

TAŞITLARIN SEBEP OLDUĞU KURŞUN (Pb) KİRLİLİĞİNİN *USNEA LONGISSIMA* ACHARIUS KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI

Kadir KINALIOĞLU¹, Kültiğın CAVUSOĞLU¹, Kürşad YAPAR²,
Zafer TURKMEN¹, Emine YALCIN³, Bünyamin ŞENGÜL⁴, Ümit ŞENGÜL⁵,
Ömür DUYAR⁶

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 28049-Debboy Mevkii,
Giresun. e-mail: kinalioglu@mynet.com

²Giresun Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Farmakoloji ABD, 28340-Piraziz,
Giresun. e-mail: k_yapar@hotmail.com

³Kırıkkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 71450-Yahşihan, Kırıkkale.
e-mail: emine1016@yahoo.com

⁴Kırıkkale Üniversitesi, Giresun Meslek Yüksek Okulu, Teknik Programlar Bölümü, 28049-
Debboy Mevkii, Giresun. e-mail: bsengul655@hotmail.com

⁵Giresun Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Bölümü, 28049-Güre Mevkii,
Giresun. e-mail: usengul555@hotmail.com

⁶Fındık Araştırma Enstitüsü, Giresun. e-mail: omurduyar@fae.gov.tr

Alınış: 19 Aralık 2008, Kabul: 7 Ekim 2009

Özet: Bu çalışmada, *Usnea longissima* liken türünde taşıt trafiğın sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliği araştırıldı. Liken örnekleri farklı trafik yoğunluğuna sahip bölgelere yerleştirildi. 45. günün sonunda, toplanan örneklerdeki kurşun miktarları Optik Emisyon Spektrometre tarafından belirlendi. Örneklerdeki kirlilik değerleri sırasıyla Şehir Girişi > Sanayi Bölgesi > Devlet Hastanesi Önü > Fen Edebiyat Fakültesi Bahçesi > Sağlık Yüksek Okulu Bahçesi > Gaziler Mahallesi > Giresun Kalesi şeklinde bulundu. Sonuçlar, kurşun kirliliğinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığını gösterdi. Ayrıca, *Usnea longissima* türünün kurşun kirliliğinin belirlenmesinde biyolojik bir belirteç olarak kullanılabileceği tespit edildi.

Anahtar kelimeler: Kurşun kirliliği, optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES), *Usnea longissima*

INVESTIGATION OF LEAD (Pb) POLLUTION CAUSED FROM VEHICLES BY USING *USNEA LONGISSIMA* ACHARIUS

Abstract: In this study, lead (Pb) pollution caused by vehicle traffic was investigated by using *Usnea longissima* lichen species hanged to different regions of Giresun province center. The lichen samples were hanged to regions having different traffic density. The amounts of lead in the samples collected at the end of 45 days were determined by Optical Emission Spectrometer. The pollution values of the samples were found in the order of City-entrance > Industrial Region > Front of State-hospital > Garden of Science and Art Faculty > Garden of Health High Scholl > Gaziler District > Giresun Castle. The results showed that the lead pollution in the lichen samples increased depending on the traffic density. In addition, it was defined that the *Usnea longissima* species can be used to determine the lead pollution as a biological indicator.

Key words: *Usnea longissima*, Lead (Pb) pollution, optical emission spectrometer (ICP-OES).

GİRİŞ

Günümüzde insan aktivitelerindeki hızlı artış, sağlığımız üzerinde olumsuz etkilere sahip olan atmosferik kirleticilerinin biyolojik döngüsüne etki ederek, atmosferdeki mevcut kimyasal yapının değişimine yol açmıştır (PASQUALINI vd. 2003, RANA vd. 2004). Bilindiği gibi, çevresel problemler son 20 yıldır, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de günlük yaşam problemleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Bu problemlerden başlıcaları: bitki örtüsünün tahrip edilmesi, erozyon, çarpık kentleşme, endüstride kullanılan kimyasallar, termik ve nükleer santraller ile ağır metal kirliliği şeklinde sıralanabilir (ASLAN vd. 2005).

Taşıt trafiği şehir alanlarındaki ağır metal kirliliğinin en önemli kaynaklarından biridir. Gerçekleştirilen pek çok araştırmada, yol kenarlarında yayılış gösteren bitki örtüsünün motorlu taşıtların egzozlarından çıkan ağır metal iyonları tarafından kirletilerek, tahrip edildiğini gösterilmiştir. Ağır metal iyonları arasında, özellikle kurşun (Pb) antropojenik etkilere sahip çok önemli bir çevresel kirleticidir (SUZUKI vd. 2008, ÇAVUŞOĞLU 2002).

Kurşun birkaç bin yıldan beri insanlar için önemli bir metal olmuştur (HARRISON vd. 1981). Kurşunun bitki ve toprak yapısına katılması gübre, herbisit, insektisit, atık sular ve hava kaynaklı gazlar yoluyla olmaktadır (KARADEMİR & TOKER 1995, SHY 1990). Son yıllarda bir takım ciddi önlemler alınmasına rağmen, günümüzde birçok ülkede motorlu araçların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliği problemi hala tam olarak çözümlenememiştir. Bitki kökleri ve stomalar aracılığıyla bitki içerisine alınan kurşun (Pb), bitkinin değişik kısımlarında birikmekte ve besin zincirine girerek dolaylı veya solunum yoluyla doğrudan insan sağlığını etkileyebilmektedir (TOKER 1988). Kurşunun (Pb) sebep olduğu hastalıkların arasında kemik, sinir, böbrek ve kalp-damar hastalıkları gelmektedir (URSINYOVA 1997). Belirtilen tüm bu hususlardan dolayı da insan çevresinde bu elementin oranını izleme ihtiyacı duymuştur.

Biyolojik inceleme (Biomonitoring) atmosferdeki kirleticilerin nitelik ve miktarları hakkında değerli bilgiler sağlayan önemli bir metottur. Ayrıca, bu yöntem diğer geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında uygulaması kolay ve oldukça ucuz bir yöntemdir (ÇAYIR vd. 2007). Son yıllarda, kurşun (Pb) gibi toksik metallerin zararlı etkilerinden sakınmak veya en aza indirmek için, yerel ve bölgesel alanlardaki atmosferin niteliğinin izlenmesinde doğal biyo-indikatörlerin kullanımında önemli bir artış olmuştur (SZCZEPANIK & BIZIUK 2003, NG vd. 2005). Bu amaçla, atmosferdeki metal kirliliğinin seviyelerini etkili bir şekilde izleyebilmek için en fazla tercih edilen canlı grubu ise likenlerdir (YUN vd. 2003, NAYAKA vd. 2003). Likenler, dünya üzerinde çok geniş habitatlarda yaşayan simbiyotik organizmaların seçkin bir grubudur. Şimdiye kadar, dünya üzerinde yaklaşık 20.000 türü tespit edilmiştir. Likenler olumsuz çevre şartlarının hassas belirteçleri olarak bilinirler (NAYAKA vd. 2003). Bu hassas grubun en önemli özelliği, dokuları içindeki atmosferik kirleticilerin seviyelerini olduğu gibi yansıtmasıdır (BEEBY 2001). Geniş bir coğrafik yayılışa ve yüzey alanına sahip olmaları, basit yapıdaki anatomileri, stomaların bulunmayışı, talluslarının kalıcı olması, uzun ömürlü olmaları, pH ve kirleticilerin miktarlarındaki değişimlere karşı yüksek derecede hassasiyet göstermeleri ve iyi gelişmiş bir kök sistemlerinin bulunmaması onları metal kirliliği için hassas belirteçler yapmıştır (HALE 1983, PUCKETT 1988, NIMIS 1990, NAYAKA vd. 2003). Özellikle, kök sisteminin bulunmaması, beslenme için ihtiyaç duyulan besin maddelerinin doğrudan atmosferden temin edilmesini gerekli kılmakta, dolayısıyla da besin maddeleriyle birlikte havadaki

kirlenmelerinde alınmasına neden olmaktadır (BARGAGLI vd. 2002). Koruyucu yapıdaki mumsu bir kutikula tabakasının bulunmaması da, ağır metallerin alınımını kolaylaştıran bir diğer etmendir (NASH 1996). Likenler hava kirliliğine karşı hassaslıklarını tür çeşitliliğini azaltarak, hassas türlerin yok olmasıyla, morfoloji, anatomi ve fizyolojilerinde meydana gelen çeşitli değişimler ile gösterirler (LeBLANC & RAO 1973, MATTHES & FEIGE 1983). Morfolojik değişimlerin en önemlileri oransal bakımından azalma, renk değişimi, kloroz ve nekroz gelişimidir (OTNYUKOVA 2007). Tüm bu özelliklerinden dolayı da likenler, uzun dönemler süresince, atmosferdeki metal iyonlarının bileşimini ve seviyelerini doğru bir şekilde yansıtır.

Bu çalışmada, *Usnea longissima* liken türü biyolojik bir belirteç gibi kullanılarak, Giresun il merkezinde taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin boyutları belirlenmeye çalışılmıştır.

Örnekleme: Örnek asma işlemi 19 Ocak 2008 tarihinde gerçekleştirilmiştir. *Usnea longissima* örnekleri Giresun il merkezinde belirlenen 8 istasyona asılmıştır. İstasyonlar belirlenirken il merkezinin çeşitli bölgelerindeki motorlu taşıtların kullandığı yol kenarları tercih edilmiştir. Şehir Girişi, Sanayi Bölgesi, Devlet Hastanesi önü, Fen Edebiyat Fakültesi bahçesi, Sağlık Yüksek Okulu bahçesi, Gaziler Mahallesi, Giresun Kalesi birer istasyon olarak belirlenmiş. Örnekler hava sirkülasyonuna açık, fakat kuş ya da böcek zararını en aza indirebilme özelliğine sahip olan 0.70 mm gözenek aralıklı, 15 cm boy ve 10 cm yüksekliğindeki tel kafesler içerisine konularak, binalara ait balkonlara sabitlenmek suretiyle asılmıştır.

Kurşun miktarının ölçülmesi: 45. günün sonunda her bir istasyona asılan liken örnekleri steril plastik torbalara toplanmış ve aynı gün laboratuvar ortamına getirilmiştir. Tüm örnekler ardışık olarak distile su ile yıkanmış ve 60 °C’lik etüvde kurutulmuştur. Temizlenen ve kurutulan örnekler plastik bir öğütücü kullanılarak homojenize edilmiştir. Örneklerinin mineralizasyonu bir mikrodalga çözümleme sistemi (CEM Mars X-Press) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 0.5 g kuru liken örneği cam bir kap içerisine konulmuş ve üzerine 10 ml %65’lik konsantre nitrik asit ilave edilerek 50°C’de 2 saat süre ile karıştırılmak suretiyle parçalanmıştır. Soğutma işleminden sonra, örneklerdeki nitrik asit buharlaştırılmış ve üzerine 10 ml saf su ilave edilmiştir. Örnekler filtre edilerek, üzerlerine 25 ml oluncaya kadar saf su eklenilmiştir. Sonunda, kurşun (Pb) miktarları “Perkin Elmer Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)” ile belirlenmiştir. Her bir örnekteki kurşun konsantrasyonları ard arda 3 kez ölçülmüş ve ortalama değerleri alınmıştır (CAYIR vd. 2007). Kurşun konsantrasyonlarının belirlenmesinde standart olarak hazırlanan çözeltiler ile elde edilen kalibrasyon kullanılmıştır. Ayrıca mümkün olduğunca trafikten uzak ve şehir dışına asılan *Usnea longissima* örneği de kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

İstatistiksel analiz: İstatistiksel analizler SPSS 10.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde “Varyans analizi (Anova) ve “Duncan’s testleri” kullanılmıştır. Kontrol grubu ve 7 istasyona asılan liken örneklerine ait verilerin karşılaştırılması sonucunda elde edilen P değerleri 0.05’den küçük olduğunda (P<0.05) istatistiksel açıdan önemli olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Giresun ilinin çeşitli bölgelerinde belirlenen 7 istasyona asılan liken örnekleri ile kontrol grubuna ait ortalama kurşun (Pb) miktarları Tablo I’de verilmiştir.

Tablo I. *Usnea longissima* örneklerindeki ortalama kurşun (Pb) miktarları

İstasyon No	İstasyon Adı	Pb Miktarı (±SD, ppm)
1	Şehir Girişi	11.32±0.18 ^a
2	Sanayi Bölgesi	8.49±0.06 ^b
3	Devlet Hastanesi Önü	8.32±0.11 ^b
4	Fen Edebiyat Fakültesi Bahçesi	7.74±0.18 ^b
5	Sağlık Yüksek Okulu Bahçesi	4.99±0.08 ^c
6	Gazi Mahallesi	1.87±0.13 ^d
7	Giresun Kalesi	0.98±0.06 ^e
8	Kontrol	0.32±0.07 ^f

*Değerler ortalama (±) standart sapma şeklinde gösterilmiştir. Aynı sütün içerisinde farklı harfler ile belirtilen ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Tablodaki sonuçlardan da görüldüğü gibi, incelenen yedi istasyon içerisinde kurşun (Pb) birikimi yönünden en az yoğunluğa sahip istasyonlar 6. ve 7. istasyonlardır. Bu istasyonlara asılan *Usnea longissima* örneklerinde belirlenen kurşun (Pb) miktarları sırası ile 1.87±0.13 ppm ve 0.98±0.06 ppm olarak ölçülmüştür. En yüksek kurşun (Pb) birikimi ise 1. istasyona asılan liken örneğinde gözlenmiştir. Bu istasyona asılan *Usnea longissima* örneğinde 11.32±0.18 ppm düzeyinde kurşun (Pb) ölçülmüştür. Kontrol grubu olarak kullanılmak üzere şehir dışında ve mümkün olduğunca trafikten uzak bölgeye asılan *Usnea longissima* örneğinde ise 0.32±0.07 ppm oranında kurşun (Pb) kirliliği tespit edilmiştir. Duncan testi, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 7 istasyona asılan liken örneklerindeki kurşun (Pb) kirliliğinin istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermiştir (P<0.05).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Giresun ili gerek ulaşım bakımından Türkiye’nin Karadeniz’e açılan kapısı olma, gerekse de ekonomik olarak en büyük ihraç ürünlerimizden biri olan fındığın başkenti olma özelliklerinden dolayı oldukça önemli illerimizden birisidir. Giresun ilinden 24 saatte İç Anadolu ve Karadeniz’e gidiş-geliş yapan araç sayısı yaklaşık 5900’dür. Buna şehirdeki yoğun taşıt trafiği de eklenince, trafik kökenli kurşun (Pb) kirliliği kaçınılmaz olmaktadır. Yaptığımız çalışmada bunu doğrulayan tarzdadır. Örneklem yapılan 7 istasyon içerisinde en yoğun kurşun (Pb) kirliliği sırası ile 1., 2., 3. ve 4. istasyonlara asılan örneklerde tespit edilmiştir. Bu istasyonlar, şehir içi taşıt sayısının ve dolayısıyla da trafiğinin en yoğun olduğu bölgelerdir. Bu dört istasyonun halk tarafından en çok kullanılan yerler olmasının yanında, şehrin coğrafik yapısı itibarıyla ulaşımında bu istasyonların bulunduğu yol güzergâhları üzerinden yapılması bu kirlilikte önemli bir

rol oynamıştır. Şehirdeki en düşük kurşun (Pb) kirliliği ise 6. ve 7. istasyonlara asılan örneklerde belirlenmiştir. Bu istasyonların, diğer istasyonlara göre daha az taşıyıcılığına sahip olmaları kurşun (Pb) kirliliğinin azalmasında en temel sebep olmuştur. 7. istasyonun şehir merkezinden nispeten uzakta yer alması, yüksek rakımlı olması ve en önemlisi ise hava sirkülasyonuna açık olması kirliliğinin azalmasında başrolü oynamıştır. Ayrıca 6. istasyonda düşük kurşun (Pb) kirliliğinin tespit edildiği bir diğer istasyondur. Bu istasyondaki kirliliğinin düşük çıkmasının ana nedeni, taşıyıcı trafiğindeki yoğunluğun az olmasıdır. Bu metallerde yüksek miktarlarda rastlanması, örneklemenin kış aylarında yapılmasından dolayı kalorifer ve soba kaynaklı hava kirliliğinden kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. Bizim bu sonuçlarımız, gerçekleştirilen benzer tarzdaki çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. ÇAVUŞOĞLU vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Kırıkkale il merkezinin çeşitli bölgelerinde belirlenen 11 istasyondan toplanan *Pinus nigra subsp. nigra var. caramanica* türünün yapraklarında taşıyıcıların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliği araştırılmıştır. ÇAYIR vd. (2007) tarafından *Cladonia rangiformis* liken türü kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada ise, Balıkesir ve Çanakkale illerinde belirlenen 10 istasyonda, ağır metal kirliliğinin boyutları araştırılmıştır. Sonuçta, ağır metal kirliliğinin il merkezleri civarında yoğunlaştığı, özellikle kurşun (Pb) ve çinko (Zn) seviyelerinde önemli artışların olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bizim bu çalışmamızda Giresun il merkezinde belirlenen 7 istasyona asılan *Usnea longissima* liken türünde trafik kaynaklı kurşun (Pb) kirliliği araştırılmaya ve kirliliğin boyutları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sonuçta kurşun kirliliğinin trafik yoğunluğu ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Bu konuda alınabilecek önlemler ise, benzine ilave edilen kurşun miktarının en aza indirilmesi, kurşun içeren kimyasal madde kullanımının sınırlandırılması veya yasaklanması, yol kenarlarına *Agrostis tenois*, *Deschamsia flexuosa* ve *Festuca ovina* (Hoiland & Oftedal, 1980; Brown & Brinkmann, 2004) gibi kurşuna dayanıklı ve kurşun tutucu bitkilerin dikilmesi şeklinde sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- 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 & Radiative Transfer*, 88, 423–431.
- BARGAGLI R, MONACI F, BORGHINI F, BRAVI F, AGRONELLI C, 2002. Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia carperata* in a former mining district in Italy. *Environmental Pollution*, 116, 279–287.
- BEEBY A, 2001. What do sentinels stand for?. *Environmental Pollution*, 112, 285–298.
- BROWN G, BRINKMANN K, 2004. Heavy metal tolerance in *Festuca ovina* L. from contaminated sites in the Eifel Mountains, Germany. *Plant and Soil*, 143, 239–247.
- ÇAVUŞOĞLU K, 2002. İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) yapraklarında kurşun (Pb) yoğunluğunun araştırılması. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6, 191–196.
- ÇAVUŞOĞLU K, ÇAKIR Ş, KIRINDI T, 2006. Kırıkkale İlinin çeşitli bölgelerinde yol kenarlarından toplanan *P. nigra* (J.F. Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica*

- (Loudon) Rehder türündeki kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 11–25.
- ÇAVUŞOĞLU K, ÇAKIR ARICA Ş, 2007. *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder. türünün yapraklarındaki kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 64, 34–40.
- ÇAYIR A, COŞKUN M, ÇOŞKUN M, 2007. Determination of Atmospheric Heavy Metal Pollution in Canakkale and Balıkesir Provinces Using Lichen (*Cladonia rangiformis*) as a Bioindicator. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 1, 79, 367–370.
- HALE ME, 1983. *The Biology of Lichens*, Edward Arnold, London, pp. 190.
- HARRISON RM, LAXEN DPH, WILSON SJ, 1981. Chemical association of lead, cadmium, copper and zinc in street dust and roadside soils. *Environmental Science Technology*, 15, 1378–1383.
- HOILAND K, OFTEDAL P, 1980. Lead-Tolerance in *Deschampsia flexuosa* from a Naturally Lead Polluted Area in S Norway. *Oikos*, 34, 168-172.
- KARADEMİR M, TOKER C, 1995. Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim ve bitkilerde ekzoslarından gelen kurşun birikimi. II. *Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri*, 11–13 Eylül, Ankara, pp. 15–20.
- LeBLANC F, RAO DN, 1973. Evaluation of the pollution and drought hypotheses in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist*, 76, 1–19.
- MATTHES U, FEIGE GB, 1983. Ecophysiology of lichen symbioses. In: LANGE OL, NOBEL PS, OSMOND CB & ZIEGER H (Eds.) *Physiological plant ecology III. Responses to the chemical and physiol environment*. Encyclopaedia Plant Physiology 12C, Springer, Berlin Heidelberg New York, pp. 423–467
- NASH TH, 1996. *Lichen Biology*. Cambridge University Press, New York, pp. 154–180.
- NAYAKA S, UPRETI DK, GADGIL M, PANDEY V, 2003. Distribution pattern and heavy metal accumulation in lichens of Bangalore city with special reference to Lalbagh garden. *Current Science*, 84, 674–680.
- NG OH, TAN BC, OBBARD JP, 2005. Lichens as bioindicators of atmospheric heavy metal pollution in singapore. *Environmental Monitoring and Assessment*, 123: 63–74.
- NIMIS PL, 1990. Proceeding of a Workshop on Indicators and Indices. In: COLOMBO AG & PREMAZZI G (Eds.), JRC Ispra, EUR 13060 EN, pp. 93–126.
- OTNYUKOVA T, 2007. Epiphytic lichen growth abnormalities and element concentrations as early indicators of forest decline. *Environmental Pollution*, 146, 359–365.
- PASQUALINI V., ROBLES C, GARZINO S, GREFF S, MELAU AB, BONIN G, 2003. Phenolic compounds content in *Pinus halepensis* Mill. Needles: a bioindicator of air pollution. *Chemosphere*, 52, 239–248.
- PUCKETT KJ, 1988. *Lichens, Bryophytes and Air Quality*. In: NASH TH & WIRTH V (Eds.), *Biblica Lichenologist*, Berlin, pp. 231–267.
- RANA T, GUPTA S, KUMAR D, SHARMA S, RANA M, RATHORE VS, PEREIRA BMJ, 2004. Toxic effects of pulp and paper-mill effluents on male reproductive organs and some systemic parameters in rats. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 18, 1–7.

- SHY CM, 1990. Lead in petrol the mistake of the XXth. *Rapp Trimest Statist Sanit Mond*, 43, 168–176.
- SUZUKI K, YABUKI T, ONO Y, 2008. Roadside *Rhododendron pulchrum* leaves as bioindicators of heavy metal pollution in traffic areas of Okayama, Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149, 133-141
- SZCZEPANIK K, BIZIUK M, 2003. Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental Research*, 93, 221–230.
- TOKER MC, 1988. Uptake of lead by barley (*Hordeum distichon* L.) roots and its relation to potassium. *Doga: Turk 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.
- YUN M, LONGERICH HP, WADLEIGH MA, 2003. The determination of 18 trace elements in lichens for atmospheric monitoring using inductively coupled plasma–mass spectrometry. *Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy*, 48, 171–180.