

HAVA KİRLİLİĞİNİN BİTKİLER ÜZERİNE DOĞRUDAN VE DOLAYLI ETKİLERİ

Prof. Dr. Doğan KANTARCI

İ.Ü. Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Katı tanecikler ($0.05-20$), gazlar, buharlar ile bunlardan oluşan fotokimyasal pus (smog), asit yağışlar (yağmur, sis, kırağı, kar) ve kotooksidasyon ürünleri PAN (Poroksiasetilnitrat), ozon (O_3) vb. maddeler havayı kirletmektedirler. Bu maddeler bitki yapraklarına ya doğrudan (temas) yolu ile zarar vermekte, yahut yapraktaki solunum gözeneklerinin kapakçıklarının (stoma kapakçıkları) açılıp kapanmasını önlemekte (devamlı terleme ile su kaybı), yahut solunum başlıklarına gerek CO_2 'in özümlemesi olayına karışmakta (CO_2 ile karbonhidrat sentezi, SO_2 ile $H_2SO_3 \rightarrow H_2SO_4$ sentezi) ve asit sentezine sebep olmaktadır. Bütün bu zararlara açık olan bitki yaprakları zarar görmekte, kurumakta, bitki de ölmektedir. Yağışlarla toprağa ulaşan hava kirleticiler, toprağın katyonlarının yıkanmasına ve toprağın asitleşmesine sebep olmaktadır. Toprak mikroflorası ve mikrofaunası bu zararlı kirli hava ile asitleşmiş ve kirlenmiş yağışlardan olumsuz olarak etkilenmektedir. Bitkilerin kökleri de asitleşmiş, ağır-metallerce ve zehirli iyonlarla (Al^{+3}) zenginleşmiş toprak suyundan olumsuz olarak etkilenmektedir. Hava kirliliğinin bitkiler üzerindeki doğrudan olumsuz etkileri yanında, toprak kirliliği dolayısı ile de olumsuz etkileri üzerinde önemle durmak gerekmektedir.

1. Giriş

Havayı kirletici maddelerin bitkilere etkisi çok yönlü ve çok çeşitlidir. Konuyu bütünü ile kavramak ve anlatmak henüz pek mümkün olamamıştır. Hava kirliliğini yaratan her bir maddenin sadece kendi etkisi, bir diğer madde ile birlikte etkisi veya birçok hava kirleticinin bir arada etkileri bitki yaprağı üzerinde farklı nitelikte ve şiddette etkilenmelere, yol açmaktadır. Bitki yaprağı üzerinde yoğunlaşmış olan araştırmaların her birinin sonucu yeni araştırmaların sağlayacağı bilgileri gerektirmektedir. Toprak üzerindeki hava-su ve toprak kirleticilerin etkisi geliştikçe bitki üzerindeki olumsuz etkiler daha çok değişkenlik kazanmaktadır. Bu defa sadece kök-yaprak (toprak-hava-su) ilişkilerinin yanı sıra bitkinin ürün kalitesi ve miktarı (orman ağaçlarında odun verimi ve odunun niteliği) de işin içine karışmaktadır. Bütün bu etkileyici maddeleri, etkilenmeleri ve sonuçlarını bir arada sunmak için bilgilerimiz de oldukça sınırlıdır. Hava kirliliğinden, dolayısı ile bundan kaynaklanan su ve toprak kirliliğinden ötürü bitkiler üzerindeki olumsuz etkiler geniş alanlarda ve çok belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Bilimin sınırlarını zorlamadan hava kirliliğinin bitkilere etkileri mevcut bilgilerimizle kurabildiğimiz sebep-sonuç ilişkileri ile aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

2. Hava Kirleticiler

Hava kirleticileri; katı maddeler, gazlar-buharlar-sıvılar ve fotokimyasal pus (smog) olarak üç grupta toplamak ve incelemek mümkündür.

2.1. Havayı Kirleten Katı Maddeler

Hava kirliliğini yaratan katı maddeler çapları $0.05-20$ mikron arasında olan ve havada asılı olarak bulunabilen taneciklerdir. Bunların arasında tozboyutu ($0.2-2$ mikron), kil boyutu ($0 < 2$ mikron) gibi topraktan vb. yüzlerden gelen katı maddeler bulunduğu gibi uçucu küllerden (kömür külleri vb.) ve sanayi bacı vd. atıklarından kaynaklanan Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb vd. elementler veya bunların birleşikleri ile radyoaktif tozlar (linyit kömürü küllerinden vd.), fosil yakıtların tam Anmamasından kaynaklanan is (hidrokarbonlar, C ve H kökleri) de bulunmaktadır.

2.2. Havayı Kirleten Gazlar-Buharlar ve Sıvılar

Tam yanmayan her organik madde havayı çıkardığı is ve CO ile kirletir. Ancak, özellikle fosil yakıtların tam yanması ile çıkan gazlar ve tozlar da havayı kirletmektedir. Fosil yakıtlardan çıkan gazlar (CO , CO_2 , SO_2 , NO_x ,

CH, H₂S) ile kimya sanayiinden gelen (F ve C1 vd.) gazlar çok yoğun hava kirleticileridir. (1)

Havaya verilen C1 ve NO_x gazları ozonu (O₃) parçalanması yeryüzünden 20-25 km yükseklikte en yoğun olarak bulunan ozon tabakasının incelmeye ve delinmesine yol açmaktadır (17000-25000 m yükseklikteki hava ulaşımı) (2).

Havadaki nemin yoğunlaşması (soğuma sonucunda) kirlenmiş gazların ve buhar halindeki kirlenmişlerin şebnem, sis, yağmur, kırağı, kar içinde bitki, toprak, vd. yüzeylere inmesine sebep olmaktadır. Sıvı veya kar haline dönüşmüş hava nemi bir yandan asit yağışlara sebep olurken, havadaki asılı katı maddeleri de bitki ve toprak yüzeyine indirmektedir (Bkz. Tablo 1, 2, 3,).

| TABLO 1. İstanbul ve yakın çevresinde yağmur suyu reaksiyonları (Kış 1986) | | | | |
|---|----------------------|-----------------|-------------------------------|--|
| 1985-1986 Kış ölçmeleri | | | | |
| Rüzgar Yönü | Rumeli Feneri | Bahçeköy | Çobançeşme (Havaalanı) | |
| Kuzey | 4.2-5.3 | 4.2-4.7 | 6.2-6.5 | |
| Güney | 6.0-6.8 | 6.0-6.8 | 4.2-4.6 | |
| <i>Kaynak : KANTARCI, M.D.1986'dan özetlenmiştir.</i> | | | | |

| BELGRAD ORMANI | YIL | 1990-1991 | 1991 | 1992 | 1992 |
|--|--------------------|-------------------|---------|------------|---------|
| | AYLAR | XI-XII-I-V-XI-XII | VI-IX | I-V-XI-XII | VI-IX |
| METEOROLOJİ İST.YANI | 3.8-6.6 | 4.0-8.7 | 4.1-6.7 | 5.8-8.7 | |
| AÇIK ALANDA | ATATÜRK ARBÖRETUMU | 3.8-6.0 | 5.6-7.4 | 4.3-6.8 | 5.9-8.3 |
| MEŞE ORMANI | 3.4-6.8 | 5.0-6.8 | 3.7-7.1 | 4.9-7.6 | |
| ORMAN ALTINDA | KAYIN ORMANI | 3.6-6.8 | 5.2-6.7 | 3.7-6.6 | 5.5-6.4 |
| KARAÇAM ORMANI | 3.0-6.6 | 4.8-6.8 | 3.1-6.3 | 4.8-6.5 | |
| İZMİT ÇEVRESİ | YIL | 1990-1991 | 1991 | 1992 | 1992 |
| | AYLAR | XII-I-V-XI-XII | VI-IX | I-V-XI-XII | VI-IX |
| ORMAN ALTINDA | KAVAKLIK | 2.6-8.3 | 5.7-9.1 | 5.7-7.8 | 4.9-7.8 |
| KARAÇAM | 2.6-7.2 | 5.7-7.6 | 4.1-8.3 | 4.4-5.6 | |
| <i>Kaynak : ÇEPER, N. E.ERUZ- Ö. KARA ÖZ 1993.</i> | | | | | |

Bkz: 2

TABLO 2. Türkiye'de kar reaksiyonları

| BOLU-ALADAĞ KÖROĞLU DAĞLARI | | | | | KÖROĞLU DAĞLARI | | | |
|--|--------------------------------------|--|---------|---------|------------------------|-----------------|-------------------------------|---------|
| MEVKİ | ALADAĞ KUZEY YAMAĞI | | | | ALADAĞ DORUK | SARIALAN BOĞAZI | KARTALKAYA KUZEY YAMAĞI DORUK | |
| YÜKSELTI m. | 900 | 1000 | 1300 | 1500 | 1600 | 1600 | 1700 | 2000 |
| YIL 1991 MART | | 4.3-5.0 | | 4.3-5.8 | 4.4-5.3 | 3.4-3.5 | 4.5-4.9 | 4.7-5.4 |
| 1992 MART | 3.4-5.6 | 4.3-6.8 | 3.9-4.7 | | 3.8-4.6 | 4.0-5. | 3.4-5.2 | 3.6-4.9 |
| DAL YOSUNLARI (ASIT SIS ETKİSİ) | | 3.8 | | 3.7 | 3.7 | 3.6 | 3.7 | |
| SAMANLI DAĞLAR | | | | | | | | |
| MEVKİ | KELTEPE KUZEY YAMAĞI | | | | | | | |
| YÜKSELTI m | 900 | 1000 | | | | | | |
| YIL 1991 MART | 5.6-5.8 | 4.8-6.0 | | | | | | |
| DAL YOSUNLARI | 3.9 | 3.6-3.9 | | | | | | |
| ULUDAĞ (KUZEY YAMAĞ) | | | | | | | | |
| MEVKİ | KIRAZLI YAYLA TELEVİZYON KULESİ | | | | | | | |
| YÜKSELTI m. | 1630 | 1640 | 1750 | 1800 | | | | |
| YIL 1991 ŞUBAT | 5.0-5.6 | 4.8-6.1 | 4.3-5.8 | 4.5-5.7 | | | | |
| DAL YOSUNLARI | | 3.7 | | 3.8 | | | | |
| BEYDAĞLARI (BATI TOSOLAR) (KUZEY YAMAĞ) | | | | | | | | |
| MEVKİ | KARTALSIVRISI (ELMALI-KUMLUCA ARASI) | | | | | | | |
| YÜKSELTI m. | 2600 | | | | | | | |
| YIL 1991 NISAN | 6.3-7.3 | (Çıplak kayalıklardan gelen CaCO ₃ tozun etkisi ile 7.3 PH) | | | | | | |
| DAL YOSUNLARI | 4.1 | (1700 m'de sedir ormanında) | | | | | | |

Kaynak : KANTARCI, M.D.1992

TABLO 4. Zehirli gazlara karşı bitkilerin hassasiyet dereceleri

(Üst sınır değerler mikrogram/m³ hava)

| HASSASİYET DERECE | SO ₂ | | NO ₂ | | GÜNLÜK | HF | |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|--------|-------|---------------|
| | 30 DAKİKA İÇİN | BÜYÜME DÖNEMİ | 30 DAKİKA İÇİN | BÜYÜME DÖNEMİ | | AYLIK | BÜYÜME DÖNEMİ |
| I ÇOK HASSAS BİTKİLER | 250 | 50 | 6000 | 350 | 2.0 | 0.4 | 0.3 |
| II HASSAS BİTKİLER | 400 | 80 | | | 3.0 | 0.8 | 0.5 |
| III AZ HASSAS BİTKİLER | 600 | 120 | | | 4.0 | 2. | 1.0 |

Kaynak : Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Richtlinie 2310-1978 Bl?4 NO₂.

TABLO 5. Çeşitli bitki türlerinin zehirli gazlara karşı dayanma sınırları

| | SO ₂ | NO ₂ | HF | HCl |
|---|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 1. ORMAN AĞAÇLARI | | | | |
| LADİN (<i>Picea occidentalis</i> ve <i>P. orientalis</i>) | I | II | I | - |
| GÖKNAR (<i>Abies</i> sp.) | I | II | I | - |
| SARIÇAM (<i>Pinus sylvestris</i>) | II | III | II | - |
| MELEZ (<i>Larix decidua</i>) | II | I | II | - |
| GÜRGEN (<i>Carpinus betulus</i>) | II | III | II | - |
| KAYIN (<i>Fagus sylvatica</i> ve <i>F. orientalis</i>) | II | III | II | - |
| MEŞE (<i>Quercus</i> sp.) | III | III | III | - |
| 2. TAHILLAR | | | | |
| BUĞDAY (<i>Triticum aestivum</i>) | II | II | III | - |
| YULAF (<i>Avena sativa</i>) | II | I | III | II |
| ARPA (<i>Hodeum vulgare</i>) | II | I | III | - |
| ÇAVDAR (<i>Secale creale</i>) | II | II | III | II |
| MISIR (<i>Zea mais</i>) | III | II | II | - |
| 3. SEBZELER | | | | |
| SOĞAN (<i>Allium cepa</i>) | - | III | I | - |
| ÇALI FASULYESİ (<i>Phaseolus vulgaris</i> var <i>nanus</i>) | - | - | I | I |
| BEZELYE (<i>Pisum sativum</i>) | - | I | II | - |
| BAKLA (<i>Vicia faba</i>) | - | II | II | I |
| DOMATES (<i>Lycopersicon lycopersicum</i>) | III | II | III | II |
| SALATALIK (<i>Lactuca sativa</i>) (Marul) | - | I | - | I |
| HAVUÇ (<i>Daucus carota</i>) | - | I | - | - |
| KEREVİZ (<i>Apium graveoloens</i> var. <i>rapaceum</i>) | - | II | - | - |
| HARDAL (<i>Sinopsis alba</i>) | - | I | - | - |
| PATATES (<i>Solanum tuberosum</i>) | III | II | III | - |
| YEŞİL LAHANA (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i>) | III | III | III | III |
| BEYAZ LAHANA (" " <i>alba</i>) | III | III | III | - |
| KIRMIZI LAHANA (" " <i>rubra</i>) | II | III | III | - |
| ALABAŞ LAHANA (" " <i>gngylades</i>) | III | III | III | - |
| KIRMIZI TURP (<i>Raphanus sativus</i> var. <i>sativus</i>) | - | - | - | I |
| BAYIR TURPU (<i>Raphanus sativus</i>) | - | - | - | I |
| KIRMIZI PANCAR (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>conditiva</i>) | III | - | III | III |
| 4. DİĞER TARIM BİTKİLERİ | | | | |
| ŞEKER PANCARI (<i>Beta vulgaris</i>) | II | - | III | - |
| TÜTÜN (<i>Nicotiana tabacum</i>) | - | I | - | III |
| 5. YEM BİTKİLERİ | | | | |
| ACI BAKLA (<i>Lupinus angustifolius</i>) | - | I | - | I |
| YONCA (<i>Medicago sativa</i>) | I | I | II | - |
| YONCA (<i>Trifolium incarnatum</i>) | I | I | II | - |
| (<i>Vicia sativa</i>) | - | I | II | - |
| RABİSA | II | - | - | - |
| 6. MEYVELER | | | | |
| ASMA (ÜZÜM ASMASI) | II | - | II | - |

Kaynakça: Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Richtlinie 2310-1978 Geissler, G. 1988 (Kloka, A. 1978'e göre).

2.3. Fotokimyasal Pus (Smog) ve Fotooksitlenme

Pus doğal olarak havadaki toz ile subuharının karışımı olup, güneş ışınları bu karışımda kısmen yansımakta ve puslanma gözle fark edilmektedir. Havayı kirletici gazların ve taneciklerin subuharı ile birlikte havada yoğunlaşması da pus oluşumudur. Güneş ışınlarının (özellikle $\lambda = 3000 \text{ \AA}$ morötesi) bu kimyasal karışımın pus içinde yansıması SO₂ ve NO_x moleküllerinin aktifleşmesine, böylece O₂ molekülleri ile yükseltgenme reaksiyonlarına ve O₃ oluşumuna sebep olmaktadır 1). Ozon pus içindeki organik kökler

3. Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerine Doğrudan Etkileri

Hava kirliliği bitkilerin yapraklarına, toprak ve toprak suyu vasıtası ile köklerine ve meyveleri ile gövdeyi oluşturan hücre dokularına (ağaçlarda oduna) olumsuz veya öldürücü etkiler yapmaktadır.

3.1. Hava Kirliliğinin Yapraklara Etkisi

Havada kirlilik yaratan maddeler bitki yapraklarının yüzeyine temas ile, yapraktaki solunum gözeneklerinin kapakçıklarını tıkayarak, solunum gözeneklerinden içeri girip karbondioksit özümlemesine katılarak olumsuz etkiler yapmaktadırlar.

3.1.1. Yaprak Yüzeyine Temas İle Oluşan Zararlı Etkiler

Yaprak yüzeyine temas ile oluşan zararlar katı madde tanecikleri ve gazların kuru veya nemli-ıslak birikiminin sonucunda ortaya çıkmaktadır (Tablo 6).

Tozlar kısa mesafede çökenler ($\theta < 10$ mikron) ve daha uzak mesafelere taşınabilenler (uçan tozlar $\theta < 10$ mikron) asit veya alkali nitelikli, ağır metaller (Cd, Cu, Ni, Hg) veya radyoaktif içerikli olarak sınıflandırılabilirler. Kuru durumda yaprak yüzeyinde biriken tozlar şu zararlara sebep olurlar :

(1) Yaprak yüzeyinde biriken tozlar (toz veya kabuklaşmış toz) güneş ışınlarını geri yansıtıkları için fotosentez olayını (fiziksel olarak) geriletirler.

(2) Kuru havada yaprak yüzeyine konan CaO tanecikleri özellikle kaba dokulu yaprakların terlemesi esnasında çıkardığı subuharı ile birleşerek Ca(OH)₂'e dönüşürler. Bu arada çıkan ısı ile yaprak yüzeyinin kavrulmasına ve zarar görmesine sebep olurlar, (çimento fabrikası etkisi).

3) Tozlar yaprak yüzeyindeki solunum gözeneklerinin (stoma) kapakçıklarının çevresine yerleşerek onların çalışmasını önlerler. Hava kurduğunda (öğle vakti) kapanamayan kapakçıklardan terleme devam eder. Bitki yaprağı devamlı ve aşırı su kaybından (kuraklık etkisi) zarar görür veya kurur (Şehir içi parklar, yol kenarları, orman kenarlarında daha belirgin görülür).

Nemli veya ıslak durumda (sis-çiğ-kırağı ile) yaprak yüzeyine biriken tozlar yukarıda sayıları zararlara ek olarak kimyasal özellikleri ile de (asit etkisi gibi) yaprak yüzeyine zarar verirler (Tablo 6).

Bkz: 6

TABLO 6. Havayı Kirlenici Maddeler, Bitkilere Etkileri Ve Sonuçları

| MADDELER | ÖZELLİKLERİ | ETKİ ŞEKLİ | |
|--|-------------------------|---|---|
| Tozlar | Asit Nitelikli | Yaprak Yüzeyinde Birikim | $SO_2+H_2O \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow H_2SO_4$ |
| | Alkali Nitelikli | Güneş Işıklarının Geri Yansıtılması | $CaO+H_2O \rightarrow CaOH_2+Isı$ |
| Çöken $\varnothing > 10\mu$ | Radyoaktif Metaller | Solunum Gözeneklerinin Tıkanması | Solunum Ve Terlemede (Transp.) |
| Uçan $\varnothing < 10\mu$ | Ağır metaller | Solunum Kapakçıklarının Açık Kalması | Dengesizlik Aşırı Su Kaybı Kuraklığa Dayanaksızlık |
| Gazlar | Fotokimyasal Pus (Smog) | | |
| | Kirli Hava | SO_2 ve NO_2 gazlarının CO_2 gibi Özümlemesi | Özümlemede Azalma Solunum İçin Yetersizlik $C_6H_{12}O_6$ üretimi |
| Karbonmonoksit (Co) | | | $C_6H_{12}O_6$ yerine H_2SO_4 ve HNO_3 |
| Metan (CH_4) | Asit Yağmur | Temas İle Asit Etkisi | Sentezi Ve Klorofilin Tahribi |
| Hidrokarbonlar (C_xH_y) | Asit Sis | Su Damlasının Buharlaşması İle | Don Etkisine Dayanaksızlık |
| Azot Oksitler (NO_x) | Asit Çiğ | Yaprak Yüzeyinde Asit | Asit Yanıkları |
| Kükürtdioksit (SO_2) | Asit Kıracağı | Yoğunlaşması | Zehirlenme |
| Klorürlü | Asit Kar | | |
| Hidrokarbonlar ($CHCl_3$) | | | |
| Flor (F) | | Topraktaki Katyonların Yıkanması | Mantar Gelişimi Ve Mantar Misellerinin Solunum |
| Hidrojenflorür (Hf) | | Asit Humus Oluşumu | Gözeneklerini (Stoma) Tıkaması |
| Klor (Cl) | | Toprak Reaksiyonunun Asitleşmesi | Bitki Beslenmesinde Aksamalar |
| Hidrojenklorür (HCl) | | Kil Minerallerinin Tahribi | Bitkilerin Gövde-yaprak Ve Meyvalarında Ağır Metal Ve |
| Ozon (O_3) | | Al^{+++} Serbest Kalması (Zehir Etkisi) | Radyoaktif Metal Birikimi |
| Peroksitler ve Pan (Peroksiasetilnitrat) | | Mikroorganizma Faaliyetinin Aksaması (Ayrışmanın Duraklaması) | Üretimde Azalma Veya Ölümlü |
| | | Ağır Metaller Ve Radyoaktif Metaller İle Kirlenme | |

gaz halindeki hidrokarbonlar: ETİN C_2H_2 ETEN C_2H_4 ETAN C_2H_6
(İyi yanmamış yakıt artığı)

Yaprak yüzeyine yapışan asit sis, asit çığ, asit kıracağı gibi su molekülleri gündüz buharlaştıklarında içerdikleri asit (H_2SO_4 v.d.) yaprak yüzeyinde kalır ve asit yanıklarına sebep olur (sarı nokralar). Yaprak yüzeyinde asit sis, çığ birikimi (nemli ve sıcak mevsimlerde) mantarların gelişmesi için uygun ortam sağlar. Böylece dolaylı olarak mantar zararları ortaya çıkar.) (Tablo 6).

3.1.2. Kükürtdioksit (SO_2) ve Zararları

Zararlı gazların en önemlisi kükürtdioksittir (SO_2). Kükürtdioksitin molekül ağırlığı 64 g olup ($CO_2 = 48$ g), havanın nemine ve sıcaklığına göre 2-5 gün atmosferde kalabilir. Rüzgarların etkisi ile ülkeler arası ve kıtalar arası taşınabilmekte hava nime ile H_2SO_3 ve H_2SO_4 'e dönüşmektedir. Nemli havada SO_3-2 ile SO_4-2 5-8 gün atmosferlerde kalabilmekte ve 1000 km uzağa taşınabilmektedirler. Böylece sanayileşmemiş veya sanayiden uzak olan yerlerde dahi asit yağışlar oluşmaktadır (Tablo 1 ve 2). Kükürtdioksit asit sis ve çığ içinde yağmurdan daha fazla bulunmaktadır (Tablo 3). Bunun sebebi yaprak üstünde yağışsız günlerde kuru olarak birikmiş SO_2 'nin sis veya çığ ile nimlenip sis ve çığ damlacıklarını zenginleştirmesidir.

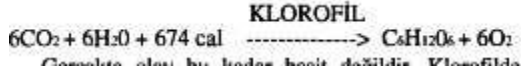
Orta Avrupa'da yağışlarla (kar dahil) SO_4-2 birikiminin açık alanda 23.8 kg/ha/yıl olduğu halde, kayın ormanında 53.1 kg/ha/yıl, ladin ormanında ise 83.4 kg/ha/yıl olduğu bildirilmiştir (Ellenberg, H.R.-Mayer-J. Schalerman 1986). Benzer değerler bir başka araştırmacı tarafından da açık alanda 27 kg/ha/ yıl, ladin ormanında 90 kg/ha/yıl olarak verilmiştir. (Von Simrey, J. 1987).

Yaprak, bitkilerinin özümleme ve en önemli solunum organıdır. Bitki yapraktaki klorofili ile su ve karbondioksiti güneş ışığı etkisi ile birleştirip şeker vd. aminoasitleri üretmektedir. Üretilen şekerin bir kısmı solunum için

tekrar harcanmaktadır.

Karbondioksitin özümlemesi sonucunda üretilen heksosefosfat'ın solunumla sarf edilenden daha fazla olması halinde bitki yaşayabilmekte, beslenip büyümekte ve meyve vermektedir. Ancak klorofilin tahribi sonucunda CO₂ sentezi yeteri kadar yapılmazsa, solunum için gerekli şeker sağlanamamakta ve bitki ölmektedir. Bu olay gölgede kalmış ışık bitkilerinin ışık açlığından ölümüne benzemektedir (Tablo 6).

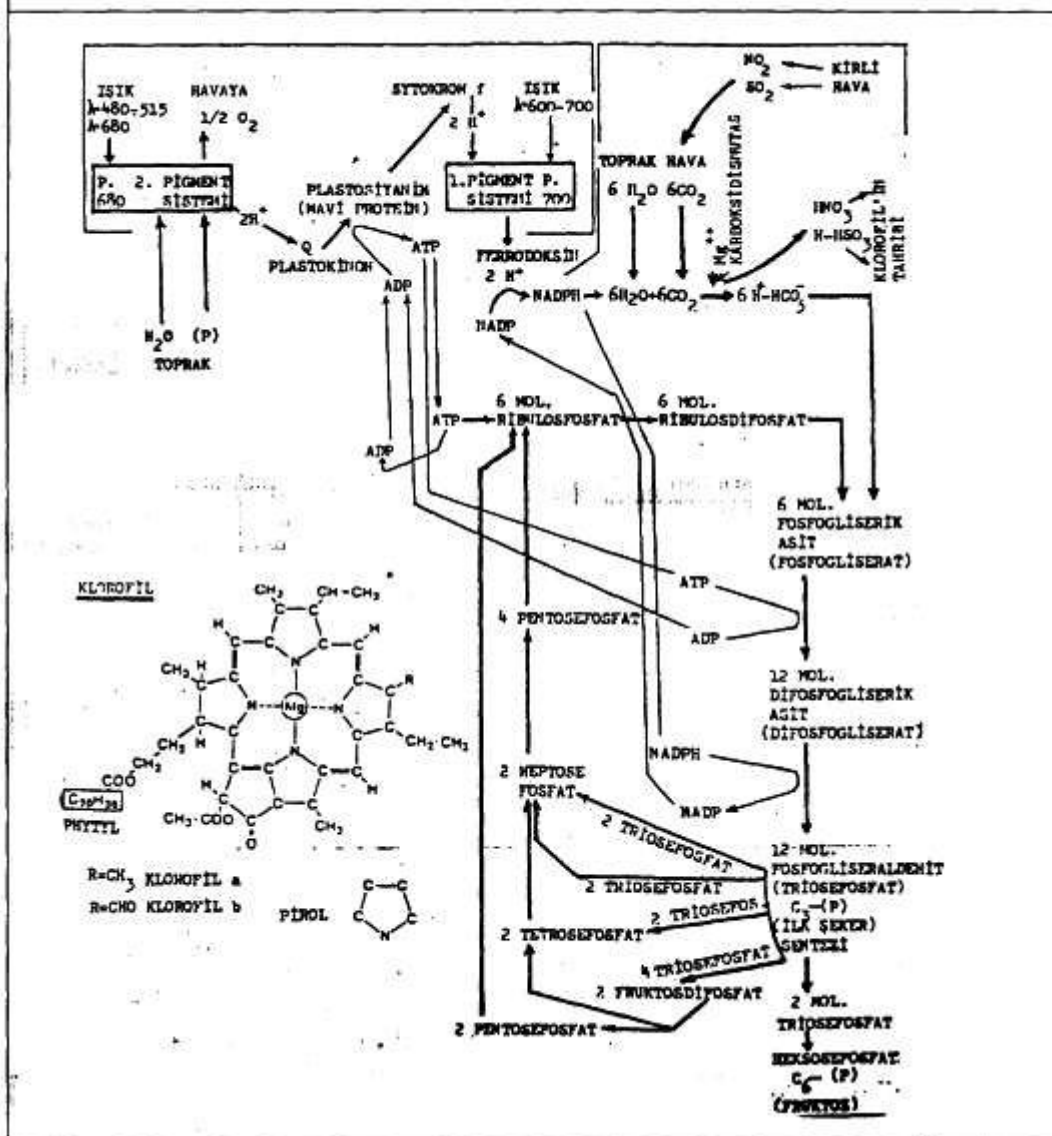
Bilindiği gibi topraktan alınan su ile havadan alınan karbondioksit güneş ışığı etkisi altında klorofil tarafından sentez edilerek şekere dönüştürülmektedir.



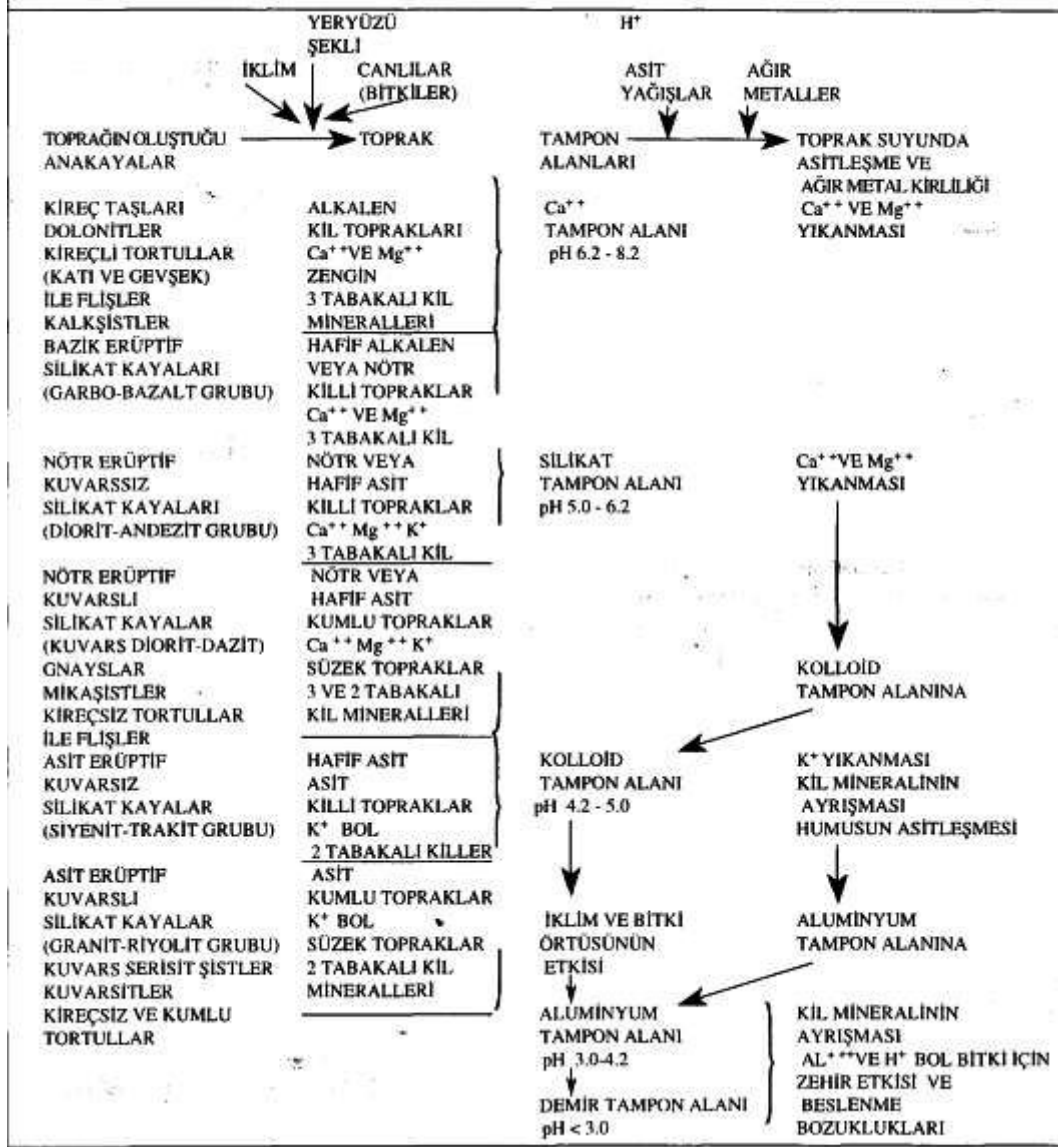
Gerçekte olay bu kadar basit değildir. Klorofilde önce ışık etkisi altında su iyonlarına ayrılmakta, H⁺ iyonu ile fosfat iyonu karanlıkta gerçekleşen kimyasal oluşumlar zincirine taşınmaktadır. Karanlıktaki kimyasal oluşumlar zinciri "Calvin çemberi" ile en iyi şekilde açıklanmıştır (Bkz. Tablo 7). Calvin çemberi reaksiyonlarının başlangıcında havadan alınan CO₂, topraktan alınan H₂O H⁺- H₂CO₃- 'e dönüştürülmektedir. Reaksiyonlar zinciri bu HCO₃-(bikarbonat) kökü ile başlamaktadır (Tablo 7). Havada kükürtdioksitin (SO₂) bulunması halinde yaprakların solunum gözeneklerinde hava ile CO₂ alınırken SO₂'de alınmaktadır. Klorofilde karanlıktaki reaksiyonlar zincirine CCh'in yerine SO₂'in girmesi H⁺-HSO₃- ve giderek H⁺-HSO₄- sentezine sebep olmaktadır.

Bkz: 8

TABLO 7. Yeşil Bitkilerde Özümleme Reaksiyonları ve Hava Kirliliğinin Etkisi



Klorofildeki kloroplastlar yaprakçıklar (lameller) halinde istiflenmiş olarak bulunmaktadır. Bu lamel çiftlerinin (Thylakoid) dış yüzeylerinde anyonlar çoğunlukta olup $\text{pH} \cong 8$, iç yüzeylerinde ise H^+ çoğunlukta olup $\text{pH} \cong 5.5$ civarındadır. Thylakoid zarının iki tarafındaki bu reaksiyon ve elektron farkı NADPH ile taşınmış olan H^+ ve ATP ile taşınmış olan fosfatın alınabilmesini ve Calvin çemberindeki reaksiyonlar zincirine dahil olmalarını sağlamaktadır. Thylakoid'lerin dış yüzeyinde H_2SO_3 oluşumu ile artan asillik pH farkını azaltmakta ve fosfat anyonunun iç kesime geçmesini önlemektedir. HCO_3^- ile fosfat anyonunun Calvin çemberindeki reaksiyonlar zincirine dahil olamaması klorofilin şeker sentezini engellemektedir. Solunum için gereken şeker sentezinin yapılamaması ise bitkiyi ölüme götürecektir kadar zarar verir. Kloroplastların asit etkisi ile bozunması sonucunda ise klorofilin merkezindeki Mg^{++} 'un serbest kalması ve kaybına sebep olmaktadır. Klorofil bozulan yapraklar ise sararmaktadırlar.

TABLO 8. Anakaya-Toprak-Tampon Alanı İlişkisi ve Asit Yağışların Toprağa Etkisi

3.1.3. Azotoksitler (NO_x) ve Zararları

Azotoksitler esas olarak NO ve NO₂ ile bunlardan türeyip gaz halinde havada bulunabilen bileşikleridir. Azotdioksitin (NO₂) molekül ağırlığı 46 g olup, kaynaklandığı yerden çok uzaklara ve yüksekliklere taşınabilmektedir. Azotoksitler asit sis ve çiy içinde, asit yağmurdan daha fazla bulunmaktadır (Tablo 3). Aynen SO₂'de olduğu gibi, yağışsız günlerde yaprak üstünde kuru durumda biriken NO₂'nin nemlenip sis ve çiy damlalarını zenginleştirme olayı burada da söz konusudur. Daha sonra buharlaşan sis ve çiy damlalarında yoğunlaşan HNO₃ yaprak yüzeyinde asit yanmalarına sebep olmaktadır.

İyi yanmamış petrol türevleri ile birlikte NO_x gazlarının morötesi ışınlarının etkisi altında O₃ üretmesi ve fotooksidasyona uğraması sonucunda peroksiasetilnitrat (PAN) oluşmaktadır (Tablo 6).

Azotoksitler de aynen SO₂ gibi yaprakların solunum gözeneklerinden girerek kloroplastların zarı üzerinde asit etkisi yapmakta ve klorofilin tahribine sebep olmaktadır.

3.1.4. Diğer Zararlı Gazlar

Bitkiler için zararlı etkiler yapan diğer gazlar, ozon (O₃), klor (Cl), flor (F), metan (CH₄), amonyak (NH₃), hidrojen sülfür (H₂S) ve karbondioksit (CO₂) olarak sıralayabiliriz.

Ozon'un tek başına etkisi oksitleyici özelliğinden ileri gelmektedir. Özellikle fotokimyasal pus (smog) ve yüksek miktarda (h) içeren sis bitki yapraklarında zarar verebilmektedir. Ozonun daha önemli etkisi ise oksitleyici özelliği ile SO₂, NO_x gazlarını aktive etmesi hidrokarbonlar ile ve peroksiasetilnitrat oluşumunu sağlamasıdır (5). Ancak kış mevsiminde mor ötesi ışınların daha az alınması alçak arazide O₃ oluşumunu yavaşlatmaktadır. Buna

karşılık ılık ve güneşli kış günlerinde ve sıcak yaz mevsiminde (güneşlenmeye bağlı olarak) ozon oluşumu artmakta ve fotokimyasal pus (smog) oluşumu görülmektedir. (Halbwachs, G. 1984). Ozonun yerden 400-450 m'den itibaren arttığı ve 2000 m'ye kadar artışın devam ettiği bildirilmiştir (Krapfenbauer, 1985). Bu sebeple ısınan hava ile yükselen NOx, SO2 ve CxHy yüksek dağlık arazide daha yoğun olan morötesi (uv) ışınlarının etkisi altında ozon ve PAN oluşumuna sebep oldukları gibi, orman ağaçları için de hep birlikte zararlı etkiler yapabilmektedirler. Gece soğuyan hava içinde yoğunlaşan nem ile hava ağırlaşmakta ve dağ meltemleri oluşmaktadır. Dağ meltemleri ile alçak araziye inen SO2, NOx, PAN ve O3 dağ eteklerinde ve çukur yerlerde asit sis birikimine sebep olmaktadır.

Sanayinin yoğunlaştığı yerlerde Cl ve F asit etkisi yapmaktadır. HCl ve HF asitleri kloroplastların yüzey zarında dış ve iç yandaki pH dengesini bozarak klorofilin özümleme fonksiyonunu engellemekte ve giderek klorofilin tahribine sebep olmaktadır.

Yoğun amonyak (NH3) özellikle kuru havada yapraklar üzerinde tahriş edici etki yapmaktadır. Ancak daha az NH3 havadaki nem ile NH4OH'e dönüştüğünde NH4+ bitki besin maddesi olarak kullanılmaktadır.

CH4 ve H2S zehirli bileşikler olup, bitki yapraklarının ve köklerinin solunumunda zehirlenmelere sebep olmaktadır.

Havada CO2'in artması sıcaklığın da artmasına (sera etkisi), yağışların azalmasına, havanın nisbi neminin azalmasına, bitki yapraklarından terlemenin artmasına sebep olmaktadır. Böylece toprak-su-bitki- terleme- (transpirasyon) dengesi bozulmaktadır (kuraklık etkisi)6

Bkz: 10

TABLO 9. Ağır Metallerin Toprakta Bulunabilen Miktarları İle Kirlilik Sınırı Olarak Toprakta İçme Suyunda Ve Arıtma Suyunda Kabul Edilebilir Değerleri

| | TOPRAKTA | | İÇME SUYUNDA mg/lt | SULAMA SUYUNDA mg/lt | ARILTI MIŞ SULAMA SUYUNDA mg/lt |
|---------------|--|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| | BULUNUŞ mg/kg | KABUL EDİLEBİLİR mg/kg | | | |
| ARSENİK (As) | 2-20 | 20 | 0.4 | A 10 B 10 | |
| BAKIR (Cu) | 5-20 (Zehir etkisi : 0.1-1.0 mg/lt) | 50 | - | A 0.20 B 5 | I. 0.10 II. 0.04 |
| BOR (B) | 5-30 | 25 | - | 1-3 | 80-120 |
| BROM (Br) | 1-10 | 10 | - | - | - |
| CİVA (Hg) | 0.1-1.0 | 2 | 0.004 | 4 | I < 0.0009 II 0.0005 |
| ÇİNKO (Zn) | 10-50 | 300 | 2 | A 2.0 B 0.05 | I 0.12 |
| FLOR (F) | 50-200 | 200 | 1.5 | - | - |
| KADMIYUM (Cd) | 0.1-1.0 (Zehir etkisi : 0.1-1.0 mg/lt) (Bitkide 50 mg/kg olursa insanda hastalık yapıcı) | 3 | 0.006 | A 0.01 | 20 |
| KOBALT (Co) | 1.0-10 | 50 | - | - | - |
| KROM (Cr) | 10-50 (Zehir etkisi : 0.5-5.0 mg/lt) | 100 | 0.05A 0.01 ^{x)} | 1.2 ^{x)} B 0.05 | |
| KURŞUN (Pb) | 0.1-20 | 100 | 0.04 | A 5.0 B 20.0 | I 0.02 II 0.008 |
| MOLİBDEN (Mo) | 1-5 (Bitkisel hayvan yeminde 15 ppm ise zehir etkisi) | 5 | - | A 0.01 B 0.5 | I 0.007 III 0.007 |
| NİKEL (Ni) | 10-50 | 50 | - | A 0.2 B 2.0 | I 0.10 II 0.004 |
| SELEN (Se) | 0.1-5 (Zehir etkisi : Asitliğe bağlı olarak 0.05-1.0 mg/lt) | 3 | 0.008 | A 0.02 B 0.05 | I 0.005 II 0.005 |
| TİTAN (Ti) | - | 500 | - | - | - |
| URANYUM (U) | - | 5 | - | - | - |
| VANADYUM (V) | 10-100 | 50 | - | - | - |

X) Kısa süreli sulama için : 1 mg/lt
A : İri taneli toprak B : İnce taneli toprak
I : 1. Arıtma, II : 2. Arıtma

3.1.5. Hava Kirliliğinin Odun Kalitesine Etkileri

Hava kirliliğinden etkilenmiş olan orman ağaçlarının odun kalitesinde de bazı olumsuz değişiklikler saptanmıştır. Özümlemenin yavaşladığı ve bu sebeple beslenmenin yetersizleştiği ağaçlarda yıllık halkalar daralmakta ve odun üretimi azalmaktadır.

Yıllık halka daralmasının ibreli türlerde daha belirgin olduğu, yapraklı türlerde ise daha seyrek rastlandığı araştırma sonuçlarından anlaşılmaktadır (As, N. 1994). İbreli ağaç türlerinin yıl boyunca yapraklı olmaları, yapraklı ağaçların kışın yapraksız olmaları hava kirliliğinden farklı etkilenmeye sebep olmaktadır.

Ladin ağaçlarının hava kirliliğinden etkilenmiş olanlarında odunun yoğunluğunun azaldığı (433 kg/m³ / 475 kg/m³ = % 9) belirtilmiştir (Hantsch, W. 1983'e As. N. 1994). Ancak sarıçam, meşe ve kayın ağaçlarının odunlarında fark bulunmamıştır (Çeşitli araştırmacılara göre As, N. 1994). Hava kirliliğinden etkilenmiş olan ladin ağaçlarının diri odunlarının eğilmeye karşı direncinin % 34.4 daha az olduğu bulunmuştur. Ancak benzer direnç zayıflaması çam, göknar ve kayın ağaçlarında saptanamamıştır.

Polonya'da sarıçam odunlarında iletim borularını oluşturan hücrelerin (trakeid) kısaldığı, hücrelerin düzensiz bir hal aldığı, 1 cm'deki reçine kanalı sayısının arttığı belirlenmiştir (Niedzielika, B. 1987'ye göre As, N. 1994). Hava kirliliğinden şiddetle etkilenmiş olan ağaçların yıllık halkalarında yaz odunu hücre çeperi kalınlığının % 30 oranında incelendiği ortaya konulmuştur (Bauch, J. ve ark. 1986'ya göre As, N. 1994).

Hava kirliliğinden etkilenmiş olan ladin ağaçlarının kesilip depolanan tomruklarında 4 ay içinde mantarların olumsuz etkileri görülmüştür.

Ağaçların hava kirliliğinden farklı olarak etkilenmelerinin sebebi, hava kirliliğinin derecesi, topraktaki katyonların cinsi ve miktarı, toprağın olduğu anakaya, yetiştirme ortamının kurak veya nemli oluşu gibi faktörlere de bağlıdır.

4. Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerine Dolaylı Etkileri

Havayı kirleten katı maddeciklerin ve gazlar ile buharların yağışlarla toprağa inmeleri, toprağın ve toprak suyunun etkilenmeleri, besin maddelerini ve suyu topraktan alan bitkileri de dolaylı olarak etkilemektedir.

4.1. Topraktan Tampon Alanlar ve Asit Yağışların Etkisi

Toprak özellikleri olduğu anakayanın özelliklerine bağlıdır. Zamanla iklim, yeryüzü şekli, canlılar (özellikle bitki örtüsü) etkilerinin altında toprağın özelliklerinde bazı değişimler ve gelişmeler olmaktadır. Ancak anakayadan gelen mineraller, bu minerallerin içerdikleri katyonlara göre oluşan 3-veya 2- tabakalı kil mineralleri, toprağın killi (geçirimsiz) veya kumlu (süzek) oluşu, kil minerallerinde tutulan katyonlar ve humusun nitelikleri ile mikrobiyolojik faaliyetin durumu toprağın önemli özellikleri arasındadır. Bütün bu toprak özellikleri toprak suyundaki katyonların cinsini ve miktarını etkilemektedir. Bu özelliklere dayanarak toprağın reaksiyonu tampon alanlara ayrılmıştır (Tablo 8)7). Minerallerin ve organik maddenin (humus) ayrışması ile serbest kalan katyonlar ile anyonlardan fosfatlar toprak kolloidleri (kil mineralleri vd.) tarafından tutulur. Bu iyonlar bitki kökleri tarafından su ile birlikte alınırlar (Bitki besin maddeleri). Yaprak dökümü ile toprak yüzeyine inen organik maddeler ise toprak hayvancıkları ve mikroorganizmalar (bakteriler ve mantarlar) tarafından parçalanıp-ayrıştırılırlar. Bu ayrışma ürünleri yağış suları ile toprağın derinliklerine sızar, kil mineralleri, tarafından tutulur ve bitki besin maddesi olarak kökler tarafından yeniden alınır. Asit yağışlar toprağa iki yönde etki yapmaktadırlar.

(1) Toprak yüzeyinde ve st kesiminde yaşayan mikroorganizmaları olumsuz etkiler: Kolloid organik maddedeki suyun asitleşmesi bakterilerin faaliyetini yavaşlatmakta veya onları yok etmektedir. Bu durumda ayrışma yavaşlamakta ve asit ürünler (humus asitleri) ortaya çıkmaktadır. Toprak ise organik maddenin ayrışması sonucu serbest kalacak katyon ve anyonları alamamakta veya geç almaktadır.

(2) Asit yağışta yüksek miktarda bulunan ve devamlı gelen H⁺ iyonu ile toprak kolloidlerinde tutulmuş olan katyonlar yer değiştirmektedir. Bu katyonlar sızıntı suyu ile topraktan yıkanmakta ve toprak fakirleşmektedir. Böylece toprağın tampon alanları da zaman içinde değişmekte ve alüminyum tampon alanına doğru bir kayma olmaktadır. Alüminyum ise bitkiler için zehir etkisi yapmaktadır (Tablo 8).

4.2. Toprak Kirlenmesi Üzerine Kirli Havanın Etkisi

Havayı kirleten katı maddelerin arasında bulunan metal ve ametaller de yağışlarla toprağa ulaşmaktadırlar. Bunların arasında bulunan ağır metaller ve radyoaktif maddeler toprağı kirletmektedirler. Bu ağır metal iyonlarının bitki tarafından alınması ve meyvalara geçmesi veya et ile sütte birikimi insanları etkileyecek düzeye ulaşabilmektedir (Tablo 9).

Özellikle linyit kömüründeki ağır metaller yüksek sıcaklıkta kısmen buharlaşmakta ve baca gazlarına karışmakta, soğuma sırasında da ince kül taneciklerinin üstünde yoğunlaşmaktadırlar. Elektrostatik filtrelerin tam verimle çalıştırılması halinde dahi baca gazlarına karışan çok ince kül taneciklerinin bacadan atmosfere verildiği saptanmıştır (Boybay, M-m.Arslan 1988). Uçucu küllerin yüzeyinde ve içindeki ağır metallerin suda çözünebilmeleri mümkündür 8). Yakıt yağı (fuel-oil) kullanan termik santrallarda da cürufu ve uçucu külde ağır metallerin bulunduğu ve bunların da çevre kirliliğine sebep olduğu bildirilmiştir (Aydir, A. 1994) 9). Linyit

kömürü ile çalışan termik santrallerin küllerinde ağır metallerin yanında uranyum ve toryum gibi radyoaktif metaller de bulunmaktadır. Bu radyoaktif metallerin asit ortamda çözündürülmeleri ile önemli miktarda uranyumun elde edilebileceği bildirilmiştir (Heppen, T. 176, Kalayoğlu, S. - E. Ünseren 1988)10)

Topraktaki iyonlar (0.2-0.5 m σ toprak suyu ile birlikte kök hücrelerinin zararından plazmanın dış kesimi (sınır bölgesi = plasmalemma) geçmektedirler (pasif iyon alımı). Kök hücrelerinin zar dokusundaki aralıklar 50 m σ civarındadır. Zar kalınlığı ise 500m σ civarındadır (Finck, A. 1969). Toprak suyunda H⁺ iyonunun artması kök hücrelerinin zar dokusunda Ca⁺⁺ iyonlarının azalmasına ve zar dokusunun iyon geçirgenliğinin artmasına sebep olmaktadır. Bu durumda pasif iyon alımı artmaktadır. Özellikle yaprak, meyva ve tohumlarından yararlanan tarım bitkilerinin yetiştirildiği toprakların ağır metaller ve radyoaktif iyonlarla kirlenmesi yukarıda belirtilen asitleşme (H⁺ iyonu fazlalığı) ve pasif iyon alımı, bitki organlarında ağır metal birikimi bakımından sorun yaratacak bir olgudur.

5. SONUÇ

Havayı kirleten maddeler doğrudan veya dolaylı olarak bitkileri etkilemektedirler. Ormanların genellikle yamaç arazide bulunması hava kirliliği etkisinin sadece orman ölümleri ile sınırlı kalmayacağını göstermektedir. Orman ekosisteminin yok olması, toprağın erozyona uğrayıp taşınmasına, yerleşme-tarım ve sanayi alanlarının sellerle tahribine, barajların su yerine taşınan materyal ile dolmasına, su üretiminin ve depolanmasının (baraj) azalmasına, sulu tarım alanlarının sulanamaması ve hidroelektrik üretiminin düşmesine kadar uzanan olaylar zincirini başlatmak demektir. Tarım alanlarının hava kirliliğinden etkilenmesi bir yandan verimi azaltır, çiftçinin tarımı terk etmesine sebep olurken, öte yandan da ağır metallerle zenginleşmiş olan besin maddeleri ile sağlığımızı tehdit etmektedir. Türkiye'nin barınabilirliğini devam ettirmek için havayı temiz tutmak zorunda olduğumuzu herkese anlatmalıyız.

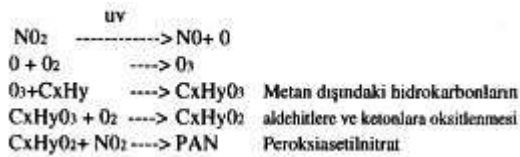
KAYNAKÇA

- AS, N. 1994. Çevre Kirliliği ve Odun Kalitesi. Gökova Körfezi Çevre Sorunları ve Yönetimi Sempozyumu (13-20). 28-30 Haziran 1994-Dokuz Eylül Üni. Çevre Müh. Bölümü-İZMİR.
- Aydemir, O. ve F.İnce 1988. Bitki Besleme. Dicle Üni. Eğitim Fak. Yay.No. 2 DİYARBAKIR.
- Aydın,A. 1994. Enerji Santrallerinin Uçucu Küllerinin Değerlendirilmesi. Gökova Çevre Sorunları ve Çevre Yönetimi Sempozyumu. Edit:Ayşegül İ.Pala. Dokuz Eylül Üni. Müh. Fak.Çevre Müh. Bölümü, İZMİR.
- Boybay, M. ve M.Arslan 1988. Uçucu Külün Özellikleri ve Değerlendirilmesi. Fırat Havzası 1. Çevre Sempozyumu (s.55-61). Edit: Şücaettin Kırımhan-Bülent Tapkaya-Fırat Üni. ELAZIĞ.
- Curtis.H. ve N. Sue Barnes 1981. Invitation to Biology (3. baskı). Worth Publishers, Inc.ISBN 0-87901-131-9, NEWYORK-ABD.
- Çepel, N. 1990. Hava Kirliliği ve Ormanlar. Orman Müh. Derg. Haziran 1990, Sayı 6(8-10), Orman Müh. Odası Yayını-ANKARA.
- Çepel, N. E.Eruz ve Ö. Karaöz, 1993. Asit-Depolamasının İzmit ve Bahçeköy-İstanbul Yöresinde Bazı Orman Yetiştirme Ortamlarına Yaptığı Etkiler ve Alınabilecek Önlemler. Türkiye'de Doğayı Koruma Vakfı Araştırma Projesi Raporu (25 s.).
- Ellenberg, H.R. Mayer ve J.Schaertmann, 1986. Ökosystemforschungsergebnisse deş Solling Projekts. Verlag Eugen Ulmer ISBN 3-8001-3431-4 Stuttgart-Fed. Almanya.
- Fabig, W.1987. Schadtstoffbelastung von Böden-Auswirkungen auf boden-und Wassergualitlt allg. Forstzeitsehr.7,Feh,1987 (18-131)BLV Verlagsgesellschaft Cmbll Münih-Fed.Almanya.
- Finck,A. 1969. Pflanzenernahrung in Stichworten Verlag Ferdinand Hirt-Kiel. Fed.Almanya.
- Geissler,G. 1988. Pflanzenbau (2.baskı). Verlag Paul Parey ISBN 3-489-61510-7 Berlin-Hamburg Fed.Almanya.
- Glatzel,G., M.Kazda ve L.Linbedner, 1986.Die Belastung von Buchenwaldökusystemen durch Schadstoffdeposition im Nahbereich Stadtischer Ballungsgebiete im Wienerwald. Düsseldorfer Ge-obotanische Kollağ. Mariz 1986 (15-3). Fed.Almanya.
- Halbwaçts,G. 1984. Organismal Responses of Higher Hlantes to Atmospherich PollutantsP Sulphur Dioxide and Fluoride. Air Pollution and Plant-life Chapter 9(175-213). Edit: M.TreshovvJohn Wiley und Sons Ltd.

- Hepşen, T. 1976. Yatağan Bölgesindeki Uranyumlu Linyitlerden Uranyumun Değerlendirilmesi. İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü Doktora Tezi- İSTANBUL.
- Kalayoğlu, S., F. Ünseren 1988. Yatağan Termik Santral Küllerinin Değerlendirilmesi, Küllerde Uranyum Tayini ve Uranyumun Kazanılması. 4. Bilimsel ve Teknik Çevre Kong. 1988 (I 2 s.) Çevre Genel Müdürlüğü, Dokuz Eylül Üni. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl. Edit: O.Uslu-M.Evirgen-A.Müezzinoğlu – İZMİR
- Kantarcı ,M.D. 1986. İstanbul-Feneryolu Ağaçlandırma Alanında Asit Yağışların Etkisi ve Bu Yağışların Kaynağı Üzerine İncelemeler (11 s.). ÇEVRE-86 Sempozyumu, 2-5.6.1986. Edit: :O.Uslu. Dokuz Eylül Üni.Müh.Mim.Fak.Çevre Böl. İZMİR.
- Kantarcı,M.D.1992. Zararlı Maddelerin Orman Topraklarına Etkileri (406-421). Dokuzuncu Türkiye-Almanya-Polonya Çevre Müh. Semp. 5-7.10.1992. Edit: G. Kocasoy, Boğaziçi Üni. Yay .Nü. 5 1 6-ISBN 975-5 18-011 -7-İSTANBUL.
- Krapfenbauer, A.1985.Argumente zur Schadtstoffmessung in Verbindung mit Pflanzenschaden Vortrage der Fachveranstaltuğn 26.11.1985-Wien-AVUSTURYA.
- Marland,F.,R.M.Rotty 1985. Journal of the Air Pollution. Control Association, Vol.35 nü. 10.
- Mengel.K. 1969. Ernährung und Stoffwechesel der Pflanze-Fustav Fischer Verlag Stuttgart-Fed. Almanya.
- Neumann,K.H. 1969. Der Eintritt Der Nahrstoffe in den Stoffvvechsel and ihre Weitere Verarbeitung (Ernährungsphysiologie der Kulturpflanzen). Scharrer Linser; Handbuch der Pflanzen Ernahrung und Düngung 1/1-Springer verlag Wien-Newyork.
- Puxbaum,H. 1983.Saur Niederschlage-Vorkommen und Auswirkungen Österreichische Chemine Zeitschrift IL2.Feb.1983 s.33-36. V
- Von Simrey, J. 1987. Der Waldboden als Lebensraum-Belasting und Gefarhrdung Allg. Forstzeitschrift 7. Feb. 1987/6 (s.113-116). BLV-Verlaggesellschaft GmbH-MüniH-Fed.ALmanya.
- Ünlügil, H.,A.Ertaş. İstanbul Yakınlarındaki Çam Ağaçlarında Sphaeropsis Sapinea (Fr.) Ayko ve Sutton Mantar Hastalığı. İ.Ü, Orman Fakültesi Derg. Seri A (Basımda).
- Verein Deutscher Ingenigure (VDI) 1978. Richtlinie 22310. B1.2SCh, B1.3

DİPNOTLAR

- 1) 30 ppm CO içeren havanın 8-10 saat solunursa kandaki homoglobin % 5'ini bağıladığı bildirilmektedir.Havada SO2 gazı 0.3 ppm'den itibaren, azotoksitlerin 0.5 ppm'den itibaren Ozon'un (O3) 0.1 ppm yoğunluktan itibaren akciğerler üzerinde zehirleyici etki yaptığı bildirilmiştir.
- 2) Ozonun koruyucu etkisi yok edildiği takdirde morötesi ısınları (özellikle $\lambda = 2400-3000 \text{ Å}^\circ$ canlıların DNA (desoksiribonükleikasit) molekülleri üzerindeki etkisi kanser yapıcı veya yok edici gelişmelere yol açmaktadır. (hidrokarbonlar CH) ile reaksiyona girerek peroksitlerin (örnek : peroksiasetilnitrat = PAN) oluşumuna yol açmaktadır 3-5). Bu vb. fotokimyasal reaksiyonların oluştuğu pus "fotokimyasal pus" olarak tanımlanmaktadır (Ing.smog)
- 3) 1 ton benzin yandığında havaya 23.3 kg NO x' 83.7 kg CH, 41 8.6 kg CO vermektedir.
- 4) İstanbul'un kuzeyindeki çam ağaçlandırma alanlarında çam ibreleri, kozalakları ve tomurcuklarında mantar zararları görülmüştür. Bu mantarın Scleroderris lagerbergii olduğu iddia edilmişse de (Çepel, N. 1990), daha sonra Diplodia pini (Syn.Sphareopsis sapinea) olduğu saptanmıştır. (Ünlügil, H.-A.Ertaş, basılmakta).
- 5) NOx ve Cx Hy'nin PAN'a dönüşümü'



- 6) Atmosferdeki genel sıcaklık artışı 4° C olarak tahmin edilmekte olup, bu artışta gazların payları şöyle verilmiştir: CO2 3 °C + NO 2 0.7°C + CP 4 0.3°C = 4°C (Marland, G.-R.M.Rotty 1985).

7) Toprağın tampon etkisi : Toprak suyunda artan H⁺ iyonlarının toprak kolloidlerinde tutulan değiştirilebilir katyonlarla (Ca, Mg, K, NH₄) değiştirilmesi (karşılanması) ve toprak suyu-toprak kolloidleri arasındaki katyon dengesinin sağlanmasıdır. Böylece toprak suyunun asilliği giderilmektedir.

8) Kurşun (Pb %3.4), krom (Cr %5.7), inko (Zn %22.0), Arsenik (As % 4.1), kadmium (Cd %18) oranında 25°C suda ozndrlmştr (Boybay, M.-M. Arslan 1988).

9) Yakıt yağı kullandığı dönemde Ambarlı Termik Santralının uçucu külünde V, Ni, Fe, Cu, Co, Ga, Mo, Cr, Pb ve Si (SiO₂) belirlenmiştir.

10) Yatağan Termik Santralında yılda 11000-15000 ton uçucu baca külü ile 1.8-2.3 milyon ton yer kl oluşmaktadır. Her iki kl içindeki uranyumun miktarı yılda 250-320 ton arasındadır (Kayaloğlu-S.-E.nseren 1988). Santralin elektrofiltrelerinin %99.22 verimle çalıştığı kabul edilse dahi kaçan toz % 0.8 oranındadır. Santralin bacalarının devamlı tttğ göz önüne alınırsa kaçan tozun daha fazla olduğu anlaşılır.