loại lương thực, thực phẩm và nguyên liệu hữu cơ để tồn tại và phát triển như ngày nay. Chính vì vậy, thực chất của nhiều cuộc chiến tranh diễn ra triền miên trên hành tinh này là những cuộc chiến xâm chiếm giữ và bảo vệ đất đai.

Trong quá trình khai thác và sử dụng đất trong sản xuất nông nghiệp, người ta lại nhận thấy rằng đất tuy là tư liệu sản xuất vô giá, đặc biệt nhưng bắt đất tạo ra lương thực, thực phẩm và nguyên liệu liên tục mà không bảo vệ nó trước những tác động thiên nhiên bất lợi, không bồi dưỡng, chăm sóc sức khỏe cho nó thì tất yếu đất sẽ bị kiệt quệ khả năng sản xuất, bị thiên nhiên phá hủy và cũng sẽ chết như một sinh vật trên trái đất. Sự kiệt quệ ốm đau bệnh tật và chết chóc của đất chính là sự suy thoái đất. Hậu quả của sự suy thoái đất này thật khôn lường và tác hại nghiêm trọng đến sản xuất nông lâm nghiệp và môi trường tự nhiên, môi trường sống của con người. Sự suy thoái đất sẽ dẫn đến:

- Giảm diện tích đất sản xuất nông nghiệp, dẫn đến sự nghèo đói.
- Giảm sản lượng và năng suất cây trồng, vật nuôi.
- Giảm diện tích rừng tự nhiên cùng các loài động vật hoang dã.
- Tăng diện tích đất hoang mạc, sa mạc, đất trống đồi núi trọc.
- Mất cảnh quan sinh thái đặc trưng cho từng vùng.
- Ảnh hưởng đến môi sinh: đất không còn khả năng sản xuất, bị khô hạn hoặc ngập úng liên tục, bị ô nhiễm, sẽ tất dẫn đến hiện tượng du canh du cư, mất đi các loài vật và giống cây quý hiếm vốn sinh trưởng và phát triển trên đất ban đầu, con người, gia súc và cây cối bị nhiễm độc sinh bệnh tật hiểm nghèo.
- Nền kinh tế quốc gia và cộng đồng bị suy giảm hoặc là nguy cơ bị đe dọa.

#### **5. Nguyên nhân của sự suy thoái đất**

Có nhiều nguyên nhân khác nhau dẫn đến sự thoái hóa đất. Có thể phân ra các loại nguyên nhân gây thoái hóa đất khác nhau để làm cơ sở cho các giải pháp ngăn chặn hoặc khắc phục hiện tượng thoái hóa đất thích hợp và có hiệu quả.

##### ***(1) Nguyên nhân của thoái hóa đất do tự nhiên gây nên***

*Vận động địa chất của trái đất: sóng thần, sông suối thay đổi dòng chảy, núi lở...:*

+ Hiện tượng sóng thần vừa qua (năm 2004) ở một số nước vùng Đông Nam Á không những chỉ gây thiệt hại cho người và của cải vật chất đời sống, mà đặc biệt còn làm ô nhiễm một diện tích đất trồng trọt của nông dân trong vùng. Các nhà khoa học đất của Thái Lan đã kịp thời nghiên cứu vùng đất bị sóng thần tác động và cho thấy đất bị sóng bóc hẵn đi lớp đất mặt hoặc nước biển tràn vào gây nhiễm mặn nặng, không còn khả năng sản xuất nông nghiệp.

+ Sông suối thay đổi dòng do những chấn động địa chất cũng làm nhiều diện tích đất trên hành tinh bị thoái hóa, thậm chí bị chết (biến thành sa mạc) do không còn sự sống vốn có của đất. Lịch sử minh chứng hiện tượng này rõ nhất là sự sa mạc hóa vùng đồng bằng Lưỡng Hà ở Ai Cập cách đây hàng ngàn năm. Do sông Nil thay đổi dòng chảy nên vùng đồng bằng Lưỡng Hà màu mỡ phì nhiêu thiếu nước, dần trở nên khô hạn và sa mạc hóa, không còn cả sự sống của sinh vật lẫn con người. Chính vì vậy, ngày nay các kim tự tháp của Ai Cập nằm giữa chốn sa mạc hoang vu, chỉ còn là nơi du lịch thăm kim tự tháp của mọi người.

*Do thay đổi khí hậu, thời tiết: mưa, nắng, nhiệt độ, gió, bão...:*

+ Mưa liên tục, cường độ lớn: gây lũ quét, rửa trôi xói mòn trên vùng đồi núi và ngập úng ở vùng thấp trũng. Nước ta nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, mưa lớn nên hiện tượng thoái hóa đất do nguyên nhân này rất phổ biến. Trên vùng đất dốc xói mòn rửa trôi mạnh sẽ tạo nên đất xói mòn trơ sỏi đá hoặc mất lớp đất mặt với tầng mùn/hữu cơ. Ngược lại, tại những vùng thấp trũng ngập nước liên tục sẽ tạo nên các loại đất lầy thụt, úng trũng, chỉ thích hợp với các loại thực vật thủy sinh. Cả hai loại đất suy thoái này đều có hại cho sản xuất, thậm chí không còn khả năng sản xuất nông nghiệp.

+ Khô hạn, nóng kéo dài: cây trồng không sinh trưởng, phát triển được, dẫn đến đất bị hoang mạc hóa, đất trống, đồi núi trọc. Một số vùng cộng với khí hậu khô nóng lục địa, đất bị sa mạc hóa. Hiện tượng đất bị hoang mạc hóa và đất trống đồi núi trọc là phổ biến ở nước ta.

+ Một số vùng đồi với khí hậu hai mùa mưa và khô cộng với đất bị mất thảm thực vật sẽ dẫn đến bị kết von đá ong hóa. Diện tích đất bị kết von hóa ở nước ta khá phổ biến, tầng đất mặt mỏng, lẫn nhiều kết von, độ phì rất thấp, cây trồng sinh trưởng phát triển kém.

+ Tại một số vùng đất phù sa ven biển thường thoái hóa do bị mặn hóa và phèn hóa. Nếu đất phù sa ven biển không được sử dụng trồng trọt liên tục và có nước tưới thì vào mùa khô đất hoang, trống sẽ có hiện tượng bốc mặn, nghĩa là nước mặn theo mao quản trong đất sẽ leo lên tầng mặt đất và khi bị bốc hơi nước sẽ để lại một lượng muối, gây mặn cho đất. Tại một số vùng biển cũ, đất phù sa được hình thành trên các bãi sù vẹt cũ có chứa khá nhiều lưu huỳnh - tầng bã chèn tạo nên loại đất phèn vừa chua vừa mặn vừa chứa nhiều chất độc là nhôm di động ( $Al^{3+}$ ).

## **(2) Nguyên nhân của sự thoái hóa đất do con người gây nên**

Từ khi con người biết sử dụng đất để sản xuất nông nghiệp và sinh sống, trải qua lịch sử phát triển sản xuất nông nghiệp, họ đã vô tình hoặc cố ý làm tổn hại đến sức sản xuất của các loại đất. Hay nói cách khác, sự thoái hóa của đất trồng do con người gây nên rất phổ biến và bởi nhiều phương thức khác nhau. Có thể liệt kê những nguyên nhân chính sau đây:

+ *Chặt đốt rừng làm nương rẫy, trồng cây lương thực ngắn ngày trên đất dốc theo phương pháp bản địa:* cạo trọc đất, chọc lỗ bở hạt, không có biện pháp chống rửa trôi xói mòn đất vào mùa mưa và giữ ẩm đất vào mùa khô, không bón phân, đặc biệt trả lại chất hữu cơ cho đất. Chỉ sau vài ba năm trồng tía, đất bị thoái hóa không còn khả năng sản xuất do đất không còn chất dinh dưỡng, tầng đất mỏng, trơ sỏi đá, thiếu nước. Vì vậy, xuất hiện tập quán du canh, du cư của nhiều dân tộc ít người.

+ *Trong quá trình trồng trọt, không có biện pháp bồi dưỡng, bảo vệ đất như bón phân hữu cơ, trồng xen hoặc luân canh các loại cây phân xanh, cây họ đậu, trồng độc canh.* Vì vậy, cho dù đất phù sa phì nhiêu màu mỡ, sau một thời gian canh tác độc canh sẽ dẫn đến đất bị thoái hóa theo con đường bạc màu hóa hoặc bạc điền hóa (đất chua, mất phần tử cơ giới limon và sét trên tầng mặt, mất chất hữu cơ, mất kết cấu đất, kiệt quệ chất dinh dưỡng), làm giảm khả năng sản xuất, năng suất cây trồng thấp và bấp bênh. Đây là nguyên nhân gây thoái hóa đất phổ biến nhất ở vùng đồng bằng nước ta.

+ *Đất bị thoái hóa do con người chỉ chú trọng bón phân vô cơ trong sản xuất nông nghiệp.* Chúng ta biết rằng bón phân vô cơ là một bước tiến lớn trong cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật đối với phát triển nông nghiệp. Nhờ có công nghệ sản xuất phân bón vô cơ như đạm, lân, kali và các phân vi lượng mà năng suất cây trồng trên thế giới và cả ở Việt Nam trong những thập kỷ qua tăng lên nhanh chóng đến mức hiện nay nhiều nhà nông ở nước ta chỉ đầu tư bón phân vô cơ, đặc biệt là phân đạm cho các loại cây trồng, bất kể là lúa hay ngô, rau, cây ăn quả. Tuy nhiên, sau nhiều năm chỉ bón phân vô cơ, nhiều nông dân đã nhận ra hậu quả của kỹ thuật thiếu hiểu biết này. Đất trồng vừa giảm năng suất do nghèo kiệt chất hữu cơ và mất cân đối dinh dưỡng, vừa gây độc cho sản phẩm nông nghiệp. Bà con nông dân gọi hiện tượng đất chỉ được bón phân vô cơ là đất bị chai và bị chua hóa. Rất dễ giải thích theo cơ chế hóa học đất của hiện tượng này: khi bón các loại phân vô cơ vào đất, chính là đưa các muối khoáng vào dung dịch đất. Ví dụ đơn giản nhất là bón phân Kali dạng KCl. Trong dung dịch đất KCl phân ly thành  $K^+$  và  $Cl^-$ . Cây trồng hút  $K^+$  làm dinh dưỡng và để lại dung dịch đất ion  $Cl^-$ . Những Anion này sẽ kết hợp ngay với các Ion  $H^+$  của dung dịch đất thành axit HCl gây chua cho đất.

+ *Đất bị thoái hóa do bị ô nhiễm chất độc bởi các hoạt động khác của con người như rác thải sinh hoạt và công nghiệp, nước thải sinh hoạt và công nghiệp, nước thải của chế biến thực phẩm, làng nghề.* Nhiều diện tích sản xuất nông nghiệp và thủy sản quanh các khu dân cư, khu công nghiệp và sản xuất làng nghề bị thoái hóa do ô nhiễm chất độc trở thành các cánh đồng hoang, bãi đất trống. Nguyên nhân gây thoái hóa đất này còn gây độc cho con người và sinh vật khi ăn sản phẩm và uống nước ở khu vực



đất và nước bị ô nhiễm. Đặc biệt nghiêm trọng khi đất bị nhiễm kim loại nặng vượt ngưỡng cho phép của tiêu chuẩn đo lường quốc gia.

+ *Đất bị thoái hóa theo hướng nhiễm mặn do con người gây nên.* Tại các vùng ven biển, trong những năm gần đây, nghề nuôi tôm nước mặn phát triển mạnh do con người đầu tư kiến thiết đồng ruộng dẫn nước mặn vào nuôi tôm. Sau thời gian, tôm bị bệnh hoặc không thích nghi được với công nghệ nuôi nhân tạo này, các hồ nuôi tôm bị phế bỏ, để lại là diện tích đất nhiễm mặn không còn khả năng trồng trọt nếu không được cải tạo lại. Sự thoái hóa đất do nguyên nhân này đang là nguy cơ mất đất sản xuất nông nghiệp của nhiều nông hộ vùng đất cát ven biển miền Trung và vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long. Do công tác quy hoạch không hợp lý, họ đã phá sản trong nghề nuôi tôm nước mặn.

## 6. Các thể loại suy thoái đất

- Chua hóa, nghèo kiệt dinh dưỡng trong đất.
- Bạc màu hóa.
- Kết von đá ong hóa.
- Xói mòn, rửa trôi.
- Quá trình sa mạc hóa.
- Quá trình mặn hóa.
- Mức độ ô nhiễm đất bởi các chất thải gây độc.

### (1) Chua hóa, nghèo kiệt dinh dưỡng trong đất

Phần lớn đất ở nước ta kể cả ở vùng đồi núi và vùng đồng bằng đều bị chua với pH đất từ 4,0 đến 5,5. Thực tiễn sản xuất cho thấy, thường sau 3 đến 4 năm canh tác trồng các loại cây ngắn ngày, pH của đất giảm trung bình 0,5 đơn vị. Trong tổng diện tích đất sản xuất nông nghiệp của nước ta, có đến 6 triệu ha, chiếm 84% diện tích là đất chua. Độ chua của đất ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng và năng suất cây trồng với đa số các loại cây trồng thích hợp với đất ít chua đến trung tính. Đất bị chua cũng ảnh hưởng đến sự hoạt động vi sinh vật đất, đến chất lượng chất hữu cơ đất và sự tích lũy và chuyển hóa các chất dinh dưỡng từ đất đến cây trồng.

Sự suy thoái đất thể hiện rất rõ ở các chỉ tiêu: đất ngày càng chua hơn, các cation kiềm, độ no bazơ, dung tích hấp thu giã, hàm lượng mùn, các chất dinh dưỡng tổng số và dễ tiêu, đa lượng, trung lượng và vi lượng trong đất ngày càng giảm. Cân bằng dinh dưỡng trong hệ thống đất - cây - môi trường bị phá vỡ, tăng nhiều độc tố như Fe, Mn, H<sub>2</sub>S, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, lân bị cố định.

Ví dụ: Diễn biến thoái hóa của đất đồi núi tỉnh Sơn La

*Bảng 1. Đất xám mùn trên đá sét và biến chất*

Độ sâu (cm)	pH <sub>KCL</sub>	Mùn (%)	Tổng số (%)	Dễ tiêu (mg/100 g đất)	Cation trao đổi (mg/100 g đất)

			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Số liệu phân tích năm 1970 (đất rừng)									
0-20	4,1	6,34	0,24	0,24	0,90	3,2	18,6	2,4	1,6
20-40	-	2,02	0,08	0,12	1,11	1,5	5,0	2,0	2,0
40-60	4,2	1,86	0,12	0,16	0,90	1,5	10,5	2,4	1,6
60-80	4,1	-	-	-	0,67	1,5	12,5	2,0	1,6
80-100	4,2	-	-	-	0,90	2,2	12,7	-	-
Số liệu phân tích năm 1990 (đất trồng cây lâu năm)									
0-20	3,6	4,72	0,10	0,17	0,34	2,3	7,0	1,1	0,5
20-40	3,6	2,00	0,06	0,12	0,40	0,3	3,0	0,8	0,4
40-60	3,8	1,32	0,06	0,13	0,34	0,3	3,0	0,8	0,4
60-100	4,2	0,74	0,05	0,13	0,13	0,7	3,0	0,7	0,3
Số liệu phân tích năm 2004 (đất trồng cây hàng năm)									
0-20	3,4	1,34	0,10	0,10	0,20	Vệt	Vệt	1,0	0,5
20-40	3,5	0,99	0,07	0,12	0,30	Vệt	Vệt	0,6	0,3

Nguồn: Hội Khoa học Đất Việt Nam, 2005.

Đa số đất đồi núi trở nên nghèo, chua, khô, rắn. Mùn ít không đủ để bảo vệ keo đất nên bị phá hủy, tiếp tục giải phóng nhôm di động làm cho đất ngày càng chua. Lân dễ tiêu đã ít lại bị giữ chặt. Kali dễ tiêu rất nghèo. Đất đỏ vàng sau một chu kỳ nương rẫy, lượng Al<sup>+++</sup> đạt tới 50-60 mg/100 g đất, phải bỏ hóa không trồng trọt được.

## (2) Kết von đá ong hóa

Quá trình này thường xảy ra ở vùng đồi núi thấp, nơi có mực nước ngầm thay đổi theo mùa mưa/khô xen kẽ và mặt đất đã bị mất thảm thực vật, đất kho cằn. Khi mặt đất đã bị mất lớp thảm thực vật, mùa mưa, mực nước ngầm hứng chứa nước từ lớp đất trên chảy xuống, mang theo nhiều muối sắt dễ tan. Đến mùa khô, đất mặt trông trải, bị bốc hơi mạnh, muối sắt dạng khử sẽ bị ôxy hóa thành dạng ôxyt sắt hoặc hydrôxyt sắt kết tủa lại thành hạt cứng - hạt kết von, hoặc thành tảng - dạng đá ong.

Quá trình tích lũy tuyệt đối sắt nhôm là quá trình thoái hóa đất nghiêm trọng, đất bị đá ong hóa, bị kết von, rất khó khăn hoặc không còn khả năng trồng trọt, hoặc chỉ trồng được những loại cây trồng chịu hạn, chịu đất lầy sỏi, hạt kết von và có hàm lượng dinh dưỡng rất thấp (cây thuốc lá, dứa, sả, một số loại cây dược liệu...). Đất bị kết von đá ong hóa là loại đất bị thoái hóa nghiêm trọng (đất chết), nghèo kiệt dinh dưỡng, thiếu nước và năng suất cây trồng thường rất thấp. Trong thực tế chỉ có thể đưa ra những biện pháp tác động vào đất ngăn ngừa hiện tượng thoái hóa đất theo hướng này chứ rất khó có thể phục hồi đất này trở về đất đồi ban đầu.

### (3) Xói mòn, rửa trôi

Trên các sườn đồi núi cao, dốc, nhất là các vùng rừng và thảm thực vật đã bị phá hủy mạnh, đất bị hoang trống, thì vào mùa mưa nhiệt đới, đất bị rửa trôi, xói mòn, tạo thành các rãnh xói mòn và lớp đất mặt bị mỏng dần, nhiều nơi trơ ra lớp sỏi, tầng đá phía dưới, gọi là đất xói mòn trơ sỏi đá. Những đất này hầu như không còn khả năng sản xuất và trồng rừng, điển hình cho diện tích đất trống đồi núi trọc ở các vùng đồi núi do đất vừa không còn hoặc còn rất ít tầng đất mặt, vừa không còn các chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng như chất hữu cơ, chất dinh dưỡng NPK...

#### *Xói mòn đất:*

Xói mòn đất gắn liền với độ dốc, phân bố độ dốc, sự chia cắt của địa hình đất dốc, đất trống hoặc các loại lớp phủ thực vật/cây trồng khác nhau và dòng chảy của nước đặc biệt rõ vào mùa mưa nhiệt đới lớn và tập trung như ở nước ta. Trên 7 vùng sinh thái của Việt Nam có diện tích đất đồi núi thì các loại đất dốc đã bị chặt phá rừng để sản xuất nông nghiệp đều có hiện tượng đất bị thoái hóa do xói mòn. Sự xói mòn đất đồi khi dẫn đến hậu quả nghiêm trọng là sụt lở đất khi dòng chảy quá lớn trên độ dốc cao không còn thực vật che phủ.

*Bảng 2. Thoái hóa đất do xói mòn*

Vùng sinh thái	Tỷ lệ đất dốc (%)	Tỷ lệ đất thoái hóa do xói mòn (%)
1. Miền núi phía Bắc	95	80
2. Miền núi Khu IV cũ	80	70
3. Miền núi duyên hải miền Trung	70	65
4. Cao nguyên Tây Nguyên	90	60

*Nguồn:* Thái Phiên, Nguyễn Tử Xiêm, 1999.

Theo nhiều nghiên cứu về xói mòn ở Việt Nam thì quá trình xói mòn có thể xuất hiện từ độ dốc 3°. Nếu độ dốc tăng 2 lần thì cường độ xói mòn tăng hơn 4 lần, nếu chiều dài sườn dốc tăng 2 lần thì xói mòn tăng 2-2,5 lần.

Sự thoái hóa đất dốc do xói mòn gây nên dẫn đến đất bị:

- Mất một lượng đất tầng mặt ảnh hưởng đến độ dày tầng canh tác. Lượng đất mất phụ thuộc vào độ dốc, chiều dài sườn dốc, thực trạng lớp phủ trên mặt đất, dao động từ 100 đến 500 tấn đất /ha/năm.
- Mất đi một lượng đáng kể các chất hữu cơ và dinh dưỡng của đất mặt do lượng đất mất.

#### *Rửa trôi:*

Hiện tượng rửa trôi không chỉ xảy ra trên đất dốc bị xói mòn mà có thể xuất hiện ở trên các loại đất ở nước ta, kể cả vùng đồng bằng và trũng úng. Nguyên nhân của hiện tượng rửa trôi trong đất là do:

- Khí hậu nhiệt đới gió mùa có mùa mưa nhiệt đới cường độ lớn và tập trung, tạo nên lượng nước và dòng chảy lớn.
- Đất dốc khi có mưa lớn tạo dòng chảy thường gây ra rửa trôi đi cùng với sự xói mòn đất.
- Đất hình thành trên các bậc thềm dốc thoải hay lượn sóng thì sự rửa trôi xảy ra trên mặt và theo chiều sâu.
- Tại những vùng đất thấp bị ngập úng nước theo mùa hoặc lâu năm thì sự rửa trôi xảy ra từ trên mặt đất theo chiều sâu xuống các lớp đất dưới.

Sự rửa trôi trong đất bao gồm:

- Rửa trôi chất hữu cơ và hợp chất mùn trên bề mặt hoặc theo chiều sâu tầng đất, làm cho đất nghèo mùn có màu xám trắng, khả năng giữ nước và giữ chất dinh dưỡng kém, mất kết cấu đất.
- Rửa trôi cấp hạt sét hoặc trên mặt hoặc theo chiều sâu đất làm cho lớp đất mặt chứa nhiều cát, khả năng hấp phụ kém, dễ khô hạn, nghèo dinh dưỡng, đất bị dí, dễ bí, khó thoát nước khi mưa kéo dài.
- Rửa trôi các chất dinh dưỡng chủ yếu là các hợp chất sắt, nhôm, các Cation Ca, Mg, đặc biệt là NPK, làm cho đất bị nghèo kiệt dinh dưỡng, đất bị chua.

Sự thoái hóa đất do quá trình rửa trôi là thể loại đất thoái hóa phổ biến ở nước ta và gây hậu quả khá nghiêm trọng, tạo ra những loại đất có vấn đề/đất bị thoái hóa với diện tích khá lớn.

Kết quả nghiên cứu nhiều năm trên đất dốc cho thấy đến 60% diện tích chịu tác động rửa trôi. Lượng đất bị mất hàng năm từ vài chục tấn/ha trên đất rừng thứ sinh và trồng cây lâu năm trưởng thành đến vài trăm tấn/ha trên đất trồng đồi núi trọc. Lượng đất mất hàng năm trên đất trồng cây ngắn ngày không có công trình chống xói mòn từ 50 đến 100 tấn/ha. Lượng đất này chứa khoảng 1 tấn chất hữu cơ, 150 kg đạm, lân, kali tổng số. Phân tích đất hứng được do rửa trôi cho thấy chúng chứa chủ yếu là mùn, các cấp hạt mịn và chất dinh dưỡng với hàm lượng cao hơn lớp đất mặt.

Theo mức độ nhạy cảm với rửa trôi từ dễ đến khó có thể xếp như sau: Na > K > N > Mg > P.

Các Cation kiềm và Cation kiềm thổ như Na, K, Ca, Mg bị mất dần trong đất do quá trình rửa trôi, cây hút làm chất dinh dưỡng mà con người không chú ý bổ sung kịp thời, đất chỉ còn lại các Cation gây chua ( $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ) và các gốc axit. Quá trình này thường xảy ra ở các đất đồi núi bị khai phá làm nương rẫy, trồng trọt liên tục với phương thức độc canh, lạc hậu, đất bị thoái hóa, rửa trôi xói mòn mạnh.

*Bảng 3. Một số chỉ tiêu hóa học trên đất đỏ Bazan bị rửa trôi dưới các phương thức canh tác khác nhau*

Phương thức canh tác	C%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Ca + Mg me/100 g đất	DTHT me/100 g đất

Mới khai hoang	4,1	0,27	15,5	28,0
Trồng cà phê (18 tuổi)	3,9	0,21	15,8	26,4
Lúa nương sau 4 năm	2,2	0,13	9,3	18,2
Lúa nương 3 năm và sau 4 năm	1,2	0,1	3,4	14,0

*Ví dụ về sự thoái hóa đất do quá trình rửa trôi trên đất dốc vùng đồi núi Sơn La (Hội Khoa học Đất, 2005):*

Tính chất các loại đất có sự biến động lớn theo thời gian, không gian và phương thức sử dụng. Quá trình thoái hóa đất do rửa trôi diễn ra mạnh mẽ và rõ ràng.

- Hàm lượng mùn ở lớp đất mặt hàng năm giảm 0,10-0,20%, tương ứng đến 1-2 tấn mùn/ha.
- Đạm tổng số giảm trung bình 50 kg/ha/năm; lân tổng số giảm trung bình 50 kg/ha/năm; kali tổng số giảm trung bình 500 kg/ha/năm.
- Trị số  $pH_{KCl}$  của hai nhóm đất đỏ vàng và mùn vàng đỏ trên núi phân tích trong những năm 1960-1970 dao động phổ biến từ 4,1-5,4. Hiện nay trị số này phổ biến từ 3,4-3,8.
- Sự phân dị của phẫu diện đất về thành phần cơ giới thể hiện ngày càng rõ (phần trên phẫu diện đất nghèo sét hơn các tầng đất sâu).

#### **(4) Bạc màu hóa**

Đất bị nghèo thành phần khoáng sét, chất hữu cơ cũng như các nguyên tố vô cơ do sự rửa trôi hoặc thấm trôi của nước trên bề mặt đất hoặc theo chiều sâu tầng đất. Sự khoáng hóa chất hữu cơ mạnh do đất bị khô hạn hoặc quá tối xộp. Lớp đất mặt thường có màu xám, thành phần cát bụi, mất kết cấu, rất nghèo chất hữu cơ và các chất dinh dưỡng khác. Quá trình này thường xảy ra ở các vùng đất phù sa hình thành trên phù sa cổ hoặc phù sa cũ và các vùng đồi thấp bị khai phá sử dụng lâu đời mà đất không được bảo vệ, bồi dưỡng, thâm thực vật và cây trồng phát triển kém, tạo sinh khối kém. Đất thoái hóa do bị bạc màu hóa thường phổ biến ở các vùng ven rìa đồng bằng sông Hồng thuộc các bậc thềm phù sa cổ và cũ, không còn chịu ảnh hưởng bồi đắp phù sa sông và có một quá trình lâu đời canh tác lúa nước và hoa màu lạc hậu: cây chay, bừa chùi, thiếu nước.

Nhìn chung các kết quả nghiên cứu trong nhiều năm qua của các cơ quan khoa học đất cho thấy, đất xám bạc màu có hàm lượng hữu cơ thấp (OM%: 0,8-1,2%), các chất dinh dưỡng đa lượng và vi lượng đều nghèo đến rất nghèo, đất chua toàn phẫu diện (pH từ 3,8 đến 5,0), CEC rất thấp từ 5,8-7,5 cmol/kg đất, thành phần khoáng sét của tầng canh tác chủ yếu là  $SiO_2$  và kaolinit chứng tỏ đất bị thoái hóa sét và chua hóa.

*Bảng 4. Những đặc tính chính của đất xám bạc màu*

Đặc điểm	Phẫu diện 1	Phẫu diện 2	Phẫu diện 3	Phẫu diện 4
Vị trí lấy mẫu	Sóc Sơn, Hà	Phổ Yên, Thái	Ea-H, Đắk Lắk	Hòa Thành,

	Nội	Nguyên		Tây Ninh
- Độ cao (m)	10-15	30	270	18
- Độ dốc	Bằng thoải	Bằng thoải	Dốc 8°	Bằng thoải
- Đá mẹ/mẫu chất	Phù sa cổ	Đá cát	Đá macma axit	Đá biến chất
- KN thấm nước	Nhanh	Nhanh	Nhanh	Nhanh
- Rửa trôi bề mặt	Không rõ	Không rõ	Mức độ TB	Mức độ nhẹ
- Ngập lụt	Không	Không	Không	Không
- Loại sử dụng đất	2 vụ lúa	2 lúa-màu	Rừng khoọc	Trồng điều

Nguồn: Đỗ Nguyên Hải, Tạp chí KH Đất, 21/2005.

### **(5) Quá trình sa mạc hóa**

Khô hạn, sa mạc hóa được coi là sự thoái hóa đất trong điều kiện khô hạn, bán khô hạn hay vùng thiếu ẩm do các nguyên nhân khác nhau hoặc do sự thay đổi về khí hậu, hoặc do hoạt động của con người. Chỉ tiêu quan trọng để xác định mức độ sa mạc hóa là tỷ lệ lượng mưa hàng năm so với lượng bốc thoát hơi tiềm năng trong giới hạn từ 0,05 đến 0,65 (theo Công ước của Liên Hiệp Quốc về Chống Sa mạc hóa).

Do biến đổi lớn về khí hậu và môi trường trong những năm gần đây, hạn hán nghiêm trọng đã xảy ra ở nhiều nơi trên thế giới, trong đó có Việt Nam, đã thúc đẩy sự suy thoái đất theo xu hướng sa mạc hóa.

Hiện tượng sa mạc hóa thể hiện rõ nhất trên đất trồng đồi núi trọc (ĐTĐNT) không còn lớp phủ thực vật và địa hình dốc, chia cắt, nơi có lượng mưa thấp: 700-800 mm, 1.500 mm/năm, lượng bốc thoát hơi tiềm năng đạt 1.000-1.800 mm/năm (Ninh Thuận, Bình Thuận, Cheo Reo, sông Mã, Yên Châu...).

### **(6) Quá trình mặn hóa**

Đất bị thoái hóa theo hướng nhiễm mặn do:

- Sự biến đổi khí hậu tại những vùng ven biển.
- Quá trình canh tác không hợp lý của con người: khai hoang trồng một vụ, mùa khô bỏ hóa do thiếu nước tưới, muối mặn từ nước ngầm bốc lên, gây mặn cho đất. Khai hoang trồng trọt một thời gian, không có nước tưới, bỏ hóa, đất nhiễm mặn trở lại.
- Những khu vực làm muối, đất bị nhiễm mặn mạnh.
- Những khu vực nuôi tôm nhân tạo: tại các vùng ven biển, trong những năm gần đây, nghề nuôi tôm nước mặn phát triển mạnh do con người đầu tư kiến thiết đồng ruộng dẫn nước mặn vào nuôi tôm. Sau một thời gian, tôm bị bệnh hoặc không thích nghi được với công nghệ nuôi nhân tạo này, các hồ nuôi tôm bị phế bỏ, để lại là diện tích đất nhiễm mặn không còn khả năng trồng trọt nếu không được cải tạo lại. Sự thoái hóa đất do nguyên nhân này đang là nguy cơ mất đất sản xuất nông nghiệp phá sản trong nghề nuôi tôm nước mặn của nhiều nông hộ vùng đất cát ven biển miền Trung và vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long.

Nhìn chung đất bị mặn hóa sẽ không thể sản xuất nông nghiệp với các loại hình sử dụng đất trồng các loại cây lương thực, thực phẩm hoặc cây ăn quả như ở các vùng đất phù sa. Vì vậy, phần lớn diện tích này sẽ trở thành loại đất suy thoái theo kiểu hoang hóa. Đất có độ mặn lớn (tổng số muối tan cao), cấu trúc hình cột chai cứng khi khô và nhão nhoét khi mưa, pH trung tính đến kiềm, chỉ có các loài thực vật chịu mặn mọc trên đất này.

### ***(7) Quá trình ô nhiễm đất do các chất thải gây độc***

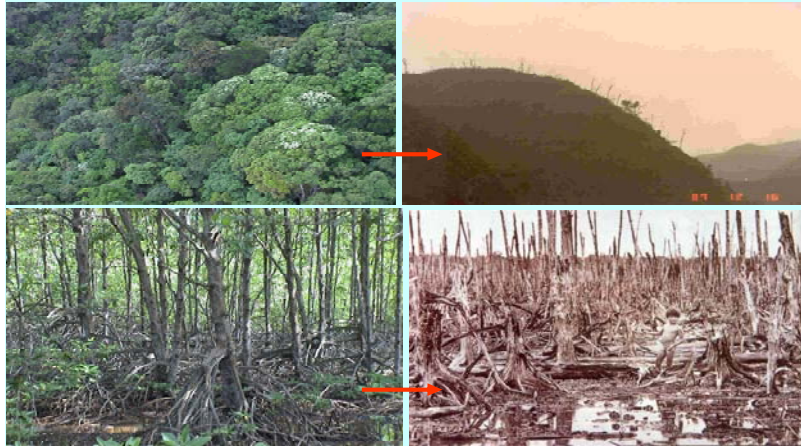
Đất bị thoái hóa do bị ô nhiễm chất độc do các hoạt động khác của con người như rác thải và nước thải sinh hoạt và công nghiệp, nước thải của chế biến thực phẩm, làng nghề. Nhiều diện tích sản xuất nông nghiệp và thủy sản quanh các khu dân cư, khu công nghiệp và sản xuất làng nghề bị thoái hóa do ô nhiễm chất độc, trở thành các cánh đồng hoang, bãi đất trống. Nguyên nhân gây thoái hóa đất này còn gây độc cho con người và sinh vật khi ăn sản phẩm và uống nước ở khu vực đất và nước bị ô nhiễm. Đặc biệt nghiêm trọng khi đất bị nhiễm kim loại nặng vượt ngưỡng cho phép của tiêu chuẩn đo lường quốc gia. Hiện tượng ô nhiễm đất do chất thải gây độc sẽ là những nỗi đe dọa và hậu quả rất lớn đến khả năng sản xuất của đất và đặc biệt đến sức khỏe của con người: sinh bệnh, gây mùi hôi thối, nước bẩn, mất cảnh quan sinh thái.

Tại Quảng Trị và một số tỉnh miền Trung, do hậu quả Mỹ rải chất độc màu da cam chứa Dioxin từ thời chiến tranh đã tàn phá một diện tích lớn rừng trên vùng đồi núi và rừng ngập mặn ven biển. Cho đến nay, vẫn còn khá nhiều diện tích đất đồi núi hoang hóa chưa phục hồi thành rừng được mà chỉ là những sườn đồi cỏ tranh và cây bụi lúp xúp. Sự suy thoái đất này cũng thuộc về nguyên nhân hủy hoại sự sống của đất do chất độc hóa học.



*Một số hình ảnh đất bị nhiễm chất độc Dioxin do Mỹ rải những năm 70*

Khái niệm ‘Huỷ diệt Sinh thái’ (Ecocide) là sản phẩm của cuộc chiến tranh của Mỹ ở Việt Nam



*Những sườn đồi trọc do Mỹ rải chất độc Dioxin ở vùng Hương Hóa (2008)*

### III. NHỮNG GIẢI PHÁP CHÍNH ĐỂ PHỤC HỒI ĐẤT BỊ SUY THOÁI

#### 1. Phục hồi đất là gì?

Sự phục hồi đất là cách thức tự trả lại cho đất những tính chất và khả năng sản xuất mà nó từng có trước khi lâm vào tình trạng suy thoái. Hay nói cách khác, đó là ***những biện pháp khoa học kỹ thuật tác động vào các loại đất đã, đang bị suy thoái (do quá trình sử dụng đất không hợp lý hoặc do tác động của môi trường xung quanh gây nên), nhằm tạo cho đất trở lại với những tính chất và khả năng ban đầu.***

Cũng có thể nói gọn theo cách khác, ***đó là công tác cải tạo đất có vấn đề do bị suy thoái.***

Tùy từng trạng thái suy thoái của đất mà người ta áp dụng những giải pháp khác nhau để phục hồi đất.

#### 2. Một số biện pháp phục hồi đất

+ *Biện pháp công trình:* Kiến thiết đồng ruộng, xây dựng hạ tầng cơ sở sản xuất nông nghiệp: hồ chứa nước, đường giao thông...

+ *Biện pháp thủy lợi:* Hệ thống tưới và tiêu.



+ *Biện pháp sinh học và hữu cơ*: Đa dạng hóa cây trồng - chuyển đổi cơ cấu cây trồng, hệ thống luân canh, xen canh, gối vụ, sử dụng cây phân xanh, cây vật liệu nông nghiệp phủ đất, bón phân hữu cơ.

+ *Biện pháp thâm canh*: Làm đất, chọn giống, kỹ thuật gieo trồng, tưới nước, bón phân, chăm sóc và bảo vệ cây trồng...

+ *Biện pháp kinh tế-xã hội*: Đầu tư các chương trình/dự án cải tạo đất và khắc phục sự suy thoái đất.

+ Xây dựng thể chế, pháp chế cải tạo môi trường bị ô nhiễm gây suy thoái đất.

### **(1) Biện pháp công trình**

*Kiến thiết đồng ruộng:*

Trên vùng đồi núi:

+ *Canh tác đất dốc*: Phải đảm bảo chống xói mòn rửa trôi đất, chống hiện tượng đất bị khô hạn, dẫn đến kết von đá ong hóa. Biện pháp kiến thiết ruộng trên đất dốc hữu hiệu nhất là làm ruộng bậc thang, trồng cây theo đường đồng mức hoặc theo hố vẩy cá.

+ Những ví dụ nghiên cứu cụ thể:

– *Ruộng bậc thang*: Ruộng bậc thang là một biện pháp công trình bảo vệ và phục hồi đất dốc vì nó tạo được một diện tích nhất định mặt bằng trên đất dốc, hạn chế được xói mòn rửa trôi, giữ được nước và phân bón khi trồng lúa nước. Biện pháp này còn có thể khắc phục được tập quán bỏ hóa theo chu kỳ, thậm chí còn tăng vụ trong năm và áp dụng thâm canh tăng năng suất cây trồng và phục hồi độ phì của đất dốc canh tác nhiều năm. Một khó khăn và hạn chế của biện pháp công trình này là rất tốn công lao động xây dựng ruộng bậc thang và những ruộng bậc thang phải gần nguồn nước, vì nó thích hợp nhất với canh tác lúa nước. Những khu vực thích hợp cho việc xây dựng ruộng bậc thang là những vùng đất dốc phía Bắc giáp Trung Quốc (Lào Cai, Hà Giang, Cao Bằng) và hầu hết các vùng đất thung lũng, sườn đồi của các tỉnh miền núi. Nhiều nơi trên đất dốc không phát triển ruộng bậc thang vì họ nhận thấy trồng các loại cây công nghiệp và cây ăn quả theo biện pháp công trình khác có hiệu quả kinh tế và khả năng bảo vệ, phục hồi đất tốt hơn.



Làm ruộng bậc thang  
phục hồi đất đồi trồng  
lúa nước

– *Trồng cây theo đường đồng mức*: Đây là biện pháp công trình phổ biến trên các vùng đồi trồng các loại cây lương thực, cây ăn quả dạng cây bụi và thấp cây như

chè, dưa, mía đồi, cà phê chè... Có thể xây dựng ruộng với đường đồng mức đơn (từng hàng) hoặc theo băng có những băng cây phân xanh hoặc cây cỏ xen giữa hỗ trợ thêm khả năng chống xói mòn. Biện pháp này đã được nhiều công trình nghiên cứu của các viện và các tỉnh miền núi và đạt được kết quả rất rõ ràng, đặc biệt là đề tài nghiên cứu thuộc Chương trình IBSRAM của GS.TS. Thái Phiên (Viện Thổ nhưỡng Nông hóa).

Các mô hình trồng cây theo đường đồng mức được ghi nhận rất rõ trên khắp vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam, đặc biệt có hiệu quả đối với trồng chè, trồng dưa, trồng mía đồi.

Các thí nghiệm và thử nghiệm về trồng các băng cây phân xanh, cây họ đậu xen với cây lương thực, cây công nghiệp cũng đã được ứng dụng nhiều vào thực tiễn canh tác vùng đồi nước ta. Các loại cây dùng làm băng chắn thường là băng dưa, cây phân xanh (cốt khí, đậu triều, đậu công, keo đậu...) và các loại cỏ (cỏ Vectivơ, cỏ Stylo, cỏ Ruzi...). Năng suất sản trồng với các băng cây hoặc cỏ đều cho năng suất cao hơn là không có băng và đặc biệt độ phì đất cũng như độ ẩm đất cũng khá hơn, ngăn cản được sự rửa trôi đất rõ rệt. Các công thức có băng cây xanh đã làm giảm khoảng 1/2 lượng nước chảy bề mặt so với để trống và giảm 1/3 lượng nước so với canh tác không có băng chắn. Một số yếu tố vật lý đất cũng được cải thiện như độ ẩm đất tăng, cấu trúc đất, tốc độ thấm nước.



- *Trồng cây theo hình vẩy cá*: Thường được áp dụng cho các loại cây công nghiệp và cây ăn quả dài ngày. Biện pháp này đặc biệt hiệu quả đối với việc chống xói mòn đất và ngăn dòng chảy mạnh vào mùa mưa trên đất dốc lớn, đồng thời tăng khả năng thấm nước của đất tại các gốc cây lớn.

#### Vùng đồng bằng và duyên hải:

- + Xây dựng hệ thống bờ vùng, bờ thửa trên cánh đồng trồng lúa nước:
- Giữ nước cho ruộng, đồng thời tránh sự rửa trôi chất dinh dưỡng đất trên bề mặt theo hiện tượng nước chảy tràn bờ.
- Tăng hiệu quả bón phân cho các loại cây trồng trên các thửa ruộng khác nhau.

+ Đối với hệ thống canh tác rau, màu, cây ăn quả vùng đất bạc màu, đất bị nhiễm mặn, nhiễm phèn, đất thấp trũng thì cần đánh luống/làm giồng đất để thuận lợi cho việc bón phân, tưới nước hoặc hạ mực nước ngầm bị nhiễm mặn và muối độc.

*Xây dựng hồ chứa nước, đường giao thông:*

+ Đại bộ phận các vùng đất đã bị suy thoái đều ở trong tình trạng khô hạn hoặc thiếu nước nghiêm trọng. Vì vậy, để phục hồi các đất này, cần phải có giải pháp xây dựng các công trình hồ chứa nước và đường giao thông thuận lợi cho việc chuyên chở vật tư, lao động và phân bón, nhằm cải tạo, phục hồi đất. Trong nhiều năm qua, Nhà nước đã có khá nhiều công trình thủy lợi lớn xây dựng hồ chứa nước, đập, phai, đường sá cho các vùng đất xa nguồn nước tự nhiên và đã bị thoái hóa nghiêm trọng như đất bạc màu, đất hoang mạc, sa mạc hóa, đất đồi núi bị kết von đá ong hóa, bị xếp vào loại đất trống đồi núi trọc.

+ Các tuyến đường giao thông: đường bộ, đường thủy (liên tỉnh, liên huyện, liên xã) tạo điều kiện thuận lợi cho việc chuyên chở lao động, vật tư, sản phẩm..., phát triển sản xuất nông nghiệp và phát triển kinh tế xã hội vùng nông thôn.

## **(2) Biện pháp thủy lợi**

Xây dựng hệ thống tưới tiêu nước và kỹ thuật tưới nước trên các loại đất phục hồi khác nhau. Đây là biện pháp rất quan trọng trong việc phục hồi khả năng sản xuất và tăng độ phì nhiêu của đất đã bị thoái hóa. Có nước, độ ẩm đất được cải thiện, hiệu quả trồng cây, tăng vụ, bón phân tăng rõ rệt. Đất ẩm, cây mọc tốt, cho sinh khối lớn, hàm lượng chất hữu cơ của đất sẽ được phục hồi nhanh chóng, từ đó các tính chất lý hóa và sinh học khác của đất sẽ được cải thiện rõ rệt.

*Hệ thống tưới tiêu:*

+ Khai thác từ nguồn nước tự nhiên và nhân tạo: nước sông, suối, ao, hồ.

+ Xây dựng hệ thống kênh mương, trạm bơm tưới và tiêu nước. Hiện nay, ở nhiều vùng phổ biến là xây dựng hệ thống tưới tiêu bằng bê tông, xi măng, có tác dụng tiết kiệm công đào sửa hàng năm, tiết kiệm lượng nước tưới, tiết kiệm diện tích đất...

+ Hệ thống thủy lợi còn có tác dụng giảm thiểu sự ô nhiễm nước và đất do các chất độc thải ra từ hoạt động sản xuất và sinh hoạt của con người. Tuy nhiên, nếu nước kênh, mương không được bảo vệ và xử lý tốt thì nó lại trở thành mối nguy cơ gây ô nhiễm độc hại trở lại cho sản xuất nông nghiệp và môi trường sống của con người.

*Kỹ thuật tưới tiêu nước:*

Để phục hồi các loại đất đã bị thoái hóa bằng thủy lợi, kỹ thuật tưới tiêu nước cũng rất quan trọng. Nhìn chung, do đặc tính vật lý của các loại đất này phần lớn là kém, khả năng giữ nước giữ ẩm kém, nên cần áp dụng các kỹ thuật tưới đảm bảo đưa lượng nước tưới thấm dần vào đất, đồng thời tránh tạo dòng chảy trên bề mặt. Như vậy, vừa sử dụng được lượng nước hữu hiệu cho cây, vừa tăng độ ẩm và giữ ẩm cho đất và tránh được sự thất thoát nước trên bề mặt, cũng như tránh tạo nên dòng chảy gây xói mòn và rửa trôi đất khi tưới.

- Tưới phun bằng bình ô doa hoặc vòi phun do người sử dụng.
- Tưới phun bằng giàn tự động.
- Tưới ngập rãnh đối với các loại đất đánh luống.
- Tưới nhỏ giọt đối với những loại đất nhiều cát, khô hạn nặng mà lại ít mưa, xa nguồn nước tưới.

Để tiêu nước ở các loại đất bị thoái hóa do úng trũng, cần sử dụng kỹ thuật lên luống/làm giồng đất để hạ mực nước ngầm, đào rãnh tạo dòng chảy thoát nước, đào mương tiêu nước ở những vùng đất thường bị nhiễm mặn, nhiễm phèn.

### ***(3) Biện pháp sinh học và hữu cơ***

Như chúng ta đã biết, hầu hết các loại đất bị suy thoái đều có đặc điểm đặc trưng là nghèo kiệt chất hữu cơ trong đất, dẫn đến đất xuất hiện nhiều tính chất lý hóa và sinh học xấu của đất như mất kết cấu, khả năng giữ ẩm kém, khả năng hấp phụ thấp, hàm lượng dinh dưỡng đất (độ phì nhiêu đất) thấp. Nguyên nhân chính của nhiều loại đất bị suy thoái như ngày nay là do bị khai phá mất lớp thảm thực vật ban đầu (khai hoang phá rừng làm nương rẫy), sử dụng triệt để các nguồn và các sản phẩm hữu cơ của đất trong sản xuất mà không trả lại cho đất lượng hữu cơ nào, không bón hoặc bón rất ít phân hữu cơ cho cây trồng, không đủ lượng hữu cơ đã lấy đi của đất. Vì vậy, một trong những biện pháp quan trọng nhất và được chú ý nhất nhằm phục hồi đất bị suy thoái là biện pháp sinh học/hữu cơ. Nhiều kết quả nghiên cứu và thực tiễn trong việc phục hồi đất đã bị suy thoái bằng biện pháp này đã chứng minh rằng sau một thời gian ngắn, đất được phục hồi độ phì và khả năng sản xuất rõ rệt. Hơn nữa, với điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm của nước ta, các loại cây trồng và thực vật sinh trưởng phát triển mạnh, đã tạo sinh khối lớn, trả lại chất hữu cơ cho đất, đó là:

- Tàn tích hữu cơ: rế cây, thân lá rụng, rơi vào đất, được để lại đất sau thu hoạch.
- Các hệ thống trồng trọt luân canh, xen canh, trồng theo băng giữa cây trồng chính và cây cải tạo đất là cây phân xanh, cây họ đậu.
- Các hệ thống nông lâm kết hợp giữa cây dài ngày và cây ngắn ngày bổ sung chất hữu cơ cho nhau và cho đất.
- Các phương thức bổ sung chất hữu cơ cho đất như bón phân hữu cơ, phủ vật liệu hữu cơ cho cây trồng chính, trồng cây phủ đất đa tác dụng cho cây trồng chính.



Phủ cây lạc đại bảo vệ và cải tạo đất trồng hồ tiêu

Trong những năm gần đây, trên thế giới và ở nước ta, các công trình nghiên cứu khoa học và ứng dụng các biện pháp cải tạo, phục hồi và bảo vệ đất nông nghiệp bằng hữu cơ/sinh học đã và đang phát triển và được gọi là nông nghiệp hữu cơ. Nông nghiệp hữu cơ không chỉ có tác dụng bảo vệ đất, phục hồi đất đã bị thoái hóa, mà còn có tác dụng duy trì một nền nông nghiệp bền vững và an toàn về môi trường. Xin giới thiệu một số các báo cáo kết quả nghiên cứu khoa học và ứng dụng biện pháp này của các tác giả thuộc các cơ quan nghiên cứu đất và nông nghiệp khác nhau ở viện, trường, trung tâm, trạm, trại...

- Chương trình phủ xanh đất trồng đồi núi trọc với Dự án 327 của thập kỷ 90 (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn).
- Chương trình định canh định cư và Dự án 5 triệu ha rừng.
- Chương trình đa dạng hóa cây trồng vùng đồng bằng.
- Chương trình chuyển dịch cơ cấu kinh tế và cơ cấu nông lâm nghiệp.
- Chương trình nghiên cứu các mô hình sử dụng và bảo vệ đất dốc của các viện, trường đại học (Chương trình SALT, Dự án IBSRAM, Dự án sử dụng đất bền vững vùng Tây Bắc, Dự án canh tác đất dốc vùng miền núi Bắc Việt Nam).

Một số ví dụ về kết quả nghiên cứu biện pháp sinh học/hữu cơ để bảo vệ và phục hồi đất:

+ **Mô hình nông lâm kết hợp** (Nguyễn Ngọc Nông, trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên): Cây ăn quả (vải, nhãn, quýt); cây lâm nghiệp (mỡ, lát); cây hoa màu ngắn ngày (ngô và đậu tương); và các băng cây phân xanh (cốt khí, muồng). Kết quả sau hai năm cho thấy:

- Độ phì đất được cải thiện rõ, trong đó hàm lượng mùn (1,99% lên 2,70%), đạm tổng số (0,11% lên 0,14%) và các chất dinh dưỡng dễ tiêu đều cao hơn các so sánh khác (tăng gấp hai lần) do phương thức trồng các cây nông lâm kết hợp cùng các băng cây phân xanh đã giảm xói mòn rửa trôi, trả lại cho đất một phần chất hữu cơ.

- Lượng đất bị xói mòn giảm đáng kể, chỉ còn khoảng 8 tấn đất/ha/năm, chỉ bằng 1/4 lượng đất bị xói mòn ở phương thức canh tác trồng ngô thuần.
- Năng suất chất xanh trả lại cho đất từ băng phân xanh: băng cốt khí là 5,4 đến 6,0 tấn/ha; băng muồng là 5,0 đến 5,6 tấn /ha. Mỗi năm lượng dinh dưỡng của các cây phân xanh bổ sung cho đất khoảng 20-30 kg đạm, 2-4 kg lân và 17-28 kg kali.

+ **Nghiên cứu biện pháp sinh học để cải tạo/phục hồi đất đồi bị suy thoái sau nhiều năm trồng bạch đàn** (Phạm Tiến Hoàng, Viện Thổ nhưỡng Nông hóa): Mô hình gồm trồng cây lâm nghiệp trên đỉnh đồi (keo tai tượng, keo lá tràm); cây phân xanh phủ đất (cốt khí, đậu mè, đậu công); cây ăn quả (cây vải); cây đậu đỗ lấy hạt (lạc, đậu đen). Đất đồi trồng bạch đàn chu kỳ II bị thoái hóa nghiêm trọng, đã bị kết đá ong hóa đến 20-30%, đất khô kiệt chai cứng, mất khả năng thấm nước và giữ nước, hàm lượng dinh dưỡng của đất nghèo kiệt từ trên đỉnh đồi xuống chân đồi.

Sau 3 năm thí nghiệm kết quả cho thấy:

- Các loại cây lâm nghiệp sang năm thứ 3 đã sinh trưởng phát triển tốt, góp phần ngăn xói mòn rửa trôi đất và giữ ẩm đất. Lá cây góp lượng hữu cơ vào đất.
- Các loại cây phân xanh phủ đất và cây lấy hạt họ đậu từ năm thứ hai đã trả lại cho đất một lượng chất xanh giàu dinh dưỡng đáng kể: cốt khí là từ 10 đến 20 tấn/ha/năm, 20 đến 25 tấn/ha/năm đối với đậu mè, 12 đến 15 tấn/ha/năm đối với cây lạc.
- Tính chất lý hóa học của đất đồi cũng được cải thiện, đáng kể là độ ẩm đất, hàm lượng chất hữu cơ, chất dinh dưỡng NPK, dung tích hấp thu, độ xốp đất...

+ **Nghiên cứu vai trò của vùi chất hữu cơ đối với cân bằng dinh dưỡng đất trong hệ thống thâm canh 4 vụ/năm của đất bạc màu Bắc Giang** (Nguyễn Thị Hiền và cs., 2005): Vùi hữu cơ là các phế thải nông nghiệp sau thu hoạch đã cung cấp lượng thiếu hụt dinh dưỡng của đất mà cây trồng vụ trước đã lấy đi, đặc biệt là kali. Kết quả:

- Vùi hữu cơ có tác dụng điều hòa dinh dưỡng NPK trong hệ thống cây trồng 4 vụ/năm của đất.
- Vùi hữu cơ đã tiết kiệm được lượng phân khoáng đáng kể mà năng suất cây trồng của 4 vụ/năm không giảm.

#### **(4) Biện pháp truyền thống/bản địa**

- + Xây bờ đá trên đất dốc.
- + Làm đất tối thiểu.
- + Bỏ hóa luân canh.
- + Làm ruộng bậc thang.
- + Phai, đập, kè chứa nước, ống máng dẫn nước từ núi về ruộng.
- + Guồng tre lấy nước từ sông, suối lên ruộng cao hơn.
- + Các kiểu gàu tát nước vùng trồng lúa màu vùng đồng bằng.

### ***(5) Biện pháp thâm canh***

+ Làm đất thích hợp với từng loại cây trồng: cày, bừa, đánh luống, rạch rãnh gieo hạt, đánh ụ/giồng (trồng cây ăn quả ở vùng đất trũng thấp hoặc trồng cây lấy củ ở vùng đất có mực nước ngầm nông).

+ Tưới nước theo nhu cầu sử dụng nước của các loại cây trồng hoặc tưới tiêu nước để cải tạo đất bị thoái hóa (chua hóa, mặn hóa, phèn hóa).

+ Giống cây trồng thích hợp cho các loại đất, giống chịu được các đặc tính đất bị thoái hóa như chịu chua, chịu thiếu lân, chịu mặn, chịu khô hạn, chịu ngập úng...

+ Bón phân không chỉ cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng mà phải đảm bảo lượng phân làm tăng độ phì nhiêu đất. Hiệu quả của bón phân phục hồi đất rõ nhất là duy trì và tăng cường bón phân hữu cơ cho đất, bón vôi khử chua các loại đất bị chua hóa. Nhiều thí nghiệm về hiệu quả bón phân cải tạo, cải thiện độ phì đất đã chứng minh rõ rệt tác dụng của phân bón đối với sự phục hồi đất bị thoái hóa. Tăng cường phân hữu cơ cho đất làm tăng dung tích hấp thu của đất, tăng khả năng giữ nước, giữ phân vô cơ của đất, góp phần điều hòa khả năng trao đổi dinh dưỡng của đất với cây trồng...

+ Chăm sóc và bảo vệ cây trồng: làm cỏ, sục bùn (đất lúa), xới sáo (đất trồng cạn), phòng trừ sâu hại và dịch hại thường xuyên, đặc biệt ưu tiên chăm sóc các loại cây trồng trên những loại đất thoái hóa mạnh, vì trên những loại đất này, hàm lượng hữu cơ, hoặc dung tích hấp thu, hoặc một số tính chất vật lý của đất rất thấp/kém, nên các loại cây trồng thường dễ bị tổn thương khi thời tiết hoặc môi trường sản xuất bị thay đổi đột ngột.

### ***(6) Biện pháp kinh tế-xã hội***

Việc đầu tư các chương trình/dự án cải tạo đất và khắc phục sự thoái hóa đất là rất quan trọng. Nội dung đầu tư gồm hai hợp phần:

+ Đầu tư kinh tế: Kinh phí tiền tệ (các nguồn vốn đầu tư) và cơ sở vật chất trong đầu tư.

+ Đầu tư xã hội: Nguồn lực (lực lượng lao động và trình độ văn hóa kỹ thuật), phát triển cộng đồng (môi trường xã hội, sự tham gia của nhiều thành phần).

Trong các hoạt động/dự án phục hồi đất bị thoái hóa, cần phải chú ý đến tính hiệu quả kinh tế và hiệu quả phát triển xã hội/cộng đồng. Trong thực tế, nhiều chương trình/dự án đầu tư phục hồi/cải tạo đất bị thất bại, hoặc người dân không hưởng ứng do tính hiệu quả kinh tế hoặc hiệu quả cải thiện môi trường xã hội không cao, hoặc không đạt yêu cầu như mong muốn.

### ***(7) Xây dựng thể chế, pháp chế, chính sách bảo vệ môi trường***

Để thực hiện được những ý tưởng và kế hoạch phục hồi/cải tạo các loại đất đã bị suy thoái, ngoài các biện pháp khoa học kỹ thuật, biện pháp kinh tế-xã hội, thì vấn đề xây dựng thể chế và pháp chế phục vụ cho các hoạt động này cũng vô cùng quan trọng và là cơ sở pháp luật cơ bản.

Chính vì vậy, những năm qua, Đảng và Nhà nước ta đã đặc biệt quan tâm đến vấn đề xây dựng, phát triển các cơ quan chức năng và kỹ thuật, có nhiệm vụ và trách nhiệm ngăn chặn sự suy thoái đất và phục hồi/cải tạo đất đã bị suy thoái. Các chương trình, đề tài nghiên cứu, các quy trình kỹ thuật đều do các cơ quan Nhà nước và các công ty thực hiện như:

- Bộ Tài nguyên Môi trường với hệ thống cơ quan từ cấp tỉnh đến huyện trên toàn quốc.
- Các viện nghiên cứu, các trung tâm nghiên cứu, dịch vụ chuyên ngành khoa học đất và nông hóa, khuyến nông...
- Các trường đại học và trung tâm đào tạo kỹ thuật.
- Các công ty Nhà nước và trách nhiệm hữu hạn....

Để có thể thực hiện được những chương trình và dự án liên quan đến các vấn đề bảo vệ, cải thiện và cải tạo/phục hồi đất sản xuất nông lâm nghiệp, Nhà nước đã xây dựng các bộ luật và các nghị định dưới luật như: Luật Đất đai; Luật Môi trường; Luật Sử dụng Tài nguyên Nước.

Trong các đề án quy hoạch sử dụng đất hiện nay, việc lồng ghép các yếu tố môi trường và các giải pháp khắc phục các yếu tố hạn chế gây nên suy thoái đất đã được quan tâm đặc biệt.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tử Siêm, Thái Phiên, 1999. Đất đồi núi Việt Nam, Thoái hóa và phục hồi. Nhà XB Nông nghiệp Hà Nội.
2. Đào Châu Thu, 2007. Bài giảng “Thoái hóa và phục hồi đất”. Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội.
3. Nguyễn Văn Mẫn và Trịnh Văn Thịnh, 1997. Nông nghiệp bền vững, Cơ sở và ứng dụng. Nhà XB Nông nghiệp Hà Nội.
4. Trung tâm Môi trường Nông thôn, 2007. Hỏi đáp về bảo vệ tài nguyên – môi trường nông thôn Việt Nam. Hội Nông dân Việt Nam.
5. Trung tâm Nghiên cứu Tài nguyên và Môi trường, 2001. Vùng núi phía Bắc Việt Nam - Một số vấn đề về môi trường và kinh tế xã hội. Trung tâm Đông Tây. Nhà XB Chính trị Quốc gia.
6. Võ Thanh Sơn, 2008. Sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên, bảo vệ môi trường và phát triển nông thôn-thực tiễn ở Việt Nam và Quảng Trị. Trình bày báo cáo của CRES, Đại học Quốc gia Hà Nội.
7. Hudson N., 1971. Soil Conservation, B.T. Bastford Ltd. London Wishmeier W.H. (1959). A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Soil sci.soc.Am.Proc.23., pp 246-249.
8. Storey, P.J., 2002. The conservation and Improvement of Sloping Land. Volume I,II,III. Oxford and IHB Pupliching.
9. Jon Hellin, 2006. Better Land Husbandry – From Soil to Holistic Land Management. ISBN 1-57808. Science Publishers. USA.