

## Çevre kirliliğinin böcekler üzerine etkileri

Selma ÜLGENTÜRK\*

Seval TOROS\*

### Summary

#### Effects of environmental pollution on insects

Environmental pollution causes physiological changes as well as total destruction, decrease of certain species and causes increases in the population of some insect species. The studies show that certain species of insects can be used as bioindicator for pollution levels in ecological systems. Therefore it will be possible to determine the degree of pollution of the forests affected by pollution on the basis of this fact.

### Giriş

Çevre, canlının içinde yaşadığı toprak, su ve atmosferden oluşan bir ortamdır. Biyotik ve abiyotik faktörler canlıyı, canlı da bazı faaliyetleri ile çevreyi etkiler. Bu karşılıklı etkileşimler ekosistem içinde sürüp gider. Ekosistem içinde zehirli gazların, toz, duman, sis, koku ve katı parçacıklarla bunların karışım miktarlarının toprak, su ve atmosferde kabul edilen bazı değerlerin üstüne çıkmasına "Çevre Kirliliği" denir.

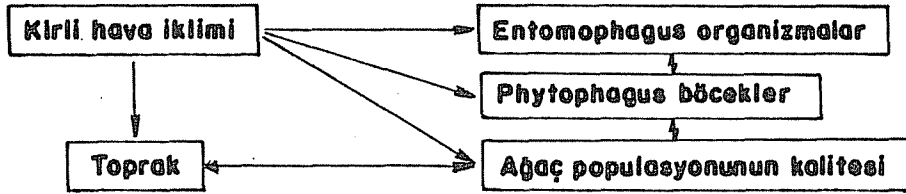
Çevre kirliliği bir ekosistemdeki faaliyetlere müdahalede bulunan ekolojik bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Kirlilik, bileşim ve karışım oranına göre antagonistik veya sinerjistik olarak çalışan gaz birikimleri veya kimyasal katı parçacıklar şeklinde ekosisteme girmektedir.

1970 yılı verilerine göre motorlu taşıtlardan yılda 100 milyon ton, endüstriyel kaynaklardan 26 milyon ton, elektrik üretim merkezlerinden 22 milyon ton, ısınma sistemlerinden 9 milyon ton atık madde çevreye karışmaktadır (Mudd and Kozlowski, 1975). Ekosistemde bulunan tüm organizmalar bu kimyasal maddeler ve onların metabolitleri ile çeşitli şekillerde ilişkiye girmektedir. Bu ilişkinin olabilirliği; (a) kimyasal maddenin doğası, depolanma şekli ve dinamiği, bulaşmanın devamlılığı, (b) vegetasyon yapısı ve tür zenginliği, (c) ekosistemin besin zincirindeki organizmaların rolü, (d) organizmaların özel yaşama yerleri gibi bazı önemli noktalara bağlıdır.

\* Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110 Dışkapı, Ankara

Alınış (Received) : 3.2.1992

Çevre kirliliğinin olumsuz etkileri, konukçu bitkinin her yıl değiştirildiği tarım alanlarına göre, uzun yıllar kirliliğe maruz kalmış orman alanlarında daha çok göze çarpmaktadır. Kirlilik kaynağından hava hareketleri ile çok uzaklara taşınan kimyasal maddeler ve zehirli gazlar, insan ve yaban hayatındaki canlılar için zararlı olmaktadır. Asit yağmurları ve diğer şekillerde orman ağaçlarını ve ağaçlar altındaki çalıcıkları, ephytic likenleri, bryophytes'leri öldürmeleri yanında, konukçu bitkilerin dayanma gücünü azaltıp, besin kalitesini değiştirerek, üzerinde yaşayan böcekler için daha uygun hale getirmektedir (Baltensweiler, 1985). Bu durum, zararlı böceklerin popülasyonunun hızla artması ile sonuçlanmakta, buna ağaçların kirlilik nedeniyle yaşadıkları stres eklince orman ölümleri hızlanmaktadır. Çevre kirliliğinin böceklerle olan etkileri araştırılırken; (1) konukçu bitkilerin besin karakterinde bir değişim olup olmadığı, değişme var ise herbivor böceklerin bu değişimden hangi şekilde etkilendiği, (2) çevre kirliliğinin böceğin üremesini, konukçu bitkiden yararlanma yeteneğini, doğal düşmanlarına dayanıklılığını değiştirip değiştirmediği, (3) doğal düşmanların fizyolojik kapasitesi ve onların düzenleyici rolleri üzerinde bir etkiye sahip olup olmadığı gibi noktalar göz önünde tutulmalıdır (Şekil 1). Çevre kirliliğini oluşturan etkenler sadece zehirli gazlar, ağır metaller değildir. Tarımsal gübre ve hormonlar, pestisitler gibi girdiler de bu etkenlerin içindedir. Ancak bu makalede sadece zehirli gazlar ve ağır metallerin böceklerle etkileri üzerinde durulacaktır.



Şekil 1. Orman ekosisteminde hava kirliliğinin rolü (Führer, 1985)

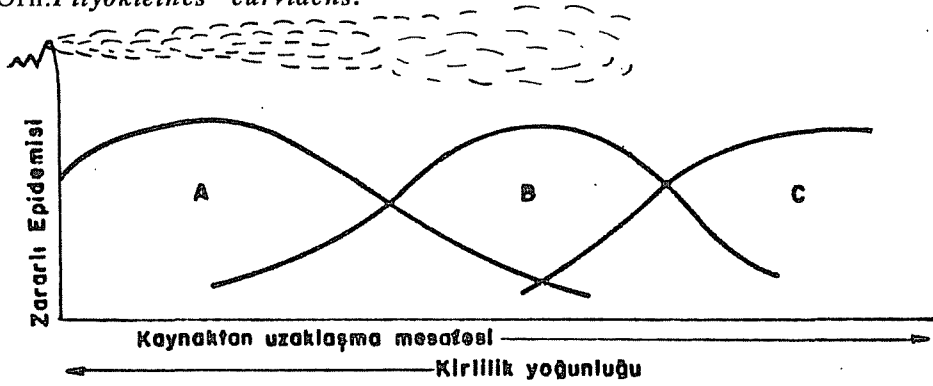
## Zehirli gazlar ve böceklerle etkileri

Çevre kirliliğini meydana getiren  $SO_2$ , HF,  $NO_x$  ve  $O_3$  'un böceklerle etkileri üzerine ayrıntılı bilgi vermeye geçmeden önce, böceklerin hava kirliliği yoğunluğuna gösterdikleri tepkilere göre nasıl sınıflandırıldığının bilinmesinde fayda vardır (Führer, 1985). Buna göre böcekler 3 tipe ayrılabilir (Şekil 2):

A Tipi : Bu tipteki böceklerin yüksek kirlilik yoğunluğundan avantaj sağladıkları açıkça ortadadır. Bu alanlarda sık sık veya kronik şekilde epidemiyaptıkları tespit edilmiştir. Örn. *Exoteleia dodecella*, *Rhyacionia buoliana* v.d.

B Tipi : Bu türler hava kirliliğine orta derecede hassastır. Kirlilik merkezlerinde bulunmazlar veya çok azdırlar. Orta ve düşük yoğunluktaki hava kirliliği bu böceklerin yaşaması için uygundur. Ancak düşük kirlilik seviyesinde bile doğal düşmanları yok olur. Örn. *Phaenops cyanea*, *Ips sexdentatus*, *I.typographus*, *Pristiphora abietina*.

C Tipi : Bunlar kirliliğe aşırı duyarlılık gösteren böceklerdir. Normal koşullarda rahatlıkla yaşamlarını sürdürebildikleri bu alanlarda, kirlilik nedeniyle yaşayamazlar, Örn. *Pityokteines curvidens*.



Şekil 2. Farklı yoğunluktaki hava kirliliğinde çeşitli böcek türlerinin epidemi olasılıkları (Führer, 1985) (A, B, C ile ilgili açıklamalar metin içerisinde)

Hava kirliliğinin böceklere olan etkisi pek çok bilim adamı tarafından gerek laboratuvar gerekse doğal koşullarda araştırılmaktadır. Denemeler, çeşitli böcek ve bitki türlerinin farklı kirlenici gazlara ve onların farklı konsantrasyonlarına türlü şekillerde tepki gösterdiklerini ortaya koymuştur.  $SO_2$  ve  $NO_2$  'in düşük dozları bitkilerde metabolik işlevleri ve gelişimi hızlandırmak gibi bazı etkiler sebebiyle herbivor böceklere bazı avantajlar sağlamaktadır. Ancak ozon uygulamaları, bitkilerde fotosentezin azalmasına, stomaların kapanmasına, translokasyonun engellenmesine yol açabilmesi yanında yüksek dozlu uygulamalar, bitkilerde, gözle görülür zararlanmalara neden olmaktadır. Ozonun çığneyici ağız parçalarına sahip böcekler üzerine etkileri çeşitli şekillerde ortaya çıkmaktadır. Örneğin ozon ile muamele edilmiş *Rumex obtusifolius* bitkisinde beslenen *Gastrophysa viridula* (Col.: Chrysomelidae) daha az besin tüketmesine rağmen yumurta, larva sayısı ve yaşama gücü, kontrol grubunda bulunanlardan daha yüksek bulunmuştur. Ancak uygulama yapılmış ve yapılmamış bitkiler üzerindeki larvaların gelişme süresinin aynı olduğu tespit edilmiştir (Whittaker et al., 1989). Yine bir chrysomelid türü olan *Epilachna varivestis*'in çoğalması hidrojenflorid uygulanan *Phaseolus vulgaris* ve *Glycine max* bitkilerinde azalırken,  $SO_2$  uygulanan bitkiler üzerinde artmıştır. Aynı türün, ozon ile muamele edilmiş fasulyalar üzerinde (40 nl/litre) gelişme süresinin kısaldığı, larval ağırlığının ise arttığı tespit edilmiştir (Chappelka et al., 1988). *Populus deltooides* bitkisine uygulanan ozon, bitkinin yapraklarında besin kalitesinin azalmasına sebep olmuştur. Bu durum, üzerinde beslenen *Plagioderia versicolora*'nın daha fazla yaprak tüketmesi ile sonuçlanmış ancak böceğin çoğalma kapasitesinde kontrol grubuna göre düşüş gözlenmiştir (Coleman and Jones, 1988a). *L. dispar* larvaları ile yapılan denemeler farklı dozda ozon uygulamalarının, böceğin beslenme tercihini değiştirebildiğini ortaya koymuştur. Larvaların 15 pphm ozon uygulanmış *Quercus alba* yapraklarını, 9 pphm uygulanmış olanlara göre daha fazla tükettikleri dikkati çekmiştir (Jefferson and Endress, 1984). Böcekler ozonun beslenme öncesi veya beslenme sırasında uygulanmasına da farklı tepki göstermektedir. Örneğin *Keiferia lycopersica*'nın ozon uygulamasından önce domates bitkisine pozitif tepki gösterirken, uygulamadan sonra negatif bir reaksiyon gösterdikleri saptanmıştır (Trumble et al., 1987).

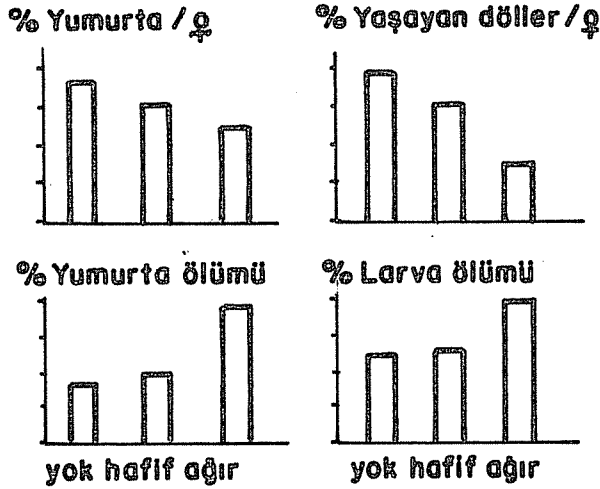
Sokucu emici ağız parçalarına sahip böcekler ile yapılan ozon gazı denemeleri bir-biriyle çelişen sonuçlar ortaya koymaktadır. 200 nl/litre ozon uygulanmış kavaklar üzerinde beslenen *Chaitophorus populicola*'nın gelişmesi, üremesi ve yaşamı üzerine, ozonun herhangi bir etkisi görülmezken (Coleman and Jones, 1988b), 0.085ppm ozon ile fumige edilen *Vicia faba* üzerinde beslenen *A.fabae* 'nin ortalama ağırlığında düşme saptanmıştır. Aynı bitki 7 gün süreyle 0.15 ppm SO<sub>2</sub> veya 0.2 ppm NO<sub>2</sub> ile fumige edildiğinde *A.fabae*'nin ortalama ağırlığında kontrol grubuna göre artış tespit edilmiştir (Dohmen, 1988). Benzer şekilde, 21-206 nl/litre O<sub>3</sub> uygulanmış bezelyede beslenen *A.pisum* ve *A.rumicis*'in, ortalama ağırlığında kontrole göre %24 oranında değişme olduğu, ancak yaprakbitlerinin tepkilerinde doza bağlı bir değişme görülmediği saptanmıştır (Whittaker et al., 1989). Ergin oluncaya kadar 50 veya 80 nl/litre SO<sub>2</sub>'ye maruz bırakılmış *Pisum sativum*'da beslenen *Acyrtosiphon pisum* bireylerinde, çoğalma periyodu boyunca filtre edilmiş havada yetiştirilenlere göre nimf üretiminde %19'luk artış olduğu belirlenmiştir. Çevre atmosferine (ambient air) 45 nl/litre SO<sub>2</sub> ilave edilmiş sera koşullarında yetiştirilen *P.sativum*'da yaprakbitinin popülasyonu sadece atmosfer koşullarında yetiştirilenlere göre ortalama 1.8 kat daha fazla olmuştur (Warrington et al., 1987).

Kirletici gazların böcekler etkileri doğal koşullarda da incelenmiştir. Çevre atmosferine maruz bırakılan *Phaseolus vulgaris*'de beslenen *A.fabae*'nin popülasyon yoğunluğunda azalma görülürken, *Fagus sylvatica*'da beslenen *Phylaphis fagi*'nin popülasyon yoğunluğunda yükselme olduğu tespit edilmiştir. Konukçu bitkilerden *Fagus*'un floem özsuyu analizi, aminoasit/şeker oranının filtre edilmiş atmosferde yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. *P.vulgaris*'in floem öz suyunda bir bakımdan bir farklılık belirlenmemiştir (Braun and Flückiger, 1989). Nitekim bir karayolu atmosferinde bulunan kirleticilerden NO<sub>x</sub> ve hidrokarbonların *P.vulgaris* ve *Viburnum opulus*'un floem öz suyundaki aminoasitlerin kalite ve kantitesinde değişmeye sebep olduğu ortaya konmuştur. Buna bağlı olarak *A.fabae*'nin popülasyonunda artma ve gelişmesinde hızlanma saptanmıştır (Bolsinger and Flückiger, 1989). Aynı şekilde Spencer et al. (1988), yol kenarına en yakın topraklarda yetişen *Lolium perenne* 'nin kuru ağırlığında ve toplam nitrojen içeriğinde daha uzak mesafelerde yetişenlere göre bir artış olduğunu, bu bitkilerde yetişen *R.padi*'nin daha çabuk ergin hale geldiğini ve daha çabuk ürediğini tespit etmiştir. Bu durum bitki nitrojeninin yaprakbitleri üzerindeki önemli etkisinin bir kanıtıdır. Yolları kar ve buzdan temizlemek için kullanılan tuzlar, bitkilerin kuru ağırlığını ve toplam nitrojen içeriğini önemli şekilde etkilemektedir. Bunun, tuzların toprağın NO<sub>x</sub> absorpsiyonunda ve oksidasyonunda önemli bir role sahip olmasından ve onları bitki için daha elverişli hale getirebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Spencer and Port, 1988). Yapay asit buharı karışımları uygulaması ise her iki türün popülasyon artışını engellemiştir. Yapay asit buharı karışımlarının *Cinera pinea*'ya etkilerine ilişkin arazi uygulamalı simulasyon modelleri %10'luk popülasyon artışı ön görürken, aynı yıl meydana gelen popülasyon artışı %100 olmuştur (Kidd, 1991). Çeşitli kentlerin hava kirliliğinin yaprakbitlerine etkisi doğal koşullarda araştırılmıştır. Yaz boyunca Londra'da *Vicia faba*'da beslenen yaprakbitlerinin popülasyon yoğunluğu, filtre edilmiş havada yetiştirilenlere göre önemli derecede yüksek bulunurken, Münih'te güllerde bulunan *Macrosiphum rosae*'nin popülasyon yoğunluğu yaklaşık %20 artış göstermiştir (Dohmen, 1988). Batı Finlandiya'nın endüstri bölgesi Harjavalta'da kirlilik kaynaklarından yılda 10.000 tondan fazla SO<sub>2</sub> ve sülfirik asit yayılmaktadır. Bu atıklar çevrede bulunan çam ağaçlarını olumsuz

yönde etkilediği gibi, bir çam zararlısı olan *Aradus cinnamomeus*'un da sayısını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu bölgede böcek yoğunluğunun, kirlilikten etkilenmeyen bölgelerdeki yoğunluktan 100 kat daha yüksek olduğu saptanmıştır. Fabrikalardan uzaklaşıldıkça böcek sayısında düşüş kaydedilmiştir (Heliövaara and Vaisanen, 1986). Köknar ağaçlarında yaşayan *Adelges piceae* (Hom.; Adelgidae) popülasyonunun hava kirliliğine bağlı olarak arttığı, bunun sonucunda köknarlarda ölümün hızlandığı bildirilmektedir (Hain and Arthur, 1985). *Adalia bipunctata*'nın melanik formlarının yoğunluğu 1960'lı yıllarda Birmingham'ın dumansız bölge ilan edilmesi ve temiz hava kanununun çıkarılmasından kısa bir süre sonra, düşmeye başlamıştır. Bazı araştırmacılar bunu, kirliliğin melanizme olan doğrudan selektif etkisine bağlarken, diğerleri dumanın yere ulaşan güneş ışığı radyasyonunu azaltan etkisinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Melanik formların yoğunluğundaki azalma, havadaki duman seviyesiyle pozitif bir ilişki gösterirken, kükürtdioksit seviyesiyle zayıf bir ilişki göstermektedir (Brakerfield and Lees, 1987). Polonya ormanlarında tuzaklara yakalanan böcek sayısıyla endüstriyel kirliliğin derecesi arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Orman tabanında yakalanan artropodların sayısı ve çeşitliliği hassas bir biyoindeksör olarak görülmektedir. Bu durum özellikle SO<sub>2</sub> ile pozitif şekilde ilişkili olarak karşımıza çıkmaktadır (Chlodny et al., 1987).

### Atmosferik ağır metal kirleticilerin böceklere etkileri

Atmosferik ağır metal kirleticilerin böceklere etkileri daha çok orman alanlarında olmak üzere pek çok bilim adamı tarafından çalışılmıştır. Norveç ladinleri üzerinde beslenen *Pityogenes chalcographus* 'un yumurta ve larva ölümlerindeki artış ağır metal-lerle ilişkili bulunmuş ve böceğin çoğalmasını azalttığı tespit edilmiştir (Führer, 1985) (Şekil 3).



Şekil 3. *Pityogenes chalcographus* 'a ağaçlardaki kirlilik birikiminin etkisi (Führer, 1985).

Çeşitli araştırmacılar böceklerin beslendiği bitkilerdeki kirlilik birikiminin pupa bo-yutları üzerine önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Avrupa scot çamlarının iki önemli zararlısı olan *Bupalus piniarius* (Lep.; Geometridae) ve *Panolis flammea* (Lep.; Noctuidae) larvaları kirlilik kaynaklarına farklı uzaklıklarda bulunan çam ibrelerinde

yetiştirilmiştir. Her iki tür içinde ağırlıkla ilgili en düşük değerler kirlilik kaynağına en yakın örnek alanından elde edilmiştir. Kontrol grubuna göre *P.flammea* ve *B.piniarius* 'un dişi pupa ağırlıklarında sırasıyla %25, %54, erkek pupa ağırlıklarında %47, %29'luk varyasyon saptanmıştır (Heliövaara et al., 1989). En yüksek metal birikimi fabrikalara en yakın alanda tespit edilmiştir. *B.piniarius*'ta Cu:137, Fe:83, Ni:2.1, Cd:0.9, *P.flammea* 'da Cu:89, Fe:59, Ni:5.3, Cd:29  $\mu\text{g}\text{g}^{-1}$  olarak saptanmıştır. *P.flammea*'da saptanan Ni ve Cd birikimi diğer türe göre 5 kat daha fazla bulunmuştur. Bunlardan Cd'un *P.flammea* 'da biyoakümüle olduğu saptanmış, *B.piniarius* 'ta böyle bir olay tespit edilememiştir (Heliövaara and Vaisanen, 1990). Aynı şekilde bir bakir işletmesinin çevresindeki çayırıklarda yaşayan çayır çekirgesi *Chorthippus brunneus* 'un vücudundaki Cu yoğunluğu kontrol bölgesindeki çekirgelerin tüm gelişme dönemlerinde sabit kaldığı halde, işletme bölgesinde 2.nimf döneminden 4.nimf dönemine kadar yavaş yavaş arttığı saptanmıştır. Ancak henüz ergin olmuş bireylerde Cu yoğunluğunun bir önceki döneme göre daha düşük bulunması, vücutta biriken bakırın bir kısmının son deri değiştirme sırasında atıldığına bir kanıtı olarak kabul edilmiştir. Nitekim ağır metallerin deride daha fazla biriktiği ortaya konmuştur. Kadmium birikiminin ise bakırdan farklı olarak vücutta en fazla 2.nimf döneminde gerçekleştiği bu dönemden ergine doğru yavaş yavaş azaldığı tespit edilmiştir (Hunter et al., 1987). Ağır metallerin vücuttaki birikimi türlere göre değişiklik göstermektedir. Nitekim 4 diprionid türünde en yüksek metal birikimi *Microdiprion pallipes* , en düşük ise *Gilpia virens* 'te tespit edilmiştir. Kadmiumun, *Neodiprion sertifer*, *Gilpinia frutetorum* 'da özellikle de *M.pallipes* 'te biyoakümüle olduğu bildirilmiştir (Heliövaara and Vaisanen, 1989). Ağır metal kirliliği yaşanan bir orman alanında carabid türlerinin çeşitliliği ile toprak katmanlarının metal yoğunluğu arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ağır kirlilik gösteren katmanlarda pek çok türün sayısının azaldığı, ancak çok az türün birey sayısında yükselme olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında saptanan 38 carabid türünden *Nebria brevicollis* 'in bütün bölgelerde, özellikle de maden eritme bölgesinde daha yaygın olduğu tespit edilmiştir. Bu türün normal koşullarda yaz diyapozu geçirdiği halde kirli alanlarda diyapozu girmedeği belirlenmiştir. Bu durumun, adı geçen türün avı olan bazı akar ve Collembola türlerinin kirlilik nedeniyle bu bölgelerde azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Read et al., 1987).

Tietze (1987) Macaristan'da geleneksel tarım yöntemleri ve endüstriyel kirliliğin çayırda yaşayan carabid komünitelerini etkileyerek değiştirdiğini bildirmektedir. *Carabus auratus*, *C.nemorialis*, *C.concellata*, *Syncushus nivalis* ve *Amara aulica* dikkat çekecek kadar azalmış, komüniteler tür zenginliği açısından fakirleşmiş, ancak endüstriyel kirlilik etkisinin, tarımsal uygulamalardan daha az olduğu belirlenmiştir. İsviçre ormanları ladinlerinde kirliliğin ibre kaybına sebep olduğu, bu durumun ladinlerde yaşayan örümcekler ve diğer artropodların habitat yapısında bir dizi değişime neden olarak iri örümceklerin popülasyonunda düşüşe sebep olduğu saptanmıştır (Gunnarson, 1988).

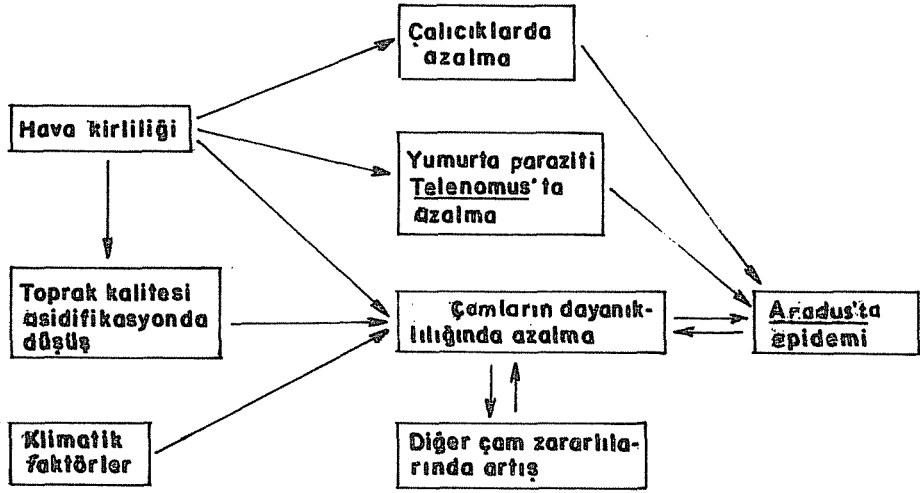
Karıncalarla ilgili bulgular, bu böceklerin uzun süredenberi kirli bölgelerde yaşayabildiklerini göstermektedir. Ancak karınca üremesi, ölümü, popülasyon değişimi üzerinde ağır metallerin etkisi ile ilgili yeterli araştırma yoktur. Karıncaların bu bölgelerde yaşamaları, belki artan yaprakbiti popülasyonu ve faaliyeti ile açıklanabilir. Kirlilik/karıncı ilişkisi yiyecek toplama amacıyla dolaşma sırasında ve doğrudan aldıkları besinlerle olmaktadır. Çalışmada bir yuvanın ağzındaki toprağın kirlilik oranı baz alınarak, yuvadan ayrılan ve dönen karıncaların ağır metal bulaşıklığı araştırılmış, yu-

vaya dönen karıncaların ağır metal içeriği, ayrılanlardan bir kaç kez daha yüksek bulunmuştur (Cetvel 1). Ağır metal seviyesinin işçilerde, sexual döllerde ve yeni ergin olmuş bireylerde farklı olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte karınca yuvasının ana bulaşma kaynağı balçığıdır. Yaprakbitleri balçığı üretimini arttırdıkça karıncalarda faaliyet hızlanmakta ve balçığı ile birlikte yuvaya giren ağır metal oranı yükselmektedir. Bu çalışma, kirli ve temiz bölgelerdeki karıncaların ağır metal oranının, ekosistemdeki kirliliği saptamada bir biyoindikatör olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir (Stary and Kubiznakova, 1987).

Cetvel 1. Yuva yüzeyi, yuvaya en yakın bölgeler ve yaprakbiti kolonisine en yakın yollarda bulunan karıncaların ağır metal içeriği ( $\mu$ /1g kuru materyal) (Stary and Kubiznakova, 1987)

Yer ve Türler	Ağaç	Yön	Pb	Cd	Cu	Zn
Yuva yüzeyi						
<i>F.rufa</i>	-	-	124.406	26.116	12.350	319.055
<i>F.polyctona</i>	-	-	129.411	15.121	18.019	388.109
Yuvaya en yakın komşu bölgeler						
<i>F.rufa</i>	-	Yuvadan	140.649	31.029	16.240	295.798
	-	Yuvaya	155.507	30.034	16.685	413.797
Yaprakbiti kolonisine en yakın yollar						
<i>P.polctena</i>	Meşe	Yuvadan	53.646	8.799	7.806	272.448
		Yuvaya	327.152	73.442	48.071	3738.877
	Huş	Yuvadan	6.039	6.039	18.116	326.319
		Yuvaya	5.179	22.440	56.965	1450.026
	Çam	Yuvadan	8.974	10.656	35.053	987.106
		Yuvaya	15.502	22.737	57.876	6283.718

Kirleticilerin faydalı faunaya etkilerine ait çok fazla araştırma yoktur. Parazitoid hymenopterlerin toza karşı oldukça hassas oldukları bu durumun da onların konukçusu olan herbivorların performansını arttırabileceği Fisher (1968)'e atfen Heliövaara and Vaissenen (1986) tarafından bildirilmiştir. Aynı yazarlar Przybylski (1968)'e atfen Polonya'da kükürtdioksit ve sülfirik asitin yaprakbiti yoğunluğunu arttırdığını, bunun doğal düşmanların baskısını azaltan ikincil bir etkiden kaynaklandığını bildirmektedirler. Finlandiya'da *Aradus cinnamomeus*'un yoğunluğunda demir işleme fabrikalarının yanında artış, parazitlenmiş yumurta sayısında ise azalma saptanmıştır (Heliövaara and Vaissenen, 1986) (Şekil 4). Rosen and Debach (1979) hava ile taşınan tozların *Aphytis* populasyonu üzerinde ince ve düzenli şekilde depolanması halinde pestisit gibi yüksek derecede öldürücü etkiye sahip olabileceğini belirtmiştir. Toz parçacıklarının nasıl bir mekanizmaya sahip olduğu bilinmemekle beraber, parazitoidin vücut duvarını aşındırarak su kaybı sonucu ölüme sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Kirliliğin orman ekosisteminde *Aradus cinnamomeus* epidemisine etkileri (Heliövaara and Vaisenen, 1986)

Doğada sürekli toza maruz kalan bitkilerde çok ağır kabuklubit enfeksiyonu gözlenmiştir. Bu durumun *Aphytis* ve belkide diğer parazitoidlere tozun zıt etkisinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Tozla bulaşan böcek temizlenmek için uzun süre çabalamakta, tozlu meyvelere yerleşen *Aphytis* 'ler çabuk ölmekte ve yumurtlama oranı bariz olarak düşmektedir. Ortel and Vogel (1989) *Pimpla turionellae* 'nın Cd, Pb karıştırılarak hazırlanmış su ve besin ile beslendiği zaman hayat süresinin azaldığını tespit etmiştir. Cd yoğunluğu erkeklerde, dişilerden daha yüksek bulunmuş, Pb yoğunluğu ise her iki eşeyde eşit olarak saptanmıştır. Butovski (1989) Moskova karayolundan 200-250 m uzakta avcı böcek üremesinin yola yakın alandaki böceklerin üremesinden 2.3-4.1 kez daha yüksek olduğunu kaydetmiştir.

### Özet

Çevre kirliliği bazı böcek türlerinin yok olmasına, azalmasına, bazı türlerin ise çok fazla çoğalmasına sebep olmanın yanı sıra bazı türlerde fizyolojik değişimlere de neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar bazı böceklerin ekosistemdeki kirlilik seviyesi için biyoindikatör olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Böylece özellikle kirlilikten zarar görebilecek orman alanlarının kirlilik derecesini saptamak ve buna göre gerektiğinde önlem almak mümkün olabilecektir.

### Literatür

- Baltensweiler, W., 1985. "Waldsterben" : Forest pests and air pollution. *Z. Ang. Ent.*, **99** : 77-85.
- Bolsinger, M. and W. Flückiger, 1989. Ambient air pollution induced changes in amino acid pattern of phloem sap in host plants-Relevance to aphid infestation. *Environ. Pollut.*, **56** : 209-216.
- Brakefield, P.M. and D.R. Lees, 1987. Melanism in *Adalia* ladybirds and declining air pollution in Birmingham. *Heredity*, **59** : 273-277.



- Braun, S. and W.Flückiger, 1989. Effect of ambient ozone and acid mist on aphid development. *Environ. Pollut.*, **56** : 177-187.
- Butovski, R.O., 1989. Distribution of insects in roads in road side agrocoenoses. *Zashchita Rastenii*, **9**; **36** (Rev. appl.Ent., **78** (9); **6261**).
- Chappelka, A.H., M.E.Kraemer, T.Mebrшту, M.Ragappa and P.S.Benepal, 1988. Effects of ozone on soybean resistance to the mexian bean beetle (*E.varivestis* Mulsant). *Environmental and Experimental Botany*, **28** : 53-61.
- Chlodny, J., I.Matuszczyk, B.Styfi-Bartkiewicz and D.Syrek, 1987. Catchability of the epigeal fauna of pine stands as bioindikator of industrial pollution of forests. *Ekologia Polska*, **35** (2) : 271-290.
- Coleman, J.S. and C.G. Jones, 1988 a. Plant stress and insect performance : Cottonwood, ozone and a leaf beetle. *Oecologia*, **76** : 57-61.
- Coleman, J.S. and C.G. Jones, 1988b. Acute ozone stress on *Populus deltoides* Bartr. and the pest potential of the aphid *Caitophorus populicola* Thomas (Hom.; Aphidae). *Environ.Entomol.*, **17** : 207-212.
- Dohmen, D.P., 1988. Indirect effects of air pollutant : Changes in plant/parasite interactions. *Environ.Pollut.*, **53** : 197-207.
- Führer, E., 1985. Air pollution and incidence of forest insect problems. *Z.Ang Ent.* **99**, 371-377.
- Gunnarson, B., 1988. Spruce-living spiders and forest decline : the importance of needle-loss. *Biological Conservation*, **43** : 309-319.
- Hain F.P. and F.H. Arthur, 1985. The role of atmospheric deposition in the latitudinal variation of fraser fir mortality caused by the balsam woolly adelgid. *Adelges piceae* (Hem. Adelgidae) : A.Hypotesis. *Z.Ang.Ent.*, **99** : 145-152.
- Heliövaara, K. and R. Vaisanen, 1986. Industrial air pollution and pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* (Het; Aradidae). *J.Appl.Ent.*, **101** : 469-478.
- Heliövaara, K. and R. Vaisanen, 1989. Between-species difference in heavy metal levels in four pine Diprionids (Hym) along and air pollutant gradient. *Environ. Pollut.*, **62** : 253-261.
- Heliövaara, K. and R. Vaisanen, 1990. Heavy metal contents in pupae of *B.piniarius* (Lep.; Geometridae) and *P.flammea* (Lep.; Noctuidae) near an industrial source. *Environ.Entomol.*, **19** (3) : 481-485.
- Heliövaara K., R.Vaisanen and E.Kemppi, 1989. Change of pupal size of *P.flammea* (Lep.; Noctuidae) and *B.piniarius* (Lep.; Geometridae) in response to concentration of industrial pollutant in their food plant. *Oecologia*, **79** : 179-183.
- Hunter, B.A., L.M.Hunter, S.M.Johnson and D.S. Thompson, 1987. Dynamics of metal accumulation in the grasshopper *C.brunneus* in contaminated grasslands. *Arch.Environ.Toxicol.*, **16** : 711-716.
- Jefferson, M.R. and A.G.Endress, 1984. Possible role of ozone in tree defoliation by the gypsy moth (Lep., Lymantriidae). *Environ.Entomol.*, **13** : 1249-1252.
- Kidd, N.A.C., 1991. The implications of air pollution for conifer aphid population dynamics : A simulation analysis. *J.Appl.Ent.*, **111** (2) : 166-172.
- Mudd, B.J. and T.T. Kozłowski, 1975. Responses of plant to air pollution, 383 p.
- Ortel, J. and W.R.Vogel, 1989. Effects of lead and cadmium on Oxygen consumption and life expectancy of pupal parasitoid, *P.turionellae*. *Entomol. Exp.Appl.*, **52** : 83-88.
- Read, H.J., C. Wheeler and M.H. Martin, 1987. Aspects of the ecology of Carabidae (Col.) from woodlands polluted by heavy metals. *Environ. Pollut.*, **48** : 61-78.
- Rosen, D. and P.Debach, 1979. Species of *Aphytis* of the Word (Hym.; Aphelinidae). *Series Entomologica* Vol.17, 801 pp.

- Spencer, H.J. and G.R.Port, 1988. Effects of roadside conditions on plants and insects II. Soil conditions. *J.Appl.Ecology.*, **25** : 709-715.
- Spencer, H.J., N.E. Scott, G.R. Port and A.W. Davidson, 1988. Effects of roadside conditions on plants and insects. I. Atmospheric conditions. *J.Appl.Ecology*, **25**: 699-707.
- Stary, P. and J. Kubiznakova, 1987. Content and transfer of heavy metal air pollutants in populations of *Formica* spp. wood ant (Hym.; Formicidae). *J.Appl.Ent.*, **104** : 1-10.
- Tietze, F., 1987. Change in the structure of carabid beetle taxocenoses in grasslands affected by intensified management and industrial air pollution. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.*, **22** (1-4) : 305-319.
- Trumble, J.T., J.T. Hare, R.C.Musselman and P.M.Mccool, 1987. Ozone induced changes in host plant suitability : Interactions of *Keiferia lycopersicella* and *Lycopersicon esculentum*. *J.Chemical Ecology*, **13** : 203-218.
- Warrington, S.T., A.Mansfield and J.B.Whittaker, 1987. Effect of SO<sub>2</sub> on the reproduction of pea aphids, *A.pisum* and the impact do SO<sub>2</sub> and aphids on the growth and yield of peas. *Environ Pollut.*, **48** : 285-294.
- Whittaker, J.B., L.W. Kristiansen, T.N.Mikkelsen and R.Moore, 1989. Responses to ozone of insects feeding on a crop and a weed species. *Environ.Pollut.*, **62** : 89-101.