



The effects of lead (Pb) pollution caused by vehicles on the pollen germination and pollen tube growth of apricot (*Prunus armeniaca* cv. Şekerpare)

Semra KILIÇ^{*1}, Kürşat ÇAVUŞOĞLU¹, 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 pollens of apricot trees along a ten km highway between Isparta city center and Süleyman Demirel University were investigated. Lead pollution decreased the pollen length, pollen width, pollen germination percentage and pollen tube growth in comparison with the pollens of control group. In addition, the mentioned pollution caused a variation on the pollen types.

Key words: Apricot, Pollution, Heavy Metal, Lead, Pollen

----- * -----

Taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin kayısı (*Prunus armeniaca* cv. Şekerpare)'da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri

Özet

Bu çalışmada, Isparta ili şehir merkezi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km'lik yol boyunca sıralanan kayısı ağaçlarının polenleri üzerine taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin etkileri araştırılmıştır. Kurşun kirliliği, kontrol grubu polenleri ile karşılaştırıldığında polen boyu, polen eni, polen çimlenme yüzdesi ve polen tüp büyümesini azaltmıştır. Dahası, söz konusu kirlilik polen şekillerinde de değişime sebep olmuştur.

Anahtar kelimeler: Kayısı, Kirlilik, Ağır Metal, Kurşun, Polen

1. Giriş

Bilindiği gibi, çevresel sorunlar 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). Yıllar boyunca birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi ülkemizin çevresel politikaları da bu problemlere kalıcı çözümler üretmeyi başaramamıştır.

Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında endüstri gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan ve artarak devam eden hava kirliliği günümüzde bütün canlıları tehdit eder bir duruma gelmiştir. Bu tehdit ekosistemlerin primer üreticileri konumundaki bitkiler üzerinde çok daha fazladır (Munzuroğlu ve Gür, 2000). 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 alkalleri halinde bulunur ve bunlar kaynama noktaları düşük olduğundan kolaylıkla buharlaşarak havaya karışırlar

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: semra06@gmail.com

(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 radikale ve kurşun metaline 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 çevresinde 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 yinede 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 Cliisters, 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) gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir.

Kurşun sadece vejetatif organları değil, aynı zamanda generatif organları da etkilemektedir. Polenler kurşun kirliliğinden en çok etkilenen yapıların başında gelmektedir. Polen çimlenmesi ve tüp büyümesi atmosfer, ağır metaller, pestisitler ve asit yağmurları gibi çeşitli çevresel kirlleticilerin biyolojik aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Tuna vd., 2002; Gür ve Topdemir, 2005). Ağır metal biriktiren polenler alerjen olarak görev yapmakta ve insanlarda astım gibi çeşitli alerjik problemlere sebep olmaktadır (Navazio vd., 1998; Polovic vd., 2004). Laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarla toksik seviyedeki kurşun iyonlarının polen çimlenmesi ve tüp büyümesini engellediği, polen tüpünün ultrastrüktürünü bozduğu uzun zamanda beri gayet iyi bilinmesine karşın (Chaney ve Strickland, 1984; Sowidis ve Reiss, 1995; Gür ve Topdemir, 2008), taşıtların egzoz gazlarından kaynaklanan kurşunun polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerindeki etkileri yeterince iyi bilinmemektedir. Trafik yoğun olduğu bölgelerde yetişen bitkilerde, kurşunun yapraklarda birikerek toksik düzeylere ulaştığı ve polen çimlenmesi ile tüp büyümesini engellediği sınırlı sayıda çalışma ile gösterilmiştir (Krishnayya ve Bedi, 1986; Yücel, 1996).

Bu çalışmanın amacı, motorlu taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin kayısı polenlerinin bazı morfolojik parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmak ve yeterince aydınlatılmamış olan bu konunun biraz daha açıklığa kavuşturulmasına hizmet etmektir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Örneklem alanları ve örneklerin toplanması

İncelenen kayısı (*Prunus armeniaca* L. cv. Şekerpare) türüne ait çiçek örnekleri 3 Nisan 2009 tarihinde toplanmıştır. Örnek alımı Isparta ili şehir merkezi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasında kalan 10 km'lik yol boyunca gerçekleştirilmiştir. Yol boyunca, biri üniversite girişi diğeri şehir merkezi olmak üzere toplam 2 istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonlardaki ağaçların farklı bölgelerinden en az 10 çiçek örneği alınmıştır. Örnekler toplanırken, ağaçların yola en yakın olan dallarından örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Polietilen poşetlere konularak numaralandırılan çiçekler laboratuvar ortamına getirilmiş ve bir bölümü polen morfolojisini belirlemek için herbaryum materyali haline dönüştürülmüştür. Kontrol grubuna ait çiçek örnekleri ise ana yola 2 km mesafede bulunan bir tarladan alınmıştır.

2.2. Polen preparatlarının hazırlanması

Polen preparatları, herbaryum materyali haline getirilen örneklerden Wodehouse (1935)'un metoduna göre hazırlanarak, bazik fuksin ile boyanmıştır. Her bir istasyona ait toplam 50 polenin ekvatorial ve polar uzunlukları Binoküler Olympus araştırma mikroskobu kullanılarak immersion objektifi (100 x) ve oküler mikrometre (10 x) yardımıyla ölçülmüştür.

2.3. Polen çimlenmesi

Polenler, Brewbaker ve Kwack (1963) kültür ortamında çimlendirilmiştir. Her bir lam üzerine 50 µl kültür ortamı damlatılarak, stereo mikroskop altında steril bir iğne yardımıyla anterden alınan polenler bu ortam içerisine homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Ekim yapılan lamlar, tabanı ıslak bir filtre kağıdı ile kaplı petri kabı içerisinde cam çubuklar üzerine yerleştirilmiştir. Petri kutusunun kapağı kapatıldıktan sonra inkübatöre kaldırılmış ve $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de ve karanlıkta 3 saat bekletilmiştir. Süre sonunda inkübatörden çıkarılan lamlar üzerindeki kültür ortamlarına birer damla % 10'luk etanol damlatılarak fiksasyon işlemi yapılmıştır. Fiksasyon işlemini tamamlandıktan sonra lamel kapatılmış ve ışık mikroskobu altında polenlerin çimlenme yüzdeleri ve tüp uzunlukları belirlenmiştir (Shivanna ve Rangaswamy, 1992).

Tüm deneyler 3 kez tekrarlanmıştır. Tüm parametrelerle ilgili istatistiki değerlendirme SPSS programı kullanılarak Duncan's multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Kayısı polenlerinin bazı morfolojik parametreleri üzerine taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin etkisi ile ilgili bulgular Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kayısı polenlerinin bazı morfolojik parametreleri üzerine kurşun (Pb) kirliliğinin etkisi

Parametre	Kontrol	I. istasyon	II. istasyon
Polen şekli (P/E)	suboblata (0.876)	suboblata (0.870)	oblata-spheroidal (0.915)
Polen boyu (µm)	*39.0±2.8 ^b	33.5±1.3 ^a	32.5±2.2 ^a
Polen eni (µm)	44.5±1.8 ^b	38.5±1.7 ^a	35.5±2.8 ^a
Polen çimlenme (%)	93.6±1.5 ^c	45.8±1.9 ^b	16.8±1.4 ^a
Polen tüp uzunluğu (µm)	269±47.4 ^c	147±31.1 ^b	62±27.8 ^a

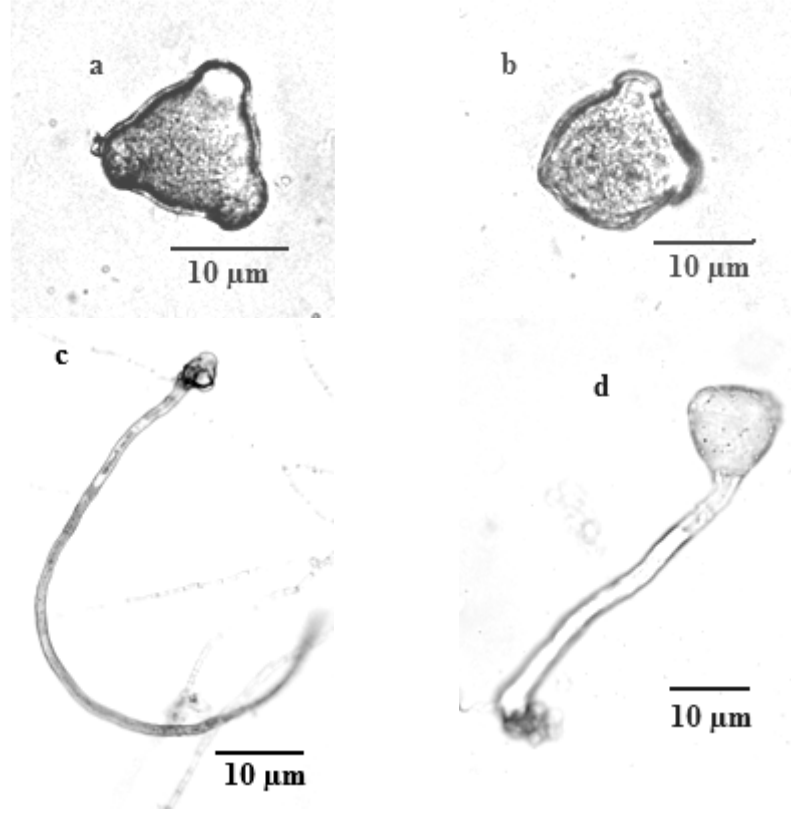
* Her bir parametre satırında aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir ± Standart sapma

I. istasyona ait polenler kontrol grubu polenlerindeki gibi suboblata şekilli iken (Şekil 1a), II. istasyona ait polenler oblata-spheroidal şekilli olmuştur (Şekil 1b). Polen boyu ve eni ise I. ve II. istasyonlara ait örneklerde kontrole göre belirgin bir şekilde azalmıştır. Diğer taraftan, I. ve II. istasyona ait polenlerin çimlenme yüzdeleri ve tüp uzunlukları da kontrol grubuna göre dikkate değer bir şekilde azalmıştır. Söz konusu parametreler üzerinde en bariz azalma II. istasyona ait örneklerde gözlenmiştir (Şekil 1c ve d).

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 kampüsü 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



Şekil 1. Kayısı polenlerinin morfolojik yapısı, **a.** kontrol grubuna ait polen şekli, **b.** II. istasyona ait polen şekli, **c.** kontrol grubuna ait polen tüpü uzunluğu, **d.** II. istasyona ait polen tüpü uzunluğu

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, söz konusu yolda bulunan kayısı ağaçlarının polenleri üzerine taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğinin etkisini araştırdığımız bu çalışmamız ile yukarıda sözü edilen çalışmalar arasında bir paralellik bulunmaktadır. Zira yaptığımız çalışmada üniversite girişinden (I. istasyon) şehir merkezine (II. istasyon) doğru gidildikçe kurşun kirliliğindeki artışa paralel olarak kayısı polenlerinin morfolojik yapısındaki değişimlerinde önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. I. istasyona ait polenler kontrol grubu polenlerindeki gibi suboblata şekilli iken, II. istasyona ait polenler oblata-spheroidal şekilli olmuştur. Polen boyu ve eni ise I. ve II. istasyonlara ait örneklerde kontrole göre belirgin bir şekilde azalmıştır. Dahası, I. istasyondan II. istasyona doğru gidildikçe polenlerin çimlenme yüzdeleri ve tüp uzunlukları da dikkate değer bir şekilde azalmıştır (Tablo 1). Ayrıca, ana yola 2 km uzaklıktan alınan kontrol grubuna ait çiçek örnekleri ile belirlenen istasyonlardan alınan çiçek örnekleri karşılaştırıldığında, istasyonlardan alınan çiçeklerin daha küçük ve yüzeylerinin egzoz gazlarından kaynaklanan siyahımsı bir tabaka ile kaplı olduğu görülmüştür.

Kurşunun elma (Munzuroğlu ve Gür, 2000), tütün (Tuna vd., 2002), çam (Chaney ve Strickland, 1984), meşe ve ladin (Holub ve Ostrolucka, 1984) ile kayısı ve kiraz (Gür ve Topdemir, 2008) polenlerinde çimlenme ve tüp büyümesini engellediği daha önceki çalışmalarda tespit edilmiş olup, elde ettiğimiz sonuçlar bu literatür verileriyle uygunluk içerisindedir. Ağır metal iyonları sadece solunumdaki elektron taşıma sistemini etkilemez (Larcher, 1995) aynı zamanda enzim aktivitesini kısmen veya tamamen inaktif hale getirerek indirekt olarak bitki büyümesini de engellerler. Enzim aktivitesi ve solunumdaki azalmanın bir sonucu olarak polen çimlenmesi ve tüp uzaması da olumsuz yönde etkilemektedir (Aydemir ve İnce, 1988).

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. 88/4. 423-431.
- Aydemir, O., Ince, F. 1988. Bitki besleme. Dicle Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Yayınları No: 2.
- 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. 9/5. 979-984.
- Brewbaker, J.L., Kwack, B.H. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. American Journal of Botany. 50/9. 859-865.
- Chaney, W.R., Strickland, R.C. 1984. Relative toxicity of heavy metals to red pine pollen germination and germ tube elongation. Journal of Environmental Quality. 13/3. 391-394.
- 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. 7/2. 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. 9/2. 6-10.
- 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. 8/3-4. 527-535.
- Friberg, L., Nordberg, G.F., Vouk, V. 1986. Handbook on the toxicology of metals. Oxford Press, New York.
- Gür, N., Topdemir, A. 2005. Effects of heavy metals (Cd⁺⁺, Cu⁺⁺, Pb⁺⁺, Hg⁺⁺) on pollen germination and tube growth of quince (*Cydonia oblonga* M.) and plum (*Prunus domestica* L.). Fresenius Environmental Bulletin. 14/1. 36-39.
- Gür, N., Topdemir, A. 2008. Effects of some heavy metals on in vitro pollen germination and tube growth of apricot (*Armenica vulgaris* Lam.) and cherry (*Cerasus avium* L.). World Applied Sciences Journal. 4/2. 195-198.
- 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. 15/11. 1378-1383.
- Holub, Z., Ostrolucka, G. 1984. The effect of cadmium (II) and lead (II) on pollen germination and pollen tube growth in *Quercus cerris*, *Pinus nigra* and *Picea abies*. Biologia. 38. 393-400.
- Karademir, M., Tokar, 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. 117/2. 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. 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. 18/1. 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. 300/1-2. 127-136.
- Krishnayya, N.S.R., Bedi, S.J. 1986. Effect of automobile lead pollution on *Cassia tora* L. and *Cassia occidentalis* L. Environmental Pollution. 40/3. 221-226.
- Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology. Third Edition, Springer Verlag.
- Munzuroğlu, Ö., Gür, N. 2000. Ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)'da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri. Turkish Journal of Biology. 24/3. 677-684.
- Navazio, L., Sponga, L., Dainese, P., Fichette-Laine, A.C., Faye, L., Baldan, B. 1998. The calcium binding protein calcitculin in pollen of *Liriodendron tulipifera* L. Plant Science. 31/1. 35-42.
- 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. 54/44. 570-578.
- Onar, A.N., Temizer, A. 1987. Çevre kirliliğine etkisinin ölçüsü olarak Cd ve Pb derişimlerinin idrarda tayini. Doğa Mühendislik ve Çevre Dergisi. 11/2. 254-267.
- 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. 20/3. 313-322.

- Polovic, N., Circovic Velickovic, T., Gavrovic Janulovic, M., Burazer, L., Dergovic Petrovic, D., Vuckovic, O. 2004. Ig G bonding of mugwort pollen allergens and allergoids exposed to simulated gastrointestinal conditions measured by a self developed ELISA test. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 69/7. 533–540.
- 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*. 21/1. 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*. 28/1. 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*. 17/1. 35-52.
- Shivanna, K.R., Rangaswamy, N.S. 1992. Pollen biology laboratory manual. Druckerei Kutschbach, Berlin.
- Sowidis, T., Reiss, H.D. 1995. Effects of heavy-metals on pollen-tube growth and ultrastructure. *Protoplasma*. 185/3-4. 113-122.
- 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*. 1/68. 108-112.
- Toker, M.C. 1988. Uptake of lead by barley (*Hordeum distichon* L.) roots and its relation to potassium. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*. 12/2. 128-133.
- Tuna, A.L., Bürün, B., Yokaş, İ., Çoban, E. 2002. The effects of heavy metals on pollen germination and pollen tube length in the tobacco plant. *Turkish Journal of Biology*. 26/2. 109-113.
- Ursinyova, M., Hladikova, V., Uhnak, J., Kovacicova, J. 1997. Toxic elements in environmental samples from selected regions in Slovakia. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*. 58/6. 985-992.
- 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.
- Wodehouse, R.P. 1935. Pollen grain. Mc Graw Hill, New York.
- Xiong, Z.T. 1997. Heavy metal contamination of urban soils and plants in relation to traffic in Wuhan city, China. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 65/1. 31-39.
- Van Assche, F., Cliisters, H. 1990. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell and Environment*. 13/3. 195-206.
- Yassoglou, N., Kosmas, C., Asimakopoulos, J., Kalliaoun, C. 1987. Heavy metal contamination of roadside soils in the Greater Athens area. *Environmental Pollution*. 47/4. 293-304.
- Yücel, E. 1996. Asya servi kavağı kullanılarak Kütahya ilinde trafik kökenli Pb, Cd ve Zn kirliliğinin araştırılması. *Turkish Journal of Botany*. 20/2. 113-116.
- 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*. 17/3. 1-10.

(Received for publication 24 April 2009; The date of publication 01 December 2009)