

2.

Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ TÁC ĐỘNG ĐẾN NÔNG LÂM NGƯ NGHIỆP

Mỗi ngày con người cần hít thở khoảng 20.000 lít không khí để sống. 99% số không khí này là O₂ và N₂, 1% còn lại gồm các khí khác (Bảng 1) và các thể hạt li ti. Các chất ô nhiễm có thể có nguồn gốc thiên nhiên (từ núi lửa, cháy rừng) nhưng phần lớn xuất phát từ xe cộ, nhà máy điện, các nhà máy công nghiệp hoặc từ các nguồn khác có liên quan đến hoạt động của con người. Tiếp xúc liên tục với các chất ô nhiễm sẽ gây tổn hại cho người, súc vật, cây cỏ, nhà cửa, kim loại cũng như các vật chất khác.

Bảng 1 Thành phần của khí trên bề mặt trái đất (khoảng độ cao 0-15 km)

Loại khí	Công thức	Tỷ lệ ^a	Nguồn gốc
Argon	Ar	0,93%	R
Nitrogen	N ₂	78,1%	B,V
Oxygen	O ₂	20,9%	B
Ammonia	NH ₃	0,1-1 ppbv	A,B
Carbon dioxide	CO ₂	354 ppmv	A,B,V
Carbon monoxide	CO	40-150 ppbv	A,B,P
CFC-11	CFCl ₃	280 pptv	A
CFC-12	CF ₂ Cl ₂	480 pptv	A
Formaldehyde	HCHO	0,1-1 ppbv	A,P
Helium	He	5,2 ppmv	R
Hydrogen	H ₂	0,5 ppmv	A,B,P
Krypton	Kr	1,1 ppmv	R
Methane	CH ₄	1,72 ppmv	A,B
Neon	Ne	18,2 ppmv	V
Nitric acid	HNO ₃	50-1,000 pptv	P
Nitric oxide	NO	5-100 ppbv	A,B,P
Nitrogen dioxide	NO ₂	10-100 ppbv	B,P
Nitrous oxide	N ₂ O	310 ppbv	A,B,P
Ozone	O ₃	10-100 ppbv	P
Sulfur dioxide	SO ₂	lên đến 0,2 ppbv	A,P,V
Xenon	Xe	0,09 ppmv	R

Ghi chú:

a. Trọng lượng khí/trọng lượng không khí khô.

Đối với các khí hiếm tỉ lệ cho bởi: ppmv = phần triệu theo thể tích = 10⁻⁶

ppbv = phần tỷ theo thể tích = 10⁻⁹

pptv = phần ngàn tỷ theo thể tích = 10⁻¹²

A = nguồn do con người; B = nguồn tự nhiên; P = quang hóa; R = hủy biến phóng xạ

V = hoạt động núi lửa

Nguồn: Krupa, S. V., 1997. Air Pollution, People, and Plants, An Introduction. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

2.1 Các tác nhân gây ô nhiễm không khí và nguồn gốc của chúng

Khí quyển bao xung quanh quả đất và được chia thành nhiều lớp. Khoảng 95% khối lượng không khí nằm ở tầng đối lưu, từ cao độ 0 đến 10-16 km trên bề mặt trái đất. Các tầng khác là tầng bình lưu từ 10-16 km đến 50 km, tầng giữa từ 50-85 km và thượng tầng từ 85-500 km.

99% thể tích không khí sạch chứa hai loại khí: N₂ (78%); O₂ (21%). 1% còn lại là những khí khác như argon và CO₂ .v.v. Trong không khí cũng chứa hơi nước (từ 0,01% ở vùng cực đến 5% ở vùng nhiệt đới ẩm).

Các chất được gọi là “chất gây ô nhiễm không khí” khi nồng độ của chúng đạt đến mức có thể gây hại cho người, súc vật, cây cối và các vật chất khác như kim loại và đá. Thiệt hại ước lượng trên toàn thế giới do chúng gây ra là khoảng 150.000 người chết sớm và 100 tỷ đô la.

Các chất gây ô nhiễm không khí có thể được liệt thành 6 loại chính trong Bảng 2.

Bảng 2 Các nhóm chất gây ô nhiễm không khí chính

Loại	Thành phần chính
CO _x	CO, CO ₂
SO _x	SO ₂ , SO ₃
NO _x	NO (nitric oxide), NO ₂ (nitrogen dioxide), N ₂ O (nitrous oxide)
Các hợp chất hữu cơ bốc hơi (VOC); các hydrocarbon (HC) gồm hợp chất thể khí và lỏng chứa C và H.	Methane (CH ₄); Butane(C ₄ H ₁₀); Ethylene (C ₂ H ₄); Benzene(C ₆ H ₆)
Các hợp chất hữu cơ khác	Formaldehyde (CH ₂ O); Chloroform (CHCl ₃); Methylene chloride(CH ₂ Cl); Trichloroethylene (C ₂ HCl ₃); Vinyl chloride (C ₂ H ₃ Cl); Carbon tetrachloride (CCl ₄); Ethylene oxide (C ₂ H ₄ O)
Các chất lơ lửng (SPM)	Bụi (đất); Muội (than); Amiăng; Chì; Cadmium; các hạt chất rắn Chromium; Arsenic; Beryllium; Nitrate (NO ₃ ⁻) và sulfate(SO ₄ ²⁻) ở dạng muối.

Các hạt chất lỏng

Acid sulfuric; acid nitric; dầu; nông dươc (DDT, Malathion)

Các chất oxid hoá quang hóa trong khí quyển do sự tác dụng của oxy, nitrogen oxide và VOC dưới ảnh hưởng của ánh sáng mặt trời

Ozone, PAN¹ (peroxyacyl nitrate); formaldehyde (CH₂O) acetaldehyde(C₂H₄O); hydrogen peroxide (H₂O₂); các gốc hydroxy (HO)

Các chất khí gây ô nhiễm có mặt trong không khí với những nồng độ khác nhau, vượt quá một mức nào đó, chúng có thể ảnh hưởng đến người và sinh vật khác. Hiện nay, phần lớn các nước đã có quy định về tiêu chuẩn các chất gây ô nhiễm không khí. Nguồn gốc và ví dụ về tiêu chuẩn các chất gây ô nhiễm không khí được ghi ở Bảng 3

Bảng 3 Nguồn gốc và tiêu chuẩn các chất gây ô nhiễm không khí

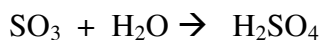
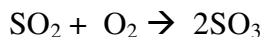
Chất gây ô nhiễm	Các nguyên nhân chính	Chú thích
Carbon monoxide (CO)	Từ khói xe cộ, từ sản xuất công nghiệp.	Tiêu chuẩn: 10 mg/m ³ (9ppm), trong 8 giờ; 40mg/m ³ (35ppm) trong 1 giờ.
Sulfur dioxide (SO ₂)	Từ các phương tiện sản xuất nhiệt và điện dùng dầu và than có chứa sulfur. Từ nhà máy sản xuất acid sunfuric	Tiêu chuẩn: 80 µg/m ³ (0,03ppm) trong 1 năm; 365 µg/m ³ (0,14ppm) trong 24 giờ
Vật chất lơ lửng	Từ khói xe; sản xuất công nghiệp; đốt rác; sản xuất năng lượng và nhiệt lượng; phản ứng của các loại khí ô nhiễm không khí.	Tiêu chuẩn: 75 µg/m ³ trong 1 năm; 260 µg/m ³ trong 24 giờ; bao gồm carbon, nitrat, sulfat và 1 số kim loại như: Pb, Cu, Fe, Zn.
Chì (Pb)	Từ khói xe; lò nấu chì, nhà máy sản xuất pin	Tiêu chuẩn: 1,5 µg/m ³ trong 3 tháng; hầu hết các chất lơ lửng đều chứa chì.
Nitrogen oxides (NO, NO ₂)	Từ khói xe, từ sản xuất năng lượng và nhiệt lượng; từ các nhà máy sản xuất acid nitric, chất nổ, các loại phân bón cho cây trồng.	Tiêu chuẩn: 100 µg/m ³ (0,05ppm) trong 1 năm đối với NO ₂ ; phản ứng với Hydrocarbon và ánh sáng mặt trời dưới hình thức quang oxy hóa.
Các chất oxy quang hóa: ozone (O ₃); peroxy acetyl	Từ phản ứng trong khí quyển giữa các nitrogen oxides với các hydrocarbon dưới ánh sáng mặt trời.	Tiêu chuẩn 325 µg/m ³ (0,12ppm) trong 1 giờ

nitrate (PAN), các aldehyde.		
Các nhóm hydrocarbon từ 2 carbon trở lên bao gồm: ethane (C ₂ H ₆), ethylene (C ₂ H ₄), propane (C ₃ H ₈), butane (C ₄ H ₁₀), pentane (C ₅ H ₁₂), acetylene (C ₂ H ₂).	Từ các khói thải của xe cộ; sự bay hơi của dung môi; từ sản xuất công nghiệp; từ sự thải bỏ các chất rắn; từ sự đốt cháy nhiên liệu.	Phản ứng với nitrogen oxides dưới ánh sáng mặt trời ở dạng oxy quang hóa.
Carbon dioxide (CO ₂)	Xuất phát từ tất cả các nguồn đốt	Có thể gây hại đến sức khoẻ ở nồng độ 5000 ppm trong 2-8 giờ; cách đây 100 năm hàm lượng CO ₂ trong không khí khoảng 280 ppm đến nay đã tăng lên 350 ppm. Đây có thể là nguyên nhân góp phần gây ra hiệu ứng nhà kính

Các chất ô nhiễm không khí có thể chia ra làm hai loại sơ cấp và thứ cấp:

Chất ô nhiễm không khí sơ cấp là những hóa chất độc hại đi trực tiếp vào không khí do các biến cố tự nhiên hoặc hoạt động của con người. Chẳng hạn CO và CO₂ là những chất ô nhiễm không khí sơ cấp được hình thành khi các vật chất chứa carbon như than, dầu, khí thiên nhiên hoặc gỗ bị đốt cháy hoàn toàn ($C + O_2 \rightarrow CO_2$) hoặc không hoàn toàn ($2C + O_2 \rightarrow 2CO$). Một chất ô nhiễm sơ cấp khác là SO₂ do núi lửa phun ra và do đốt dầu và than có chứa các tạp chất lưu huỳnh ($S + O_2 \rightarrow SO_2$).

Chất ô nhiễm không khí thứ cấp là các hóa chất độc hại hình thành trong không khí do phản ứng hóa học giữa hai (hoặc nhiều hơn) thành phần trong không khí. Chẳng hạn:



2.2 Một số hình thức ô nhiễm không khí

2.2.1 Mùi khói công nghiệp

Mùi khói công nghiệp gồm có hỗn hợp của sulfur dioxide và các thể rắn lơ lửng, kể cả những giọt acid sulfuric được hình thành từ sulfur dioxide. Các chất này tạo thành một màn khói xám nhạt.

2.2.2 Mùi khói quang hóa

Một hỗn hợp gồm các chất ô nhiễm sơ cấp như CO, NO và các hydrocarbon cùng các chất ô nhiễm thứ cấp như NO₂, HNO₃, ozone, PAN và formaldehyde sinh ra do sự tác dụng giữa các chất ô nhiễm sơ cấp dưới tác dụng của ánh sáng.

Mùi khói quang hóa có màu nâu vàng, vào những ngày hè phần lớn các thành phố công nghiệp bị khói mù quang hóa.

Tần số và độ trầm trọng của khói mù công nghiệp và quang hóa ở vùng đô thị tùy thuộc vào khí hậu, địa hình, mật độ dân số và công nghiệp cũng như loại nhiên liệu chính dùng trong công nghiệp và sưởi ấm, vận chuyển. Khu vực mưa lớn sẽ làm giảm bớt chất ô nhiễm không khí.

Gió thổi các chất ô nhiễm đi xa và đưa không khí sạch vào trở lại, tuy nhiên núi đồi làm giảm lượng gió vào các thung lũng do đó chất ô nhiễm không khí tích lũy lại với lượng cao. Các nhà cao tầng trong đô thị cũng có tác dụng tương tự.

Thông thường các chất ô nhiễm bốc lên cao, tuy nhiên đôi khi hiện tượng nghịch đảo nhiệt giữ chất ô nhiễm lại sát mặt đất và thường gây ra những tai họa lớn cho sức khỏe con người. Nghịch đảo nhiệt hay xảy ra ở các thành phố nằm ở thung lũng, gần núi, bờ biển.

Thành phố đông dân, nhiều xe ở khu vực có khí hậu nắng ấm, gió nhẹ, gần núi hoặc biển là điều kiện thích hợp sinh ra khói mù quang hóa.

2.2.3 Đảo nhiệt đô thị

Là hiện tượng tỏa nhiệt quá lớn ở các vùng đô thị gây chênh lệch nhiệt độ với vùng mát hơn ở ven đô thị và nông thôn tạo thành một vòm cầu nhiệt độ bao trùm lên vùng đô thị. Các chất ô nhiễm không khí bị kẹt lại trong vòm này, đặc biệt là các hạt rắn lơ lửng, tạo ra một vòm đầy bụi, kết quả là nồng độ bụi trong khu vực đô thị cao hơn khu vực nông thôn bên ngoài hàng ngàn lần. Gió sẽ đẩy vòm bụi này lệch xa hàng chục hoặc hàng trăm dặm.

2.2.4 Lắng tụ acid

Một cách để làm giảm lượng các chất ô nhiễm ở mặt đất như SO_2 , chất rắn lơ lửng và NO_x phát ra từ than và dầu đốt ở các nhà máy điện, luyện kim và các nhà máy công nghiệp khác là đưa ống khói thải khí lên cao quá tầng nghịch đảo. Tuy vậy, cách này dẫn đến sự gia tăng các chất ô nhiễm thứ cấp tại các vùng nông thôn và đô thị. Các chất ô nhiễm sẽ lắng tụ xuống theo hai cách:

Lắng tụ ướt: Các giọt H_2SO_4 và HNO_3 lơ lửng rơi trở lại vào đất dưới dạng mưa acid
Lắng tụ khô: Các hạt muối sulfate và nitrate ở thể rắn và khí SO_2 rơi xuống lại mặt đất. Các thể này tác dụng với nước trong đất và các vực nước để tạo ra acid sulfuric và nitric.

Cả hai loại lắng tụ kể trên gọi chung là lắng tụ acid (hay mưa acid). Tuy gọi là mưa acid nhưng thật ra acid có cả trong băng tuyết, mưa tuyết và sương mù giọt sương.

Nước mưa tự nhiên có pH trung bình là 5,1 (5-5,6) do CO_2 và vết các hợp chất sulfur cùng nitrogen và các muối hữu cơ hòa tan vào nước mưa, pH ở mức này giúp hòa tan khoáng chất trong đất để cây trồng sử dụng.

Tuy nhiên nếu pH nhỏ hơn hay bằng 5 sẽ gây ra những thiệt hại như: chết cá, chết thủy sinh thực vật và vi sinh vật trong sông hồ, chết các loại cây trồng, cây rừng và ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

Mưa acid đã tác hại ở nhiều nước Tây và Trung Âu, Thụy Điển, Na Uy, Đan Mạch, Đông Bắc Hoa Kỳ, Đông Nam Canada, Đông Nam Trung Quốc, và có thể sẽ tác hại ở một số vùng khác.

Các chất gây ô nhiễm không khí không có biên giới, chúng di chuyển từ nước này sang nước khác.

2.3 Ảnh hưởng của ô nhiễm không khí đối với sức khỏe con người

Chất ô nhiễm không khí ảnh hưởng trước hết đối với những người già, trẻ em, người bị bệnh tim và phổi, người bệnh nghẹt hoặc sổ mũi kinh niên. Chúng gây ra các bệnh khí thũng, viêm phế quản kinh niên, ung thư phổi và bệnh tim.

Bệnh ung thư phổi có nguyên nhân chính là hút thuốc lá, kể đó là các chất ô nhiễm trong không khí như: chất phóng xạ polonium, plutonium-239, benzopyrene, hạt lơ lửng của amiang, beryllium, arsenic, chromium và nicken.

Những người thợ mỏ, thợ nhà máy xay, công nhân xây dựng và những người có nghề nghiệp tiếp xúc nhiều với các chất bụi ô nhiễm thường hay bị bệnh phổi như bệnh “phổi đen” ở thợ mỏ than, bệnh “phổi nâu” do bụi bông vải, bệnh “silicosis” do bụi thạch anh, bệnh “asbestosis” do sợi amiăng.

2.4 Ảnh hưởng của chất ô nhiễm không khí lên vật chất

SO₂, O₃, NO, các PAN gây hại trực tiếp cho cây khi chúng xâm nhập trực tiếp vào các lỗ tự nhiên trên lá, phá hủy lớp sáp bảo vệ mặt lá, ức chế quang hợp. Ngoài tác động trực tiếp, sự lắng tụ acid sẽ rửa trôi các chất dinh dưỡng như calcium ra khỏi đất, giết vi sinh vật, đẩy nhôm ra khỏi các hạt đất vào trong nước và hủy diệt các rễ tơ làm cây giảm sức hút nước và dưỡng chất.

Các chất lắng tụ từ không khí làm hóa đen các bức tượng, nhà cửa, xe cộ, áo quần. Các di tích, công trình kiến trúc cổ đang bị hủy hoại dần dần (Bảng 4).

Bảng 4 Những tác động tai hại của chất gây ô nhiễm không khí lên vật chất

Vật chất	Tác hại	Các chất gây hại
Đá và bê tông	Xói mòn bề mặt, mất màu làm vấy bẩn	SO ₂ , H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , hạt rắn
Kim loại	Xói mòn, làm mờ xỉn, giảm độ cứng rắn	SO ₂ , H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , hạt rắn H ₂ S
Đồ gốm và kính	Xói mòn bề mặt	HF, hạt rắn
Sơn	Xói mòn bề mặt, mất màu làm vấy bẩn	SO ₂ , H ₂ S, Ozone, hạt rắn
Giấy	Nhăn nheo, mất màu	SO ₂
Cao su	Nứt, mất độ dẻo dai	Ozone
Da	Suy thoái bề mặt, mất độ bền	SO ₂
Tơ sợi	Thoái hóa, mờ nhạt, lấm bẩn	SO ₂ , NO ₂ , Ozone, hạt rắn

2.5 Ảnh hưởng của các chất ô nhiễm không khí lên cây trồng

Cây trồng bị tác hại bởi các khí ô nhiễm dưới dạng cấp tính **thể hiện ở bộ lá bị đổi màu**, hoặc ở dạng kinh niên không thể hiện ra bộ lá nhưng sức sống của cây bị suy thoái dần. Các loại khí ô nhiễm đi vào lá cây qua các khí khổng bên dưới mặt lá là chính nhưng một lượng nhỏ SO_2 vẫn có thể đi xuyên qua lớp biểu bì. Bản thân lá cũng sinh ra khí dưới dạng CO_2 do hô hấp hoặc H_2S do sự khử các sulfate (SO_4^{2-}) bên trong mô lá.

Mặc dầu một số khí trong khí quyển cần thiết cho cây trồng như S và N_2 nhưng ở một số dạng nhất định và với một thời lượng tiếp xúc nào đó chúng vẫn có thể là chất độc (chẳng hạn SO_2). Các chất ô nhiễm không khí có thể tác hại trực tiếp lá hoặc tàn lá cây (O_3), hoặc tác hại gián tiếp thông qua sự tích lũy trong đất (các kim loại chẳng hạn), hoặc bởi cả hai cách. Một số chất ô nhiễm không khí có kim loại và chất hữu cơ có thể tích lũy trong các bộ phận sử dụng được của cây (ví dụ: tích lũy fluoride trong lá trà làm mất men răng của người nghiện trà).

2.5.1 Ozone (O_3)

Là chất gây độc cây trồng mạnh nhất. Ô nhiễm do ozone được phát hiện vào những năm 1950 từ nghiên cứu ở Los Angeles ở Mỹ, khác với ô nhiễm do sulfur đã được biết từ thời La Mã. Ozone gây hại cây trồng, cây cảnh, nhóm cây thay lá cũng như cây dương xỉ. Do công nghiệp hóa và đô thị hóa nhanh chóng ở các nước Áo, Canada, Đức, Anh, Hy Lạp, Ý, Do Thái, Nhật, Mexico, Hà Lan, Ba Lan, Tây Ban Nha, Nga.v.v., vào những năm 1960, cây cối ở các nước này đều bị ozone gây hại. Ozone gần mặt đất chủ yếu sinh ra do **quá trình quang hóa**, nồng độ ozone cao liên quan đến lượng bức xạ và nhiệt độ cao và ẩm độ tương đối thấp. Khi ẩm độ cao và môi trường ít acid, ozone bị phân hủy nhanh chóng và khi mưa nồng độ ozone giảm đến zero). Như vậy, nồng độ ozone cao vào mùa nắng ấm ngày Hè, đây cũng là thời kỳ cây cối mọc mạnh. Ozone đi vào khí khổng và tác hại trước hết các tế bào nhu mô. Mô này chứa nhiều lục lạp đóng vai trò quang tổng hợp và đồng hóa CO_2 , do vậy, O_3 ảnh hưởng trước tiên đến sự quang tổng hợp và nếu O_3 đạt đến một nồng độ nhất định sẽ làm cho chất diệp lục bị phân rã. Nếu hiện tượng này tái diễn nhiều lần, cây sẽ bị suy giảm sinh trưởng. **Các thí nghiệm ở Mỹ cho thấy một số cây trồng mẫn cảm với ozone như lúa mì, đậu nành, củ cải có thể giảm năng suất 10-40 % khi tiếp xúc với ozone.** Thiệt hại do ozone gây ra cho cây trồng tại Mỹ ước tính vào khoảng 2-4 tỷ đô mỗi năm. Các loại cây mẫn cảm với ozone và triệu chứng đặc trưng được ghi ở Bảng 5.

Cây có độ mẫn cảm cao như đậu nành hoặc thuốc lá được dùng làm chỉ thị sinh học cho sự ô nhiễm ozone.

Bảng 5 Các loại cây mẫn cảm với ozone và triệu chứng đặc trưng

Giống cây	Triệu chứng trên lá
Đậu (<i>Phaseolus</i> sp.)	Màu đồng, vàng nhạt, các vùng chết hoại ở hai mặt lá
Dưa leo (<i>Cucumis</i> sp.)	Các đốm mất màu xanh trên mặt lá
Nho (<i>Vitis</i> sp.)	Đốm đỏ hoặc đen
Rau muống (<i>Ipomea</i> sp.)	Vàng nhạt
Hành tây (<i>Allium</i> sp.)	Đốm trắng và chết ngọn lá
Khoai tây (<i>Solanum</i> sp.)	Đốm xám, vàng nhạt, màu đồng
Đậu nành (<i>Glycine</i> sp.)	Màu đồng đỏ, vàng nhạt, đốm đỏ tía
Thuốc lá (<i>Nicotiana</i> sp.)	Đốm ánh kim hoặc trắng
Dưa hấu (<i>Citrullus</i> sp.)	Đốm xám

Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 6 cho thấy mức thiệt hại do ozone.

Bảng 6 Thiệt hại do ozone gây ra trên giống lúa mì Vona trồng trong nhà lưới ở Nữu Ước

Nghiệm thức	Trọng lượng chung		Trọng lượng 100 hạt		
	Trọng lượng /ha (kg.ha ⁻¹)	Thiệt hại (%)	Trọng lượng (g)	Thiệt hại (%)	hại
Khí lọc sạch ^b	5.331,0	3,26	
Khí trời	4.049,8	24	2,32	29	
Khí không lọc	3.552,1	33	2,47	24	
0,03 ppm O ₃	2.322,3	56	1,77	46	
0,06 ppm O ₃	1.169,8	68	1,41	57	
0,09 ppm O ₃	1.430,0	73	1,30	69	

b: Khí trời lọc qua phin lọc và than hoạt tính, khử hết bụi và trên 40% ozone
 Khí không lọc: chỉ lọc bụi mà thôi, khử được 10% ozone

Nguồn: Krupa, S. V., 1997. *Air Pollution, People, and Plants, An Introduction*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

2.5.2 SO₂

Trong khi ozone là chất gây ô nhiễm phạm vi rộng, SO₂, tác động chủ yếu đến các vùng gần nguồn thải, đặc biệt khi có nghịch đảo nhiệt gần mặt đất, nồng độ SO₂ tích

lũy cao tăng thêm độ gây hại. **SO₂ xâm nhập vào khí khổng, khoảng 15% có thể xâm nhập trực tiếp vào lớp biểu bì lá.** SO₂ là một chất có khả năng tích lũy trong lá. Độ nhạy cảm đối với SO₂ tùy theo tốc độ hấp thu SO₂ vào thời kỳ sinh trưởng mạnh và tùy vào giống, loài, thứ của cây. Các triệu chứng đặc trưng khi cây bị SO₂ gây hại được tóm tắt trong Bảng 7.

Bảng 7 Triệu chứng thiệt hại cấp tính do chất ô nhiễm không khí trên cây lá rộng và cây dương xỉ

Chất ô nhiễm	Triệu chứng trên tàn lá	
	Cây lá rộng	Dương xỉ
Ammonia (NH ₃) ^a	Vàng nhạt vùng giữa gân; chết hoại; lá trắng bệch, rụng lá	Chết từ ngọn lá lan xuống dưới
Chlorine (Cl) ^a Hydrogen chloride (HCl) ^a	Lá trắng bệch, chết hoại, rụng lá	Chết hoại ngọn lá lan xuống dưới
Ethylene (C ₂ H ₄) ^a	Vàng nhạt; cuộn lá xuống; già sớm; mọc rễ khí sinh, khô đài hoa; chồi nở sớm; chồi thui và rụng	Chưa rõ
Hydrogen fluoride (HF)	Vàng nhạt ngọn và mép lá hoặc chết hoại dần vào trong	Chết ngọn lá lan xuống dưới
Nitrogen dioxide (NO ₂)	Mặt dưới lá phủ sáp; chết hoại giữa các gân và hóa màu nâu hoặc màu rỉ sắt (ít gặp trong điều kiện không khí ngoài trời thông thường)	Chưa rõ
Thể hạt	Vàng nhạt, thể hạt kết tập lại, rụng lá	Ngọn lá hóa vàng lan xuống dưới
Peroxyacetyl nitrate (PAN)	Mặt dưới lá hóa màu đồng hoặc bạc, hóa trắng bệch hai mặt lá, màu vàng trên lá	Tương đối chống chịu, chưa được nghiên cứu kỹ
Sulfur dioxide	Vàng nhạt vùng giữa gân hoặc chết hoại giữa gân	Chết hoại ngọn lá lan xuống dưới

a Thường xảy ra ở nồng độ cao trong một thời gian ngắn do hút hồng các thiết bị vận hành làm khí độc thoát ra ngoài. Do đó, cây chỉ bị ngộ độc trong một thời gian ngắn.

Nguồn: Krupa, S. V., 1997. *Air Pollution, People, and Plants, An Introduction*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Ngay khi vào trong lá, SO₂ bị biến đổi thành ion bisulfite (HSO₃⁻) có tính độc và ion sulfite (SO₃⁻) và sau đó thành ion sulfate (SO₄²⁻) không độc. Nếu tốc độ tích lũy của HSO₃⁻ và SO₃⁻ lớn hơn tốc độ chuyển hóa thành SO₄²⁻ thì cây sẽ bị thiệt hại. Trước năm 1980, SO₂ là mối quan tâm chính của nhiều nước công nghiệp nhưng thời gian gần đây do luật chống ô nhiễm không khí chặt chẽ hơn và công nghệ xử lý hiệu quả, ở các nước tiên tiến thường ít xảy ra thiệt hại cấp tính ở cây trồng. Tuy vậy thiệt hại kinh điển vẫn còn xảy ra, đặc biệt là do hiện tượng mưa acid.

2.5.3 HF

HF là một khí ô nhiễm sơ cấp. Cũng như SO₂ nó là một chất độc tích lũy, Hầu hết các loại đất đều chứa một ít fluoride, do đó trong phần lớn thực vật chứa fluoride ở mức # 10 ppm trong mô lá. Ở một số cây như trà hoặc cây sơn, mức tích lũy có thể đến 200 ppm. Triệu chứng gây hại của F được ghi ở Bảng 8. Ngoài tác hại trên bộ lá, F còn hại cả trái. Cây hoa rế quạt cực kỳ nhạy cảm với HF, mức tích lũy # 20 ppm trong bộ lá có thể gây ra triệu chứng thiệt hại, ở các cây khác mức gây hại khoảng 30-100 ppm. HF là khí duy nhất có sự tương quan trực tiếp giữa nồng độ của nó trong không khí và nồng độ trong bộ lá. Ở SO₂ mối quan hệ này không tuyến tính. HF là một chất độc hô hấp và có hoạt tính rất cao. HF tác động với thủy tinh. HF làm hỏng men răng người, gây bệnh nhiễm fluor ở đại gia súc (do ăn cỏ chứa nhiều fluor), gây hỏng răng và mềm xương cũng như làm con vật bị suy yếu, sản xuất ít sữa cuối cùng chết đi. Lượng fluor cao trong con vật có thể phân tích thấy được qua sữa nhưng không thấy được trong thịt. Ngày nay có thể kiểm soát được dạng khí và dạng hạt của HF khá dễ dàng, HF tác dụng nhanh chóng với chất kiềm, do đó, người ta dùng kiềm để khống chế HF. Nước uống được hòa fluor vào để giảm hỏng răng ở người nhưng nếu tưới nhiều cho cây trồng gần nhà hoặc nhà lưới cũng có thể gây hại cho cây, đặc biệt là nếu đất có nhiều fluor.

Bảng 8 Một số cây mẫn cảm với ethylene, HF, PAN và SO₂

C ₂ H ₄	HF	PAN	SO ₂
Cẩm chướng (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	Dâu (<i>Vaccinium</i> sp.)	Đậu (<i>Phaseolus</i> sp.)	Cỏ xa trục (<i>Medicago sativa</i>)
Dưa leo (<i>Cucumis sativus</i>)	Lê, mận (<i>Prunus</i> sp.)	Xà lách (<i>Lactuca</i> sp.)	Đại mạch (<i>Hordeum vulgare</i>)
Vạn thọ (<i>Tagetes</i> sp.)	Bắp (<i>Zea mays</i>)	Cà chua (<i>Lycopersicon</i> <i>esculentum</i>)	Đậu (<i>Phaseolus</i> sp.)
Lan (<i>Orchis</i> sp.)	Thông (<i>Pinus</i> spp.)		Thông (<i>Pinus</i> spp.)
Đậu Hà Lan	Nho		Yến mạch

<i>(Pisum sativum)</i>	<i>(Vitis sp.)</i>	<i>(Avena sativa)</i>
Hoa hồng	Rễ quạt	Đậu nành
<i>(Rosa sp.)</i>	<i>(Gladiolus sp.)</i>	<i>(Glycine max)</i>
Cà chua		Lúa mì
<i>(Lycopersicon esculentum)</i>		<i>(Triticum aestivum)</i>

2.5.4 Peroxyacetyl nitrate (PAN)

Ở dạng lỏng, lác PAN có thể nổ. Trong không khí PAN ở dạng khí. Nồng độ PAN trong khí trời vào khoảng 20% (<20 ppb) của lượng ozone tương ứng. Ở nồng độ này, PAN có thể gây triệu chứng thiệt hại trên cây trồng mẫn cảm. PAN là một chất ô nhiễm đặc biệt, nó cần có ánh sáng trong suốt quá trình gây thiệt hại cho thực vật, nếu không thì triệu chứng không xuất hiện. Khác với ozone gây hại ở mặt trên lá, PAN gây hại ở mặt dưới lá (có vài ngoại lệ). PAN tích lũy ở phần tế bào nhu mô ở mặt dưới lá, nhưng vẫn chưa rõ về cơ chế tác động. Cây thân mộc lớn chống chịu với PAN mạnh hơn các loại cây cảnh và thân thảo. Cả PAN và ozone đều sinh ra từ quá trình quang hóa.

2.5.5 Ethylene

Ethylene ít quan trọng và chỉ tác động cục bộ. Tuy vậy, ethylene có thể gây thiệt hại kinh tế nghiêm trọng cho cây trồng trong nhà kính thiếu thông thoáng và có hơi thoát ra từ các máy sưởi sử dụng khí thiên nhiên hoặc dầu. Mặc dù ethylene là một hormone tự nhiên của cây trồng, nhưng nồng độ (ở mức ppb) của C₂H₄ kéo dài trong nhiều giờ có thể gây hại cây trồng và cây cảnh. Cũng như PAN và ozone, C₂H₄ không phải là chất độc tích lũy, tuy vậy ở mức ppb trong không khí, nhất là không khí tĩnh như nhà kính, C₂H₄ cũng đã có thể gây hại cây trồng. Cà chua và đậu là những cây chỉ thị sinh học rất tốt cho C₂H₄.

2.5.6 Chì và các chất kim loại dạng vết, các chất ô nhiễm hữu cơ

Chì ở dạng hạt, kim loại vi lượng (như cadmium...), và các chất ô nhiễm hữu cơ (như các PAH) có thể tích lũy ở cây mà không gây triệu chứng bị hại. Sự tích lũy này thông qua không khí hoặc đất. Người và thú ăn phải các loại cây này thường bị ảnh hưởng không tốt. Nhiễm độc chì do dùng rượu vang chứa trong các vật chứa bằng chì đã có từ thời đế quốc La Mã. Gần đây việc dùng chì pha vào xăng và chì tích lũy lại trong đất vườn gần các vùng đô thị. Đã có trường hợp gia súc gần nhà máy tái chế bình điện bị ngộ độc chì. Các kim loại và các chất ô nhiễm hữu cơ tích lũy trong cây trồng sẽ làm thay đổi khả năng chịu đựng của cây đối với SO₂. Nói chung, sự tích lũy các chất ô nhiễm trong chuỗi thực phẩm là một vấn đề cần quan tâm trong bảo vệ sức khỏe con người.

Phản ứng của cây đối với không khí chứa nhiều chất ô nhiễm

Khí trời luôn luôn chứa nhiều chất ô nhiễm với nồng độ khác nhau theo thời gian và địa điểm. Khi trong khí trời có một chất ô nhiễm ở nồng độ cao và một cây mẫn cảm tương ứng thì sự thiệt hại cấp tính cho cây trồng sẽ xảy ra. Có khi thiệt hại kinh niên diễn ra nhưng không thấy được thiệt hại cấp tính. Tác động hỗn hợp của nhiều khí ô nhiễm chưa được nghiên cứu nhiều. Hai chất khí ô nhiễm hiện diện cùng lúc có thể làm tăng hoặc giảm độ trầm trọng hay chỉ là bằng tổng cộng của sự thiệt hại tính riêng cho từng chất khí ô nhiễm riêng lẻ. Các tác động hỗn hợp tùy thuộc vào:

- Đặc điểm hóa lý của từng chất khí ô nhiễm trong hỗn hợp
- Trình tự tiếp xúc của cây trồng với chất khí ô nhiễm
- Mối quan hệ giữa thời điểm cây nhạy cảm nhất tiếp xúc với nồng độ cao của chất khí gây ô nhiễm
- Tỷ lệ giữa các khí gây ô nhiễm trong hỗn hợp
- Giai đoạn sinh trưởng của cây
- Các yếu tố môi trường khác

Do tính tác động phức tạp của các hỗn hợp khí ô nhiễm, khó mà tổng quát hóa một cách chính xác tác động tổng hợp.

Đã có nhiều nghiên cứu về tác động của mưa acid lên cây trồng theo cách giả lập, tuy nhiên cách này không tạo được hiệu ứng giống như trong điều kiện tự nhiên, do đó các kết quả nghiên cứu loại này thường bị phê bình về ba mặt sau đây:

- Đặt cây vào một điều kiện acid cao
- Đặt cây vào một điều kiện không giống như mưa acid trong tự nhiên
- Bố trí thí nghiệm để tạo ra kết quả có mức thiệt hại cao

Phản ứng của cây đối với sự thay đổi khí hậu toàn cầu

Sản xuất nông nghiệp tùy thuộc lớn lao vào thời tiết khí hậu, vì vậy sự thay đổi các đặc điểm khí hậu trong đó có tác động của các khí ô nhiễm ảnh hưởng đáng kể đến năng suất thực vật. Do thời tiết khí hậu thay đổi, nông dân thường phải thay đổi cây trồng.

Mặc dù lượng CO_2 gia tăng góp phần chủ yếu gây ra sự ấm lên toàn cầu, trong tầng đối lưu nó cũng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất cây trồng thông qua quá trình quang tổng hợp. Dù các thực vật C_4 (loại cây đồng hóa CO_2 thành các phân tử chất hữu cơ chứa 4 carbon) như bắp, cao lương, kê, mía đường sử dụng CO_2 tốt hơn các thực vật C_3 (loại cây đồng hóa CO_2 thành các phân tử chất hữu cơ chứa 3 carbon) như lúa mì, lúa và hầu hết các loại cây trồng khác, nhưng thực vật C_3 lại hấp thụ nhiều CO_2 hơn trong số lượng CO_2 tăng thêm. Tăng CO_2 trong không khí có khả năng tăng năng suất cây

trồng (>50% ở khoai tây và 30% ở củ xa trục) trong điều kiện các yếu tố môi trường khác không đổi.

Tia tử ngoại B(UV-B) xuống mặt đất nhiều do tầng lớp ozone cũng có ảnh hưởng đến cây trồng nhưng sự ảnh hưởng chưa được nghiên cứu kỹ. Trong cùng một loài, có thứ bị ảnh hưởng nhiều bởi UV-B còn thứ khác thì ít.

Ngày nay người ta biết khá rõ về thiệt hại cây trồng do các chất khí gây ô nhiễm, theo đó sự giảm sinh trưởng và mất năng suất cây trồng đáng quan tâm hơn là các biểu hiện thiệt hại trên bộ lá (trừ hoa kiểng và cây ăn lá). Tuy vậy người ta ít biết về tác động của các chất khí gây ô nhiễm lên chất lượng cây trồng. Tác động của từng chất ô nhiễm được biết đến khá đầy đủ nhưng của hỗn hợp khí thì rất khó nghiên cứu. Đặc biệt nếu còn phối hợp với các yếu tố khác như: vi sinh gây bệnh, côn trùng và các yếu tố môi trường khác.

Ở nhiều quốc gia, tác động của chất ô nhiễm trong không khí lên thực vật được nghiên cứu rất chi tiết. Bảng 9 và 10 nêu ví dụ trường hợp Đài Loan.

Bảng 9 Các nguồn chất ô nhiễm không khí chính tác động đến thực vật tại Đài Loan

Chất ô nhiễm	Nguồn	Cách phát tán	Sản phẩm hình thành	Địa phương	
<i>Sơ cấp</i>					
SO ₂	Hydrogen fluoride	Xưởng gạch ngói	Liên tục	F trong khoáng sét → HF	Hsinchu, Miaoli, Changhua, Kaohsiung
		Xưởng đồ gốm	Liên tục	F trong nguyên liệu thô → HF	Taipei, Hsinchu, Miaoli
		Nhà máy sản xuất phân lân	Liên tục	Fluorapatite + H ₂ SO ₄ → HF	Hsinchu, Miaoli, Kaohsiung
		Nhà máy lọc dầu	Thỉnh thoảng	H ₂ S + O ₂ → SO ₂	Taoyuan, Kaohsiung
		Nhà máy acid sulfuric	Thỉnh thoảng	S + O ₂ → SO ₂	Taoyuan, Miaoli, Kaohsiung
		Nồi hơi đun dầu	Liên tục	S trong dầu + O ₂ → SO ₂	Taoyuan, Hsinchu, Kaohsiung
		Nhà máy điện chạy dầu	Liên tục	S trong dầu + O ₂ → SO ₂	Taipei
		Nhà máy điện chạy than	Liên tục	S trong than + O ₂ → SO ₂	Taipei
Chlorine	Lò nấu đồng	Liên tục	Cu ₃ FeS ₄ + O ₂ → SO ₂	Taipei	
	Xưởng sản xuất vinyl chloride	Thỉnh thoảng	Cl ₂ rò rỉ	Miaoli, Kaohsiung	
	Xưởng sản xuất	Thỉnh thoảng	Cl ₂ rò rỉ	Miaoli,	

Hydrogen chloride	Chlor Xưởng sản xuất vinyl chloride	Thỉnh thoảng	$C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow HCl_m + VCM$	Kaohsiung Miaoli, Kaohsiung
Ammonia	Xưởng đông lạnh	Thỉnh thoảng	NH_3 rò rỉ	Taoyuan, Kaohsiung
	Xưởng phân bón	Thỉnh thoảng	NH_3 rò rỉ	Hsinchu, Miaoli, Kaohsiung
Bụi xi măng	Xưởng xi măng	Liên tục	Bụi lò	Ilan, Hualien, Kaohsiung
Thứ cấp				
Ozone		Theo chu kỳ	$NO_x + HC \rightarrow O_3$	Tapei, Taichung
Peroxyacetyl nitrate		Theo chu kỳ	$HC + NO_x \rightarrow PAN$	Tapei, Taichung, Kaohsiung

Nguồn: En-Jang Sun, National Taiwan University (1994).

Bảng 10 Nồng độ Fluoride trong mô thực vật thu thập từ vùng ô nhiễm và không ô nhiễm tại Đài Loan

Loại mô lá	Nồng độ F (µg/g)		Đối chứng ^b
	Phần lá bị chết hoại ^a	Phần lá nguyên vẹn	
Lúa (<i>Oryza sativa</i>)			
Lá bị hại nhẹ	460	120	10
Lá bị hại nặng	1,280	220	10
Lá gốc bị hại	3,950	920	15
Hạt non bị hại	...	110	6
Hạt bị hại	...	20	3
Lá chuối (<i>Musa sapientum</i>)	750	90	4
Lá khoai lang (<i>Ipomea batatas</i>)	570	230	9
Lá sung (<i>Ficus religiosa</i>)	1,180	440	7
Lá khuynh diệp (<i>Eucalyptus robusta</i>)	1,030	580	7
Lá Tre (<i>Bambusa multiplex</i>)	1,100	580	10
Cuống lá tràm (<i>Acacia confusa</i>)	670	170	6
Lá ổi (<i>Psidium guajava</i>)	450	190	10

Lá cây bông búp (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	...	1,030	7
--	-----	-------	---

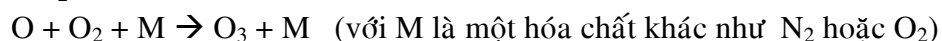
- a Thường là vùng bìu hoặc ngọn lá
- b Vùng lá tương ứng ở cây lành mạnh

Nguồn: *En-Jang Sun, National Taiwan University (1994).*

Việc hiểu rõ các tác động phức tạp và bất lợi của những chất gây ô nhiễm không khí rất cần thiết cho kế hoạch sản xuất nông nghiệp.

2.6 Ảnh hưởng của chất ô nhiễm không khí lên lớp ozone và khí hậu toàn cầu

Tuy ở lớp khí quyển thấp, ozone là một chất ô nhiễm tác hại đến con người và cây trồng, ở tầng bình lưu, lớp ozone lại bảo vệ đời sống trên mặt đất bằng cách lược bớt 99% tia tử ngoại tai hại của mặt trời. Khoảng 90% lượng ozone của địa cầu nằm trong tầng bình lưu. Trong tầng đối lưu, nồng độ ozone tăng theo độ cao. Đôi khi ozone ở phần dưới tầng bình lưu xâm nhập vào phần trên tầng đối lưu do các thay đổi về khí tượng. Trong tầng đối lưu, ozone còn có thể được sinh ra từ NO_2 có nguồn gốc từ khói xe. NO_2 bị quang phân giải tạo ra ozone



Ozone là một chất dễ phản ứng và kém bền nhưng trong tầng bình lưu có áp suất thấp (0,1 – 0,001 atm) thì nó lại bền vững.

Các nhà khoa học lo ngại rằng CFC (chlorofluorocarbon), có tên thương mại là Freon, làm giảm dần lượng ozone. CFC là một nhóm chất không độc, không cháy và giá rẻ. Từ 1955 các hóa chất này được dùng rộng rãi như là chất đẩy trong các bình phun aerosol, chất làm lạnh trong tủ lạnh và máy điều hòa không khí, styrofoam trong các tấm xốp chất dẻo để đệm cách nhiệt trong nhà, để giữ ấm cà phê và thức ăn, để độn vào thùng vận chuyển các sản phẩm dễ vỡ.

CFC thoát ra từ các chất này đi vào khí quyển và có thể tồn tại 110 năm. Qua nhiều thập niên tích lũy ở tầng bình lưu, chúng bị phân rã do tác động của UV, phóng thích ra clo, chất clo sẽ thúc đẩy mạnh sự phân hủy ozone thành khí oxygen. Khoảng 95% CFC phóng thích vào không gian trong khoảng thời gian từ 1955 đến 1987 vẫn tiếp tục xâm nhập vào tầng bình lưu.

Từ 1978 CFC đã bị cấm dùng ở Mỹ, Canada và các nước Thụy Điển, Na Uy, Đan Mạch. Dựa vào các mô hình lý thuyết về các phản ứng hóa học xảy ra ở tầng bình lưu, các nhà khoa học đã có một sự thống nhất ý kiến cho rằng lượng ozone sẽ giảm 3-5% trong vòng 100 năm tới mặc dù Cơ quan Hàng không Quốc Gia và Quản lý Vũ trụ Hoa Kỳ cho rằng vào năm 2050 ozone sẽ bị kiệt mất 10%. Ảnh vệ tinh cho thấy các lỗ thủng tầng ozone ở lớp tĩnh cầu xuất hiện từ 1983 ở Nam cực vào tháng 9 và tháng 10 hàng năm, kích thước lỗ to bằng nước Mỹ.

Khi lớp ozone mỏng đi tia cực tím chiếu đến mặt đất nhiều hơn và gây ung thư da. Người ta ước đoán rằng tăng 5% tia tử ngoại sẽ làm tăng thêm 940.000 trường hợp ung thư da lành tính và 30.000 trường hợp ung thư ác tính.

Để bảo vệ tầng ozone, 33 nước sản xuất CFC đã đồng ý giảm sản xuất 20% vào năm 1992 và 30% nữa vào năm 1995. Các chất thay thế CFC đắt hơn 5-10 lần nhưng lợi ích của việc bảo vệ tầng ozone lớn hơn nhiều so với mức tăng chi phí.

2.7 Hiệu ứng nhà kính, thủng tầng ozone và thay đổi khí hậu toàn cầu ảnh hưởng đến nông nghiệp

Nhiệt độ trái đất cân bằng do lượng bức xạ đi vào mặt đất ban ngày bằng lượng bức xạ đi ra không gian vào ban đêm. Các loại khí CO₂, hơi nước, vết của khí ozone, methane, N₂O và CFC (chloro fluoro carbon) là những chất đóng vai trò chính trong quá trình đều hòa nhiệt độ kể trên. Chúng được gọi là khí nhà kính, có tác dụng giống như lớp kính của một nhà kính, chúng để ánh sáng trông thấy của mặt trời đi qua nhưng ngăn bức xạ nhiệt cùng bức xạ tử ngoại đi vào không gian mà đẩy ngược trở lại về mặt đất. Lượng khí này gia tăng làm cản trở các loại bức xạ đi ra không gian và làm trái đất nóng lên.

Từ 1860 đến 1986 mức độ trung bình của CO₂ trong khí quyển tăng từ 275 đến 346 ppm (26%). Sự gia tăng này là do đốt các địa khai khắp thế giới. Sự phá rừng, đặc biệt là vùng rừng mưa nhiệt đới, cũng làm tăng lượng CO₂ do cây cối bị giảm quá nhiều không đủ để hấp thu bớt CO₂ trong khí quyển qua quá trình quang hợp. Mô hình toán cho biết nồng độ CO₂ tăng gấp đôi từ 275 ppm đến 550 ppm sẽ làm tăng nhiệt độ khoảng 4°C. Dựa vào lượng nhiên liệu địa khai sử dụng thì đến khoảng năm 2040 đến 2100 sẽ đạt nồng độ 550 ppm. Tuy nhiên, việc ấm lên 4°C sẽ xảy ra sớm hơn: vào khoảng 2010 đến 2050 nếu nồng độ của các khí nhà kính khác tiếp tục gia tăng theo tốc độ hiện nay. Các khí này được ghi ở Bảng 8.

Bảng 8 Các khí nhà kính

Loại khí	Tỉ lệ	Nguồn gốc
CO ₂	50%	Đốt nhiên liệu địa khai Đốt rừng
CH ₄	18%	Canh tác lúa nước Nuôi súc vật Các bãi rác
CFC	14%	Các chất trong bình phun Chất làm lạnh trong tủ lạnh (một phân tử CFC giữ nhiệt cao hơn 10.000 lần phân tử CO ₂)
N ₂ O	6%	Khói xe Nhà máy phát điện Hoạt động nông nghiệp
O ₃ (tầng thấp)	12%	Do HC từ khói xe kết hợp với N ₂ O (độc cho động và thực vật)

Hậu quả của việc thay đổi thời tiết thế giới

Sự thay đổi thời tiết thế giới sẽ làm biến đổi rất nhiều quá trình trên trái đất. Quan trọng nhất trong số những thay đổi này là sự gia tăng mực nước biển. Các mô hình hiện nay cho biết nếu nhiệt độ tăng 4oC thì mực nước biển sẽ tăng 0,6 m. Mức tăng này sẽ làm ngập các khu vực nông nghiệp thấp và những vùng châu thổ ở Bangladesh, Ấn độ và Trung Quốc, nơi sản xuất ra phần lớn lúa gạo của thế giới.

Để ngăn chặn sự ấm toàn cầu, có hai biện pháp chính: làm chậm quá trình này và điều chỉnh các hậu quả của chúng:

- Cấm sản xuất và sử dụng CFC
- Giảm sử dụng năng lượng địa khai, đặc biệt là than vì lượng CO₂ thải ra trên đơn vị trọng lượng là cao nhất.
- Dùng các công cụ thích hợp để loại bỏ CO₂ xả ra từ các nhà máy và xe cộ. Các phương pháp hiện nay chỉ loại bỏ được khoảng 30% CO₂ và khá tốn kém.
- Tạo ra các giống cây trồng chịu ngập và mặn để thích ứng với mực nước biển dâng cao.
- Cải tiến phương pháp tưới để lượng nước sử dụng tiết kiệm nhất
- Củng cố hệ thống đê
- An toàn thực phẩm

2.8 Các biện pháp khống chế ô nhiễm không khí

Có hai biện pháp khống chế chính:

Khống chế đầu vào: ngăn ngừa hoặc làm giảm độ trầm trọng của chất ô nhiễm, cách này ít tốn kém

Khống chế đầu ra: giải quyết hậu quả khi chất ô nhiễm lọt vào môi trường, cách này khá tốn kém

Khống chế ô nhiễm SO₂

Khống chế đầu vào

- Đốt loại than chứa ít sulfur
- Loại bỏ sulfur ra khỏi than
- Chuyển đổi than thành khí hoặc nhiên liệu lỏng
- Loại bỏ sulfur trong quá trình đốt bằng kỹ thuật tháp đốt
- Loại bỏ sulfur trong quá trình đốt bằng kỹ thuật đốt phun vôi

Khống chế đầu ra

- Sử dụng ống khói cao (60- 375 m)
- Loại bỏ chất ô nhiễm sau khi đốt bằng các kỹ thuật khử sulfur khác nhau
- Tăng thuế trên đơn vị khí xả
- Thêm vôi hoặc đá vôi nghiền vào các vùng đất bị acid hóa để trung hòa

Khống chế ô nhiễm do NO_x

Khống chế đầu vào

- Loại bỏ các oxid nitơ trong tháp đốt
- Giảm nhiệt độ đốt

Khống chế đầu ra

- Dùng ống xả khói cao
- Tăng thuế trên đơn vị khí xả
- Đốt trở lại ở nhiệt độ thấp hơn
- Cho khí xả tác dụng với acid isocyanic (HCNO)

Khống chế các hạt bụi lơ lửng

Khống chế đầu vào

- Chuyển hóa than thành thể khí hoặc thành thể lỏng

Khống chế đầu ra

- Dùng ống khói cao
- Tăng thuế trên đơn vị khí xả
- Loại bỏ hạt bụi ở khí xả ra đầu ống khói (bằng Electro Static Precipitator)

Khống chế khói xả từ xe cộ

Khống chế đầu vào

- Chuyển sang dùng các phương tiện vận chuyển công cộng
- Chuyển sang dùng các động cơ ít gây ô nhiễm
- Chuyển sang các nhiên liệu ít gây ô nhiễm (khí thiên nhiên, rượu, H₂)
- Tăng gia hiệu năng dùng nhiên liệu
- Cải tiến các động cơ đốt trong để giảm khí xả

Khống chế đầu ra

- Dùng các công cụ khống chế khí xả
- Kiểm tra xe mỗi năm hai lần và gia tăng tiền phạt

Tài liệu tham khảo

MacKenzie, J.J. và Mohamed T. El-Ashry, 1988, *Ill Winds: Airborne Pollution's Toll on Trees and Crops*. World Resources Institute.

Evaluation and Information Service for Food, Agriculture and Forestry, 1989, *Forest Damage due to Air Pollution*. Germany

Krupa, S. V., 1997. *Air Pollution, People, and Plants, An Introduction*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Raven, H. R., Berg, L. R. và G. B. Johnson, 1997, *Environment*. Second Edition. Harcourt Brace College Publishing, USA.

Kupchella, C. E. và M.C. Hyland, *Environmental Science, Living within the System of Nature*, Third Edition, 1993, Prentice-Hall International, Inc., USA.

Miller G.T., *Environmental Science, An Introduction*, Second Edition, Wadsworth Publishing Company, USA.

Kackson A.R.W. và J.M. Jackson, 2000, *Environmental Science, The Natural Environment and Human Impact*, Second Edition, Prentice Hall Publisher, USA.

Cunningham, W.P. và B.W. Saigo, 1999, *Environmental Science*, Fifth Edition, McGraw-Hill, USA.

Sun En-Jang, 1994, Air Pollution Injuries to Vegetation in Taiwan, *Plant Diseases*, Vol. 78, No. 5.