



Effects of lead (Pb) pollution caused by vehicles on the anatomy of pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) and cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) leaves

Kürşat ÇAVUŞOĞLU^{*1}, Semra KILIÇ¹, Mehmet KILIÇ²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

Abstract

In this study, the effects of lead pollution caused by vehicles on the leaf anatomy of pine and cedar trees along ten km highway between Isparta city center and Suleyman Demirel University were investigated. Lead pollution caused of increasing the cuticle thickness in the leaves of both species while it caused of decreasing the leaf diameter, vascular bundle size, tracheid diameter, epidermis cell number and size, stomata number, width and index. On the other hand, the mentioned pollution decreased the stomata length in cedar leaves while it had no effect on this parameter in pine leaves.

Key words: Heavy Metal, *Cedrus libani*, Pollution, Lead, *Pinus nigra*, Leaf Anatomy

----- * -----

Taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin Çam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) yapraklarının anatomisi üzerine etkileri

Özet

Bu çalışmada, Isparta ili şehir merkezi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km'lik yol boyunca sıralanan çam ve sedir ağaçlarının yaprak anatomileri üzerine taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin etkileri araştırılmıştır. Kurşun kirliliği her iki türün yapraklarında kutikula kalınlığını artırırken, yaprak çapı, iletim demeti büyüklüğü, trakeit çapı, epidermis hücre sayısı ve büyüklüğü ile stoma sayısı, eni ve indeksini azaltmıştır. Diğer yandan, söz konusu kirlilik sedir yapraklarında stoma boyunu azaltırken, çam yapraklarında bu parametreler üzerinde etkisiz olmuştur.

Anahtar kelimeler: Ağır Metal, *Cedrus libani*, Kirlilik, Kurşun, *Pinus nigra*, Yaprak Anatomisi

1. Giriş

Kirlenme; hava, kara ve su gibi temel ortamların biyolojik, kimyasal ve fiziksel karakteristiklerinde istenilmeyen bir değişim olarak tanımlanmaktadır (Öztürk ve Seçmen, 1996). Günümüzde insan aktivitelerindeki hızlı artış, sağlığımız üzerinde olumsuz yönde etki eden atmosfer kirlleticilerinin önemli derecede artmasına sebep olmuştur (Pasqualini vd., 2003). Bilindiği gibi, çevresel sorunlar son yirmi yıldır, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de günlük yaşam problemleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Bu problemlerin bazıları bitki örtüsünün tahrip edilmesi, erozyon, çarpık kentleşme, endüstride kullanılan kimyasallar, termik ve nükleer santraller ile hava kirliliği şeklinde sıralanabilir (Aslan vd., 2005). Yıllardır birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi, ülkemizin çevresel politikaları da bu problemlere kalıcı çözümler üretmeyi başaramamıştır.

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: kursat16@gmail.com

Ülkemizde hava kirliliğinin en büyük kaynaklarından biri motorlu taşıtların egzoz gazlarından çıkan kurşundur. Kurşun birkaç bin yıldan beri insanlar için önemli bir metal olmuştur (Harrison vd., 1981). Kurşun doğada organik ve inorganik halde bulunmaktadır. İnorganik kurşun bileşikleri saf metal, bileşik ve alaşım halinde bulunurken, organik kurşun bileşikleri ise kurşun alkileri halinde bulunur ve bunlar kaynama noktaları düşük olduğundan kolaylıkla buharlaşarak havaya karışırlar (Karademir ve Toker, 1995). Kurşunun toprağa ve atmosfere geçişi farklı yollarla olmaktadır. Bunlar termik santrallerin, endüstri kuruluşlarının bacalarından ve taşıtların egzozlarından çıkan dumanlar, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol sanayine ait atıklar ile pestisitlerdir (Saygıdeğer, 1995; Kıran ve Şahin, 2005). Bitkiler açısından kurşun tehlikesi 1923 yılında otomobil yakıtına tetraetilen eklenmesinden beri devam etmektedir. Kurşuna belli oranda katılan tetraetil motordaki vuruntu sayısını etkin bir şekilde ayarlayabilmektedir. Tetraetil'in ayrışmasından oluşan kurşun, etil radikaline ve kurşun metale ayrışarak yanma gazları ile havaya atılmaktadır (Purves ve Mackenzie, 1969). Son yıllarda alınan bir takım önlemlere ve düzenli ölçümlere rağmen günümüzde pek çok ülkede kurşunun sebep olduğu kirlilik problemi hala tam olarak çözümlenememiştir (Sharma ve Dubey, 2005).

Kurşunun yoğunluğu, kaynağının gücü ile orantılıdır. Doğal olarak kurşun yoğunluğu kaynağından uzaklaştıkça azalmakta, yaklaştıkça ise artmaktadır. Örneğin atmosferdeki kurşun yoğunluğu taşıtların kullandığı yollardan uzaklaştıkça hızla azalmaktadır. Bu durum bitkilerin kurşun içeriğine de yansımaktadır (Wheeler ve Rolfe, 1979; Albert ve Badilla, 1991). Bitki kökleri ve stomalar aracılığıyla bitki içerisine giren kurşun, bitkinin değişik kısımlarında birikir ve besin zincirine girerek dolaylı olarak veya solunumla doğrudan insan sağlığını etkileyebilir (Onar ve Temizer, 1987; Toker, 1988). Kurşunun sebep olduğu hastalıkların başında kemik, sinir, böbrek ve kalp-damar hastalıkları gelmektedir (Friberg vd., 1986; Ursinyova vd., 1997). Bundan dolayı da insan, çevresindeki bu elementin oranını izleme ihtiyacı duymuştur (Corn, 1993).

Her ne kadar kurşun bitkilerde doğal olarak bulunsun da, bitki metabolizması için gerekli bir element değildir (Yassoglou vd., 1987). Bitkilerde aşırı kurşun alınımı, çeşitli fizyolojik mekanizmalarla engellenmektedir (Nwosu vd., 1995), fakat yine de bitkiler belirli miktarlarda kurşunu almakta ve çeşitli dokularında depolayabilmektedirler (Sawidis vd., 1995; Xiong, 1997).

Kurşunun özellikle belirli dozlardan itibaren bitkilerdeki fizyolojik fonksiyonları ve biyokimyasal olayları direkt veya dolaylı olarak etkilediği bilinmektedir. Bitki dokularında kurşun birikimi fazla olursa tohum çimlenmesi (Azmat vd., 2006), fide büyümesi (Kıran ve Munzuroğlu, 2004), mineral besin alınımı (Kopittke vd., 2007), terleme (Rolfe ve Bazzaz, 1975), fotosentez (Parys vd., 1998), enzim aktivitesi (Van Assche ve Kliisters, 1990), nükleik asit yapısı (Eichhorn vd., 1985), klorofil biyosentezi (Symeonidis ve Karataglis, 1992) ve mitoz bölünme (Kıran ve Şahin, 2005) gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir. Bunlara membranlarda hasar (Kennedy ve Gonsalves, 1989), hormon dengesinin bozulması ve su ilişkisinin değişmesi (Zengin ve Munzuroğlu, 2004; 2006) gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir.

Kurşun ayrıca çeşitli bitki türlerinin yaprak morfolojisi ve anatomisi üzerinde de önemli değişimlere sebep olmaktadır. Ancak, bu konu hakkında yeterli çalışma bulunmaktadır. Zengin ve Munzuroğlu (2004) çeşitli kurşun konsantrasyonları içeren Hoagland solüsyonlarında büyümeye bırakılan fasulye fidelerinin yaprak alanlarında önemli derecede küçülme meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Dineva (2005) *Acer negundo* (akçaağaç) bitkisi ile yaptığı çalışmada kurşun kirliliğinin kutikula ve üst epidermis kalınlığında artışa, alt epidermis kalınlığı ve yaprak genişliğinde azalmaya, palizat parankimasında ise genişlemeye neden olduğunu ortaya koymuştur. Sher ve Hussain (2006) trafik kökenli kurşun kirliliğinin çeşitli kültür ağaçlarının yapraklarında stoma sayısı ve büyüklüğünü azalttığını ve stoma kapanmasını teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Jahan ve Iqbal (1992) motorlu taşıtların egzoz gazlarına maruz kalan çeşitli bitki türlerinde yaprak uzunluğu, genişliği ve alanında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, bu araştırmacılar söz konusu çalışmalarında kutikula, epidermis, hipodermis, palizat ve parankima hücrelerinde de azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, motorlu taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin çam ve sedir yapraklarının anatomisi üzerindeki etkilerini araştırmak ve yeterince aydınlatılmamış olan bu konunun biraz daha açıklığa kavuşturulmasına hizmet etmektir.

2. Materyal ve yöntem

1.1. Örnek alanları ve örneklerin toplanması

İncelenen çam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) türlerine ait yaprak örnekleri 3 Mart 2009 tarihinde toplanmıştır. Örnek alımı Isparta ili şehir merkezi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasında kalan 10 km'lik yol boyunca gerçekleştirilmiştir. Yol boyunca 2.5 km aralıkla 4 istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonlarda, incelenecek her bitki türü için en az 3 ağaç tespit edilmiş ve bu ağaçların farklı

bölgelerinden en az 10 yaprak örneği alınmıştır. Örnekler toplanırken, ağaçların yola en yakın olan dallarından örnek alınmasına dikkat edilmiştir.

Steril poşetlere konularak numaralandırılan yapraklar laboratuvar ortamına getirilmiş, kurşun (Pb) kaybını önlemek amacı ile herhangi bir şekilde yıkama veya silme işlemi yapılmamıştır. Kontrol grubuna ait yaprak örnekleri ise ana yola 1 km uzaklıkta bulunan Süleyman Demirel Üniversitesi kampüs alanından alınmıştır.

1.2. Örneklerin yaprak anatomilerinin incelenmesi

Anatomik kesitler laboratuvara getirilen yaprak örneklerinden enine ve yüzeysel kesitler alınarak hazırlanmıştır. Ayrıca, hangi dokularda kurşun biriktiğini tespit etmek amacıyla enine kesitler sodyum rodizonat boyası ile boyanarak ışık mikroskopunda inceleme yapılmıştır. Kurşun birikiminin olduğu dokular sodyum rodizonat ile mavi renge boyanmıştır.

Oküler mikrometre yardımı ile 1 mm²'lik birim alandaki stoma ve epidermis hücreleri sayılarak stoma indeksi hesaplanmıştır. Bu sayılar 10 kez 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Yaprak birim alandaki stoma ve epidermis hücre sayılarının tespitinin ardından Meidner ve Mansfield (1968)'in metoduna göre stoma indeksi hesaplanmıştır. Yaprak çapı, kutikula kalınlığı, epidermis hücre eni ve boyu, iletim demeti eni ve boyu, trakeit çapı, stoma eni ve boyu parametreleri ise yine oküler mikrometre kullanılarak µm olarak ölçülmüştür.

Tüm parametrelerle ilgili istatistiki değerlendirme SPSS programı kullanılarak Duncan's multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Çam ve sedir yapraklarının anatomik yapısı üzerine motorlu taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin etkisi ile ilgili bulgular sırasıyla Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

3.1. Çam yapraklarının anatomik yapısı üzerine kurşunun etkisi

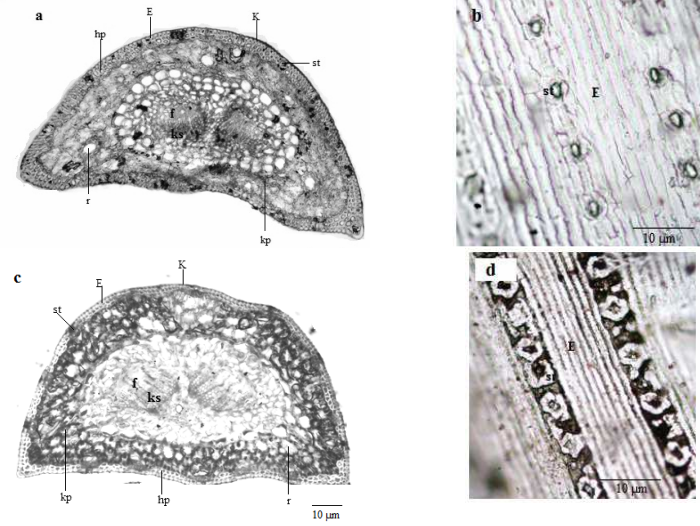
I. istasyona ait örneklerin yaprak çapı, kontrol grubu örnekleri ile aynı değere sahipken, II. istasyondan IV. istasyona doğru gidildikçe yaprak çapında önemli bir azalma meydana gelmiştir. Kutikula kalınlığı sadece IV. istasyonda artmış, diğer istasyonlarda ise değişmemiştir. Epidermis hücre sayısı, eni ve boyu I. istasyondan IV. istasyona doğru ilerledikçe değişik derecelerde azalma göstermiştir. Söz konusu parametreler üzerinde en belirgin azalma IV. istasyona ait yaprak örneklerinde görülmüştür. İletim demetlerinin eni ve boyu ise I. istasyona ait yapraklarda kontrol grubu örnekleri ile aynı değerlere sahipken, diğer istasyonlarda dikkate değer bir şekilde azalmıştır. Trakeit çapının I. istasyondan IV. istasyona doğru gidildikçe kısmen azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 1a ve c).

Tablo 1. Çam yapraklarının bazı anatomik parametreleri üzerine kurşun (Pb) kirliliğinin etkisi

Parametre	Kontrol	I. istasyon	II. istasyon	III. istasyon	IV. istasyon
Yaprak çapı	*808±13.0	796±11.4 ^d	722±14.8 ^c	590±65.1 ^b	440±41.8 ^a
Kutikula kalınlığı	3.0±0.6 ^a	3.0±0.6 ^a	3.2±0.6 ^a	3.5±0.5 ^a	4.5±0.6 ^b
Epidermis hücre sayısı	13.2±0.8 ^c	12.0±0.7 ^b	11.6±0.5 ^{ab}	11.4±1.1 ^{ab}	10.6±0.5 ^a
Epidermis hücre eni	15.7±3.0 ^c	14.5±3.2 ^{bc}	11.5±1.3 ^{ab}	11.5±1.3 ^{ab}	8.5±1.3 ^a
Epidermis hücre boyu	23.0±4.1 ^c	15.0±3.0 ^b	15.5±2.0 ^b	12.5±1.7 ^{ab}	9.5±2.0 ^a
İletim demeti eni	186±16.7 ^c	170±21.2 ^c	144±4.4 ^b	126±18.1 ^b	106±5.4 ^a
İletim demeti boyu	170±1.0 ^c	166±13.4 ^c	144±8.9 ^b	116±20.7 ^a	102±8.3 ^a
Trakeit çapı	12.0±3.2 ^b	10.0±1.7 ^{ab}	9.5±2.0 ^{ab}	9.5±1.3 ^{ab}	8.4±1.7 ^a
Stoma sayısı	3.8±1.3 ^b	3.4±1.6 ^a	3.4±0.5 ^a	3.2±0.4 ^a	2.6±1.1 ^a
Stoma eni	19.5±3.2 ^c	18.5±4.5 ^{bc}	14.5±4.1 ^{ab}	12.5±2.5 ^a	12.0±2.0 ^a
Stoma boyu	23.0±4.1 ^a	22.0±6.4 ^a	21.0±4.5 ^a	20.0±5.8 ^a	17.0±4.8 ^a
Stoma indeksi	25.0	24.2	22.0	19.5	18.3

* Her bir parametre satırında aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir
± Standart sapma

Stoma sayısı, stoma eni ve stoma indeksi çalışılan dört istasyona ait yapraklarda değişik derecelerde azalırken, stoma boyu tüm istasyonlarda kontrol grubu ile aynı değere sahip olmuştur. Stoma sayısı, eni ve indeksi üzerinde istatistiki açıdan en bariz azalma yine IV. istasyona ait örneklerde gözlenmiştir (Şekil 1b ve d). Diğer yandan, sodyum rodizonat boyası kullanılarak yapılan boyama işleminde IV. istasyona ait yaprakların enine kesitlerinde kutikula, epidermis, hipodermis ve ksilem bölgelerinde kurşun birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1c).



Şekil 1. Çam yapraklarının anatomik yapısı a. kontrol grubuna ait yaprak enine kesiti, b. kontrol grubuna ait yaprak yüzeysel kesiti, c. IV. istasyona ait yaprak enine kesiti, d. IV. istasyona ait yaprak yüzeysel kesiti (E: epidermis, f: floem, hp: hipodermis, K: kutikula, kp: kollu palizat parankimasi, ks: ksilem, r: reçine kanalı, st: stoma)

3.2. Sedir yapraklarının anatomik yapısı üzerine kurşunun etkisi

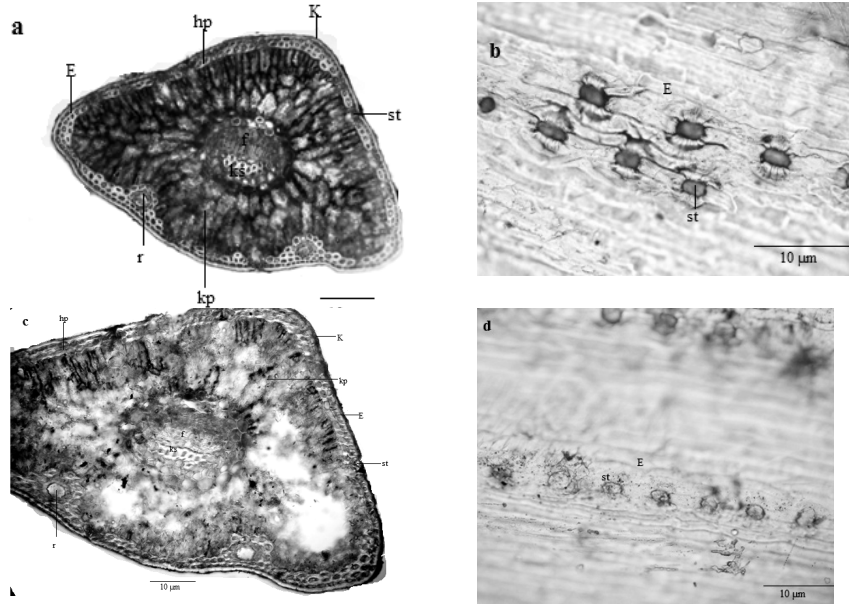
I. istasyondan IV. istasyona doğru gidildikçe yaprak çapı belirgin bir şekilde azalmasına karşın, kutikula kalınlığı önemli derecede artmıştır. Diğer taraftan, epidermis hücre sayısı, eni ve boyunun çalışılan dört istasyona ait yapraklarda kısmen azaldığı tespit edilmiştir. Bu parametreler üzerinde en belirgin azalma IV. istasyona ait örneklerde gözlenmiştir. Benzer şekilde, iletim demeti eni ve boyu ile trakeit çapı da I. istasyondan IV. istasyona doğru ilerledikçe dikkate değer bir şekilde azalmıştır. Söz konusu parametreler üzerinde istatistiki açıdan en belirgin azalma yine IV. istasyona ait yapraklarda görülmüştür (Şekil 2a ve c).

Tablo 2. Sedir yapraklarının bazı anatomik parametreleri üzerine kurşun (Pb) kirliliğinin etkisi

Parametre	Kontrol	I. istasyon	II. istasyon	III. istasyon	IV. istasyon
Yaprak çapı	*780±32.4 ^e	728±19.2 ^d	692±16.4 ^c	644±19.4 ^b	434±32.0 ^a
Kutikula kalınlığı	2.7±0.5 ^a	3.0±0.6 ^a	4.0±0.5 ^b	4.5±0.6 ^{bc}	5.2±0.5 ^c
Epidermis hücre sayısı	14.4±0.5 ^b	13.8±1.3 ^{ab}	13.6±0.5 ^{ab}	13.2±0.5 ^{ab}	12.8±1.3 ^a
Epidermis hücre eni	13.0±1.1 ^c	12.0±1.1 ^{bc}	11.5±1.3 ^{bc}	10.5±1.1 ^b	8.5±1.3 ^a
Epidermis hücre boyu	13.5±1.3 ^b	11.5±1.3 ^{ab}	11.0±0.3 ^{ab}	10.5±2.0 ^a	10.0±1.7 ^a
İletim demeti eni	288±16.4 ^d	244±8.9 ^c	212±8.3 ^b	201±4.5 ^b	142±8.1 ^a
İletim demeti boyu	220±15.8 ^c	198±10.9 ^b	192±8.3 ^b	190±14.1 ^b	156±8.9 ^a
Trakeit çapı	19.5±2.0 ^c	16.5±2.2 ^b	16.0±2.2 ^b	14.5±2.0 ^b	10.5±1.1 ^a
Stoma sayısı	5.0±1.0 ^c	4.8±1.3 ^c	4.0±1.2 ^{bc}	2.6±0.5 ^{ab}	2.0±1.4 ^a
Stoma eni	21.0±2.8 ^d	18.5±4.8 ^{cd}	16.5±1.3 ^{bc}	13.0±2.0 ^{ab}	12.5±1.7 ^a
Stoma boyu	30.0±4.6 ^c	24.5±2.0 ^{bc}	22.5±8.4 ^b	20.5±4.1 ^{ab}	15.0±3.0 ^a
Stoma indeksi	26.6	25.7	22.4	16.4	13.5

* Her bir parametre satırında aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir
± Standart sapma

Çalışılan tüm istasyonlara ait yapraklarda stoma sayısı (I. istasyon hariç), eni, boyu ve indeksi kontrol grubu örneklerine göre değişik derecelerde azalmıştır (Şekil 2b ve d). Diğer yandan, sodyum rodizonat boyası kullanılarak yapılan boyama işleminde çam yapraklarında olduğu gibi IV. istasyona ait sedir yapraklarının enine kesitlerinde de kutikula, epidermis, hipodermis ve ksilem bölgelerinde kurşun birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2c).



Şekil 2. Sedir yapraklarının anatomik yapısı a. kontrol grubuna ait yaprak enine kesiti, b. kontrol grubuna ait yaprak yüzey kesiti, c. IV. istasyona ait yaprak enine kesiti, d. IV. istasyona ait yaprak yüzey kesiti (E: epidermis, f: floem, hp: hipodermis, K: kutikula, kp: kollu palizat parankiması, ks: ksilem, r: reçine kanalı, st: stoma)

4. Sonuçlar ve tartışma

Isparta ili gerek bünyesinde barındırdığı Süleyman Demirel Üniversitesi ve askeri kuruluşları nedeniyle gerekse de Barla ve Eğirdir gibi turistik ilçelerinden dolayı yoğun bir araç trafiğine sahip olan illerimiz arasındadır. Ayrıca, Isparta karayolu ülkemizin sebze ve meyve ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan Antalya iline geçiş konumu oluşturduğundan trafik kökenli kirlenme kaçınılmaz olmaktadır. Süleyman Demirel Üniversitesi kampüsü ile şehir merkezi arasındaki 10 km'lik yolun günde ortalama 1704 otomobil, 166 otobüs, 972 kamyon ve 34 tır olmak üzere toplam 2876 araç tarafından kullanıldığı karayolları tespit raporundan anlaşılmaktadır (Çavuşoğlu vd., 2005). Bu nedenle de bu güzergah üzerinde yer alan bitki örtüsünde trafik kökenli kirlenme hat safhaya çıkmaktadır.

Çavuşoğlu vd. (2005) ile Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu (2005)'nin söz konusu yolda bulunan çam, selvi ve sedir ağaçları ile yaptıkları çalışmaları da bunu doğrular tarzdadır. Bu araştırmacılar Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)'na bağlı EDS (elektron dağılım spektroskopisi) analiz cihazı ile yaptıkları çalışmalarında her üç bitki türünün yapraklarındaki kurşun miktarının üniversiteden şehir merkezine doğru gidildikçe arttığını tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda en az kurşun kirliliğine Süleyman Demirel Üniversitesi kampüs girişinden (I. istasyon) toplanan yaprak örneklerinde, en yüksek kurşun kirliliğine ise şehir merkezinden (V. istasyon) toplanan yaprak örneklerinde rastlanılmıştır. Üniversite girişinden toplanan yaprak örneklerinde kurşun miktarının az olmasının birinci nedeni olarak üniversitenin şehrin dışında yer almasından dolayı trafik yoğunluğunun azalması, ikinci nedeni olarak ise bu bölgenin etrafında hiçbir yerleşim alanının bulunmamasından dolayı hava sirkülasyonunun iyi olması gösterilmiştir. Zira, hava sirkülasyonunun iyi olması araçların egzozlarından çıkan gazların birikmeden kolaylıkla atmosfere yayılmalarına imkan verecektir. Şehir merkezinden toplanan yaprak örneklerinde kurşun miktarının fazla olması da bu araştırmacıların tespitlerini doğrulamıştır. Çünkü, şehir merkezine doğru yaklaştıkça gerek araç gerekse de yerleşim birimlerinin sayısı artmakta, bunun sonucu olarak da araçların egzozlarından çevreye yayılan kurşun miktarı artmakta ve yerleşim birimlerinin hava sirkülasyonunu azaltmasından dolayı da biriken kurşun ve diğer ağır metal iyonları çevredeki bitki örtüsü tarafından tutulmaktadır.

Diğer yandan, çam ve sedir yapraklarının anatomik yapısı üzerine taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin etkisini araştırdığımız bu çalışmamız ile yukarıda sözü edilen çalışma arasında bir paralellik bulunmaktadır. Zira, yaptığımız çalışmada üniversiteden (I. istasyon) şehir merkezine (IV. istasyon) doğru gidildikçe kurşun kirliliğindeki

artışa paralel olarak çam ve sedir yapraklarının anatomik yapısındaki değişimlerin de önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, üniversite kampüs alanından alınan kontrol grubuna ait yaprak örnekleri ile belirlenen dört istasyondan alınan yaprak örnekleri karşılaştırıldığında, istasyonlardan alınan yaprak örneklerinin yüzeylerinin egzoz gazlarından kaynaklanan siyahımsı bir tabaka ile kaplı olduğu görülmüştür. Kurşun kirliliği her iki bitki türünün yapraklarında kutikula kalınlığını artırırken, incelenen diğer anatomik parametreler üzerinde genellikle azaltıcı bir etki yapmıştır (Tablo 1 ve 2). Bununla birlikte, sodyum rodizonat boyası kullanılarak yapılan boyama işleminde her iki türün IV. istasyona ait yaprak enine kesitlerinde kutikula, epidermis, hipodermis ve ksilem bölgelerinde kurşun birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1c ve Şekil 2c). Taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin kutikula kalınlığını artırırken (Dineva, 2005), stoma sayısı, eni ve boyu (Sher ve Hussian, 2006) ile epidermis hücre sayısı (Jahan ve Iqbal, 1992) ve iletim demeti büyüklüğünü (Çavuşoğlu vd., 2005) azalttığı daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir.

Bitkilerin ağır metal stresini hafifletmek için çeşitli tolerans ve direnç mekanizmaları geliştirdikleri, bunlardan bir tanesinin stomalarını kapatmak suretiyle ağır metalin içeriye girişini engellemesi olduğu rapor edilmiştir (Sher ve Hussian, 2006). Işık mikroskopu ile yaptığımız incelemeler sonucunda IV. istasyona ait yaprakların yüzeyel kesitlerinde stomaların büyük oranda kapalı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1d ve Şekil 2d). Yine, her iki türün yapraklarında kutikula kalınlığının artması da kurşun girişini engelleyen bir direnç mekanizma olmalıdır. Ayrıca, çam ve sedir ağaçlarının yapraklarında yaprak çapı, stoma sayısı ve indeksinin azalması da ağır metal stresine karşı adaptasyon sağlanmasına hizmet etmiş ve böylece terleme ile su kaybı en aza indirilmiştir. Benzer şekilde, trake çapı ve iletim demeti büyüklüğünün azalması da organik ve inorganik madde taşınımını kolaylaştırarak adaptasyona zemin hazırlamış olabilir (Tablo 1 ve 2).

Sonuç olarak, trafiğin sebep olduğu kurşun kirliliğinin en aza indirilmesi amacıyla benzine ilave edilen kurşun miktarının gelişmiş ülkelerde olduğu gibi tamamen kaldırılması, araçlarda kurşunsuz benzin ya da LPG kullanımına geçilmesi, egzoz emisyonlarının istenen değere çekilebilmesi için katalitik konvektör kullanımının teşvik edilmesi, yol kenarlarına kurşuna dayanıklı ve kurşun tutucu bitkilerin dikilmesi ve tarımın yol kenarlarından uzak alanlarda yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Albert, L.A., Badilla, F. 1991. Environmental lead in Mexica. Review Environment Contamination and Toxicology. 117.
- Aslan, A., Budak, G., Karabulut, A. 2005. The amounts Fe, Ba, Sr, K, Ca and Ti in some lichens growing in Erzurum province (Turkey). Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 88: 423-431.
- Azmat, R., Haider, S., Askari, S. 2006. Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. Pakistan Journal of Biological Sciences. 9: 979-984.
- Corn, M. 1993. Handbook of hazardous materials. Academic Press, San Diego.
- Çavuşoğlu, K., Çavuşoğlu, K. 2005. *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus libani* A. Rich. yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 7: 37-56.
- Çavuşoğlu, K., Kalyoncu, H., Çavuşoğlu, K., Çavuşoğlu, D. 2005. Çam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) yapraklarında egzoz gazlarından kaynaklanan kurşun (Pb) birikiminin tespiti. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 9: 6-10.
- Dineva, S.B. 2005. Leaf blade structure and the tolerance of *Acer negundo* L. (Box elder) to the polluted environment. Dendrobiology. 53: 11-16.
- Eichhorn, G.L., Butzow, J.J., Shin, Y.A. 1985. Some effects of metal ions on DNA structure and genetic information transfer. Journal of Biosciences. 8: 527-535.
- Friberg, L., Nordberg, G.F., Vouk, V. 1986. Handbook on the toxicology of metals. Oxford Press, New York.
- Harrison, R.M., Laxen, D.P.H., Wilson, S.J. 1981. Chemical association of lead, cadmium, copper and zinc in street dust and roadside soils. Environmental Science Technology. 15: 1378-1383.
- Jahan, S., Iqbal, M.Z. 1992. Morphological and anatomical studies of leaves of different plants affected by motor vehicles exhaust. Journal of Islamic Academy of Sciences. 5: 21-23.
- Karademir, M., Toker, M.C. 1995. Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim ve bitkilerde egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Ankara. 699-711.
- Kennedy, C.D., Gonsalves, F.A.N. 1989. The action of divalen Zn, Cd, Hg, Cu and Pb ions on the ATPase activity of a plasma membrane fraction isolated from roots of *Zea mays*. Plant and Soil. 117: 167-175.
- Kıran, Y., Munzuroğlu, Ö. 2004. Mercimek (*Lens culinaris* medik.) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine kurşunun etkileri. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 16: 1-9.
- Kıran, Y., Şahin, A. 2005. The effects of the lead on the seed germination, root growth and root tip cell mitotic divisions of *lens culinaris* medik. Gazi University Journal of Science. 18: 17-25.

- Kopittke, P.M., Asher, C.J., Blamey, F.P.C., Menzies, N.W. 2007. Toxic effects of Pb²⁺ on the growth and mineral nutrition of signal grass (*Brachiaria decumbens*) and Rhodes grass (*Chloris gayana*). *Plant and Soil*. 300: 127-136.
- Meidner, H., Mansfield, T.A. 1968. *Physiology of stomata*. Graw-Hill, New York.
- Nwosu, J.U., Harding, A.K., Linder, G. 1995. Cadmium and lead uptake by edible crops grown in a silt loam soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 54: 570-578.
- Onar, A.N., Temizer, A. 1987. Çevre kirliliğine etkisinin ölçüsü olarak Cd ve Pb derişimlerinin idrarda tayini. *Doğa Mühendislik ve Çevre Dergisi*. 11: 254-267.
- Öztürk, M.A., Seçmen, Ö. 1996. Bitki ekolojisi. Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir.
- Parys, E., Romanowska, E., Siedlecka, M., Poskuta, J. 1998. The effect of lead on photosynthesis and respiration in detached leaves and in mesophyll protoplasts of *Pisum sativum*. *Acta Physiologiae Plantarum*. 20: 313-322.
- Pasqualini, V., Robles, C., Garzino, S., Greff, S., Melau, A.B., Bonin, G. 2003. Phenolic compounds content in *Pinus halepensis* Mill. Needles: a bioindicator of air pollution. *Chemosphere*. 52: 239-248.
- Purves, D., Mackenzie, E.J. 1969. Trace element contamination of parklands in urban areas. *Journal of Soil Science*. 20: 288-290
- Rolfe, G.L., Bazzaz, F.A. 1975. Effect of lead contamination on transpiration and photosynthesis of loblolly pine and *Autumn olive*. *Forest Science*. 21: 33-35.
- Sawidis, T., Marnasidis, A., Zachariadis, G., Stratis, J. 1995. A study of air pollution with heavy metals in Thessaloniki city (Greece) using trees as biological indicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 28: 118-124.
- Saygıdeğer, S. 1995. *Lycopersicum esculentum* L. bitkisinin çimlenmesi ve gelişimi üzerine kurşunun etkileri. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Ankara. 588-597.
- Sharma, P., Dubey, S. 2005. Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 17: 35-52.
- Sher, Z., Hussian, F. 2006. Effect of automobile traffic on some cultivated trees along road side in Peshawar. *Pakistan Journal of Plant Sciences*. 12: 47-54.
- Symeonidis, L., Karataglis, S. 1992. The Effect of lead and zinc on plant growth and chlorophyll content of *Holcus lanatus* L. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 168: 108-112.
- Toker, M.C. 1988. Uptake of lead by barley (*Hordeum distichon* L.) roots and its relation to potassium. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*. 12: 128-133.
- Ursinyova, M., Hladikova, V., Uhnak, J., Kovacicova, J. 1997. Toxic elements in environmental samples from selected regions in Slovakia. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*. 58: 985-992.
- Van Assche, F., Cliisters, H. 1990. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell and Environment*. 13: 195-206.
- Wheeler, G.L., Rolfe, G.L. 1979. The relationship between daily traffic volume and the distribution of lead in roadside soil and vegetation. *Environmental Pollution*. 18: 265-274.
- Xiong, Z.T. 1997. Heavy metal contamination of urban soils and plants in relation to traffic in Wuhan city, China. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 65: 31-39.
- Yassoglou, N., Kosmas, C., Asimakopoulos, J., Kalliaoun, C. 1987. Heavy metal contamination of roadside soils in the Greater Athens area. *Environmental Pollution*. 47: 293-304.
- Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö. 2004. Effect of lead (Pb⁺⁺) and Copper (Cu⁺⁺) on the growth of root, shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *G.U. Journal of Science*. 17: 1-10.
- Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö. 2006. Effects of heavy metals (Pb⁺⁺, Cu⁺⁺, Cd⁺⁺, Hg⁺⁺) on total protein and abscisic acid content of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv Strike) seedlings. *Fresenius Environmental Bulletin*. 15: 277-282.

(Received for publication 23 May 2009; The date of publication 01 December 2009)