

Küresel İklim Değişikliği Dikkate Alınarak Kabukböceklerinin Yönetimi

*Ziya ŞİMŞEK¹, Yalçın KONDUR¹, Nuri ÖNER¹, Muharrem ŞİMŞEK²

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi ÇANKIRI

²Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ANKARA

*Sorumlu Yazar: ziyasimsek@karatekin.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.01.2010

Özet

Sıcaklığın artması, yaz mevsimlerinin uzamasına, böceklerin daha uzun süre zarar yapmasına ve aynı zamanda ağaçları su stresine sokarak onların alyuvarları durumunda bulunan ve yapımında su bulunan reçine miktarını olumsuz yönde etkilemektedir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte böceklerin bir yılda verdikleri döl sayısı da artabileceği gibi, biyoloji-fenoloji ilişkisi de bozulabilmektedir. Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle sıcaklık artışına bağlı olarak, hayvanlar kutuplara doğru ilerleyebilecek ve üst dağlık kesimlere-yüksek rakımlara bile göç edebileceklerdir. Bu durum; sıcaklık artışı ile böcek salgımları arasında sıkı bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Kabukböcekleri yönetiminin amacı, sağlıklı ağaçlara olabilecek saldırıların en az düzeye indirilmesidir. Kabukböcekleri ağaçlara yerleştikten sonra tuzak ağaçların ormandan uzaklaştırılması işlemi; zararlı yoğunluğunda önemli azalmalar oluncaya kadar kesme/tuzaklama/uzaklaştırma işlemlerinin sırasıyla ve belirli aralıklarla tekrarlanması gerekmektedir. Türe özgü feromon tuzaklar kullanmak suretiyle, zararlının uçuş seyrinin izlenmesi ve popülasyon yoğunluğunun ekonomik zarar seviyesinin altına düşürülmesi mümkündür. Ayrıca, bulaşık alanlarda her yıl sürveyler yapılarak salgının şiddet ve boyutları belirlenmek suretiyle, silvikültürel müdahaleler ile biyoteknik yöntemlerin zamanında uygulanması imkan dahiline girmiş olur.

Küresel iklim değişikliğinin, kabukböcekleri üzerine olası etkilerini ve alınması gerekli önlemleri; literatür ve mevcut bilgiler ışığında değerlendirmek üzere bu çalışma ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Kuraklık, Kabukböcekleri, Yönetim

Bark Beetle Management in Regard to the Global Climatic Change

Abstract

Temperature increase causes to extension of summers, insects damage for longer periods and affect the resin production in trees that acts like red blood cells adversely by water stress. The increase of temperature may affect insect to produce more generations and phenology-biology relationship may be disturbed. Many animal species will have to migrate towards higher altitudes of mountains if not to Polar Regions. This gives the impression of there being a close relationship between insect outbreaks and temperature increase.

The aim of the bark beetle management is minimizing bark beetle attacks to healthy trees. It is required that after the establishment of bark beetles, trap trees should be removed from stand, and cutting/trapping/removal procedures should be repeated by certain intervals until the bark beetle intensity significantly decreases. The distribution of the bark beetles may be monitored via pheromone traps, and population densities of bark beetles may be lowered below the economical injury level. Besides, it could be possible to apply the appropriate silvicultural treatments and biotechnical methods by determining the extents and distribution of the bark beetle outbreak by annual surveys in infested areas.

In this study, the possible effects of the global climate change on bark beetles and precautions to be taken were discussed with regard to the literature and current knowledge.

Keywords: Climate change, Drought, Bark beetles, Management

Giriş

Küresel ısınma; sera gazlarının atmosferde birikmesiyle yeryüzü ve yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarında sıcaklığın artmasıdır.

Küresel iklim değişikliğinin etkileri bakımından Türkiye, risk grubu ülkeler arasındadır. Kuraklık ve çölleşme sonucunda

ekolojik bozulmalar nedeniyle hastalık ve böcek salgımlarının artması beklenmektedir. Kuraklık ve sıcaklık; ağaç direnci ve böcek popülasyonu üzerine doğrudan ve/veya dolaylı olarak olumsuz etki edebileceği gibi, ekosistemin fonksiyonunu ve meşçere yapısını da değiştirebilecektir.

Geçtiğimiz yüzyılda sıcaklık küresel

düzeyde 0,6°C artmıştır (White, 2002). Ülkemizde ise son 50 yılda hava sıcaklığı ortalama 1°C yükselmiştir (Zengin ve ark., 2007). Sıcaklığın artması; yaz mevsimlerinin uzamasına, böceklerin daha uzun süre zarar yapmasına neden olacaktır. Bu durum ağaçları su stresine sokarak reçine üretimini de olumsuz yönde etkileyecektir. Su eksikliği; kabukböcekleri zararını tetikleyen ana parametrelerden birisidir. Bu nedenle, bilim adamları kabukböceği salgınlarının küresel iklim değişikliğinin habercisi olduğuna inanmaktadır.

Batı Amerika'da, Meksika'dan Kanada'ya kadar geniş alanda bulunan *Euphydryas editha* (Boisduval) (Lepidoptera: Nymphalidae); yaklaşık 0,7°C'lik sıcaklık artışına tepki vererek, denizden daha yükseklere ve kuzeye doğru çekilmesi böcek salgınları ile küresel iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi güçlendirmektedir (Parmesan 1996, 2003).

Ülkemizde iğne yapraklı ve geniş yapraklı olmak üzere 20.712.894 ha olan orman varlığımızın %48'i (9.953.862 ha) verimli, %52'si ise (10.759.032 ha) bozuk orman niteliğindedir. Çankırı'da ise toplam orman varlığımızın ancak %1,0'i (200.934 ha) bulunmaktadır (Konukçu, 1999). Günümüzde başta olumsuz toprak yapısı, hastalık ve zararlılar yanında, yarı kurak/kurak iklim karakteri gösteren Çankırı ilinde, ormancılığı olumsuz yönde etkileyen pek çok sorun bulunmaktadır. Bu sorunların başında kabukböceklerinin zarar durumu gelmektedir.

Soyu tükenen türlerin; iklim değişimini tolere edemeyen, özellikle uzun yaşayan türler olması beklenmektedir (Thomas et al., 2004). İklim değişikliğinin, genetik çeşitlilik ile türlerin adaptasyonu üzerine etkileri olabildiğince anlamlı olmasına karşın (Hampe and Petit, 2003), bu konu ayrıntılı olarak bilinmemektedir (Parmesan and Yohe, 2003).

Kabukböcekleri; yaprak zararlılarına oranla, küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen böcek türleridir (Şimşek ve ark., 2008). Bu nedenle, küresel iklim değişikliğinin olası etkileri göz önünde bulundurularak, başta Çankırı orman alanları olmak üzere, Ülkemizde bulunan kabukböcekleri popülasyonunun yönetimini,

literatür ve mevcut bilgiler ışığında değerlendirmek amacıyla bu çalışma ele alınmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini Ilgaz Orman ekosisteminde bulunan Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), feromon tuzaklar ile kabukböcekleri oluşturmuştur. Daha önce yayınlanmış araştırmalar, makale ve kitaplar ile kompas, artım burgusu, ağaç boy ölçer (Blume-leis), altimetre, pusula, stereo mikroskop ve buz kabı vb. diğer materyal olarak yer almıştır. Çalışmalar, Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü'nün Yenice Orman İşletmesi sınırlarında yer alan 1700–2000 m yükseltiler arasında yürütülmüştür. Kabukböceklerinin tespiti amacıyla değişik yaş ve çaplarda bulunan dikili ağaçlardan kabuk örnekleri alınıp buz kabında laboratuara getirilerek stereo mikroskop altında incelenmiş ve yoğunlukları saptanmış, böcekler teşhise hazır hale getirilmiştir. Feromon tuzaklar yerleştirilerek kabukböceği türleri tespit edilmiştir. Ayrıca mevcut ormanlar ile yeni plantasyonlarda gözlemlerde bulunularak, bu alanlarda uygulanan yöntemler değerlendirilmiştir.

Çalışma alanına ait meteorolojik veriler (sıcaklık ve yağış) Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmış olup, araştırma iki yıl süreyle, genellikle haftada bir kez araziye çıkılmak suretiyle yürütülmüştür.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma Küresel İklim Değişikliği ile Zararlı Etmenler Arasındaki İlişkiler

Küresel iklim değişiklikleri; bitki zararlılarını, ya doğrudan ya da konukçu bitkilerini etkilemek suretiyle dolaylı olarak etkilemektedir. İklim değişikliğinin böcek popülasyonu üzerindeki olası etkileri konusunda son yıllarda ayrıntılı çalışmalar yapıldığı bilinmektedir (Ungerer et al., 1999; Virtanen et al., 1996; Williams and Liebhold, 1995). Kabukböceği zararı ile aşırı kuraklıkların, orman kompozisyonunun hızlı değişimi üzerinde ana etken olduğu ortaya konulmuştur (Breshears et al., 2005). İklim ekstremlerinin, böcek popülasyonlarını nasıl etkilediği hususunun aydınlığa

kavuşturulması iklim değişiminin orman ekosistemleri üzerindeki etkilerinin daha iyi tahmin edilmesine olanak sağlayacaktır (Rouault et al., 2006).

İklim değişikliğinin ılıman ormanlardaki en önemli etkisi yangın, böcek ve patojenler üzerindedir. Bu nedenle, söz konusu faktörlerin, orman yapısını değiştirmesinden dolayı, ayrıntılı olarak bilinmesi gerekmektedir. Ekstrem koşulların, kabukböcekleri salgınıyla birleşmesi durumunda orman kompozisyonunda hızlı değişimin görülmesi bu kanıyı güçlendirmektedir (Breshears et al., 2005).

Küresel iklim değişikliğinin zararlı böcekler üzerine etkileri dikkate alındığında, ormanların yönetimi; doğal orman alanları ile plantasyon alanları olmak üzere iki bölümde ele alınarak incelenmiştir.

Kabukböceklerinin Doğal Ormanlarda Yönetimi

Kabukböceklerinin yönetilmesinin amacı, canlı ağaçlara saldırıların en az düzeye indirilmesidir. Kabukböceklerinin epidemi yapmaları; konukçu ağaçların duyarlılığına ve bunların savunma mekanizmasına bağlıdır. Ağaçlar, kabukböceği saldırılarına karşı reçine üreterek, lokal yaralardan reaksiyon göstermek suretiyle böceklerin yaralardan girişini engellemektedir. Ağaçların bu tepkileri gösterebilmesinde, toprakta kullanılabilir durumda bulunan su miktarı büyük önem taşımaktadır.

Kuraklık ve sıcaklığın etkileri bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Kuraklık ve sıcaklığın bazı yaprak zararlıları ve odun delici böcekler üzerine etkilerinin değişik olması; konukçu ağaç tür kompozisyonunun farklı olmasından kaynaklanabilir. Özellikle düşük yükseltilerde bulunan ladin ve göknarlar, su ihtiyacından dolayı böcek zararından daha fazla etkilenmektedir. Buna karşın, kuraklığa daha toleranslı olan konukçu ağaç türleri (örneğin *Pinus sylvestris*)'nde ise zararlıların populasyon yoğunluğu düşük olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre; özellikle sıg toprak yapısı olan, nem tutma kapasitesi düşük ve/ veya doğrudan güneşe maruz kalan bakılarda bulunan lokalitelerde zarar durumunun arttığı bildirilmektedir (Belrose et al., 2004; URL1,

2003; Anon., 2004; Nageleisen, 2004a,b).

Kurak ve sıcak hava dalgaları; ağaçların biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilenerek zayıf düşmesinde etkili olmaktadır.

Literatür bildirişleri birlikte değerlendirildiğinde, toprakta bulunan kullanılabilir su durumu ile zararlı böceklerle karşı ağaçların göstereceği direnç (tepki) arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, orman böceklerinin tepkileri beslenme durumuna göre değişmektedir. 2003 yılında, Fransa'da odun delici böceklerinin salgın yapmasına karşın bulaşmaları görülmesine karşın, söz konusu ormandaki ağaçlar 2004 yılında yaprak zararlılarına karşı oldukça direnç göstermişlerdir (Nageleisen, 2004a,b).

Yılda birden fazla döl veren (multivoltine) böcekler, yılda bir döl verenlere (univoltin) oranla değişen koşullara daha kısa sürede uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Yapraklardaki su açığı giderildiğinde, yaprak zararlılarının populasyon yoğunluğu artmaktadır. Örneğin yaprakbitleri gibi zararlılar; ılık geçen kış mevsiminden sonra, genellikle hem azot hem de su miktarı yüksek olan ağaçlarda salgın yapmaktadır. Bu nedenle, ılık kış mevsimini kurak periyotlar izlerse, muhtemelen salgınlar da tetiklenir (Rouault et al., 2006).

Bu bölümde, kabukböceklerinin salgın dinamiği ile konukçu arasındaki ilişkiler; salgınların tahmini ve risk analizleri; bulaşık ağaçlar ve yatık tuzakların kullanılması; silvikültürel yöntemler ile diğer tekniklerin uygulanması sırayla ele alınmıştır.

Kabukböceklerinin Salgın Dinamiği ile Konukçu Arasındaki İlişkiler

Salgın dinamiği, büyük oranda konukçu ağacın duyarlılığına bağlı olduğu kadar, iklim olaylarına (kuraklık, fırtına ve diğer olumsuz koşullar) da bağlıdır. Salgın dinamiği, aynı zamanda tür içi rekabet gibi negatif geri besleme mekanizmaları tarafından da yönlendirilmektedir (Anderbrandt, 1990; Schopf and Köhler, 1995). Zamanla doğal düşmanların etkinliğinin artması sonucunda zararlı populasyonunu baskı altına alacak düzeye ulaşması; iklim değişikliğinin diğer etkileri arasında sayılabilir (Wermenlinger, 2002).

Kuraklık; ağaç fizyolojisini ve gelişmesini doğrudan doğruya etkilemektedir. Ancak, kuraklık sonucu ortaya çıkan sekonder faktörler (zararlı böcekler, patojen ve yangın) ise genellikle kuraklıktan daha fazla ağaç ölümüne neden olabilmektedir. 2003 Yılında Batı ve Orta Avrupa’da meydana gelen kuraklık ve sıcak hava dalgalarının; sözü edilen etmenleri tetikleyerek, ormanların aşırı zarar görmesine neden olması (Rouault et al., 2006) bu düşüncüyü doğrulamaktadır.

Ormanda zararlı böcekler, beslenme bakımından 7 gruba ayrılmaktadır. Bunlar yapraklarda zarar yapan böcekler, tomurcuk, sürgün ve ince dallarda zarar yapan böcekler, tohum ve kozalaklarda zarar yapan böcekler, özsu emen böcekler, kabuk kambiyumunda zarar yapan böcekler, odunda zarar yapan böcekler ile köklerde zarar yapan böceklerdir. Su stresinin etkisi, bu beslenme gruplarına (beslenme şekline) göre değişiklik göstermektedir. Odun delicilerinde, su stresinin uzamasıyla doğru orantılı olarak konukçu direnci de azalmaktadır. Yaprak zararlıları ise bunun aksine, bitki dokusuyla bağlantılı olarak orta derecede veya aralıklı su stresinde, azot oranı artacağından dolayı bu durumdan olumlu yönde etkilenebilir. İklim değişikliği; bitki ve bitki zararlıları arasındaki ilişkileri değişik yollarla etkileyebilir. Örneğin, karbondioksit düzeyi, sıcaklık, havanın açık-kapalılık (bulutla kapalılık) durumu, su ve elverişli besin miktarı gibi çevre faktörlerinde oluşabilecek değişiklikler; bitkilerin zararlılara karşı duyarlılık düzeyini de etkileyecektir (Larsson et al., 1986; Waterman and Mole, 1989; Johnson and Lincoln, 1991). İklim değişikliği, zararlı böceklerin besine olan ihtiyaçlarını (Robbins, 1983; Scriber and Slansky, 1981), gelişme süresini (Taylor, 1981; Solbreck, 1991) ve kışın canlı kalma oranlarını (Pease et al., 1979; Bale, 1991) da doğrudan etkileyebilecektir. Ayrıca, iklim değişikliğinin besin kalitesi üzerinde yapacağı dolaylı etkiler bitki zararlıları tarafından algılanabilmektedir (Reichardt, 1991). Bu nedenle küresel iklim değişikliği, kesinlikle ekosistemi değişikliğe uğratabacak ve çok sayıda bitki türü ile bitki zararlıları arasındaki ilişkinin derecesini etkilemek suretiyle, bazı durumlarda şaşılacak düzeyde zararlı artışlarına neden olabilecektir

(Ayres, 1993).

İbrelili ağaçlara belirli bir zaman periyodunda az sayıda böcek saldırabildiğinden; sağlıklı ağaçlar ürettikleri reçineyi salgılamak suretiyle küçük kabukböceklerini boğarak kendi savunmalarını kendileri yapabilme yeteneğine sahiptirler. Bu koşullar altında böcekler, sadece hastalıklı ve değişik nedenlerle zayıflamış ağaçları öldürebilirler. Ağaçların reçinelerini su tüketerek yapması, kuraklık-böcek salgını ilişkisini gösteren önemli bir parametredir.

Su stresi ve yüksek yaz sıcaklıkları; ağaçların fizyolojisi ile fenolojisi üzerine doğrudan etki yapmak suretiyle, ağaç türlerinin yayılışı ve bolluğu üzerinde etkili olmaktadır (Beniston and Innes, 1998; Greenbank, 1956). Diğer bir ifadeyle, Avrupa’ya özgü ağaç türlerinin çoğunun doğal yayılış alanlarını sınırlayan birinci derecedeki faktör; sıcaklık ve toprak nemidir (Berninger, 1997). Uzun süren kuraklık ve sıcaklık; zararlı böcek, patojen ve yangın gibi doğal dengeye zarar veren etmenlerle ilişkisi sonucunda, orman ekosistemini dolaylı olarak da etkileyebilir. Bu sekonder etmenlerin ağaç ölümleri üzerine etkileri; başlangıçta ortaya çıkan stresin etkisinden daha ağır olabilir (Ayres and Lombardero, 2000; Desprez-Lousteau et al., 2006; Wargo, 1996). Bu durum; özellikle ormanın genel koşullarına ve ormanın yönetim biçimine göre önemli oranda değişiklik gösterir. Sonuç olarak, kuraklık, sıcaklık ve doğal dengeye zarar veren etmenler (zararlı böcek, patojen ve yangın) arasındaki ilişkinin araştırılması; orman ekosisteminde kuraklığın toplam etkisinin anlaşılması bakımından büyük önem taşımaktadır (Rouault et al., 2006).

Son zamanlarda bodur çam (*Pinus edulis*) ile Ponderosa çamı (*P. ponderosa*)’nın birlikte bulunduğu Güney Amerika Eyaletlerinde “iklim değişikliği ile kuraklık tipi” (örneğin kuraklık ve sıcaklık) arasında görülen ilişki, 2000’li yılların başında tespit edilmiştir. *Ips confusus* LeConte, *Ips lecontei* Swaine gibi *Ips* türleri ile *Dendroctonus brevicornis* LeConte dahil, kuraklık stresi altında bulunan ekosistemlerde ağaçların bazı kabukböceklerine tepkisi; bu ağaçların yoğun olarak kuruması şeklinde ortaya çıkmıştır (Bentz, 2008).

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşıldığı üzere, kabukböceklerinin salgın dinamiği karmaşık bir yapı göstermektedir. Bazı kritik değerler kolayca aşılabildiğinden, geniş alanlarda böcek salgınları görülebilmektedir. Salgın dinamiği, türden türe ve ormandan ormana değişmekle birlikte, kabukböceği salgınlarının çıkmasında iklim değişiklikleri en önemli faktörlerden birisidir. Sıcaklık değerleri, kabukböceklerinin biyolojik dönemlerindeki bütün faaliyetlerini (bir dişi tarafından bırakılan yumurta sayısını, yeni konukçu ağaçlarının bulunduğu ekosistemlerdeki yayılma yeteneğini, bireylerin kışı geçirmesi sırasında canlı kalma oranlarını ve gelişme sürelerini) etkilemektedir. İklim değişiklikleriyle birlikte yüksek sıcaklıklar, özellikle birbirini izleyen sıcak yıllarda, biyolojik gelişme süresini hızlandırmasının yanında soğuklardan kaynaklanan böcek ölümleri de azalabilir.

Salgınların Tahmini ve Risk Analizleri

Kabukböceklerinin yönetimi amacıyla hazırlanan risk analizleri; hem ağaç, hem de meşcere düzeyinde yapılabilir. Böceklerin epidemi yapma riski; bakı, ağacın yaşı, toprakta ağaçların kullanımına elverişli durumda bulunan besin ve su düzeyine göre değişmektedir. Salgın dinamiği ise böceğin yoğunluğuna, ağaçların duyarlılığına, hava koşullarına ve işletmede uygulanmakta olan silvikültürel yöntemlere bağlıdır. Bunların tahmini ise oldukça güçtür (Wermenlinger, 2004). Kuraklığın zararlı etkisi, bitki ve böcek popülasyonunu önemli oranda etkilemesine karşın; sıcaklığın düşük ve yağışın yüksek olduğu bazı yıllarda kuraklığın zararlı etkisi telafi edilebilmektedir (Morecroft et al., 2002). Kuraklık stresi ve böcek popülasyonu arasındaki ilişkinin açıklanması kolay olmadığından dolayı bunların gerçek etkisinin hesaplanması gerekmektedir (Rouault et al., 2006).

Çalışmanın yürütüldüğü Ilgaz Dağının içerisinden geçerek, Orta Anadolu'yu Karadeniz'e bağlayan işlek bir karayolu durumunda bulunan yolun özellikle eğimin yüksek olduğu kesimlerinde, kabukböcekleri yoğunluğunun arttığı ve bu alanda kuruyan ağaç sayısının yükseldiği gözlenmiştir. Bu

durumun görülmesinde, ağaçların değişik nedenlerle strese girmesinin de payı olduğu düşünülmektedir.

Salgın dinamiğinin ortaya konulması oldukça kompleks çalışmalar gerektirmekle birlikte, zararlıların tahmin ve erken uyarı çalışmalarında kullanılmalarına yönelik olarak Ülkemiz orman alanlarında da benzer çalışmaların yapılmasında yarar görülmektedir.

Bulaşık Ağaçlar ve Yatık Tuzakların Bölmeden Çıkarılması

Zararlı popülasyonları, başlangıçta devrik ağaçlarda ortaya çıkmakla birlikte, sonraları bu zararlılar bitişik meşcere kenarlarındaki ağaçlara, daha sonraları da tüm meşcereye bulaşmaktadır. Olağanüstü etanın meydana gelmesine neden olan kuvvetli rüzgarlar; ayrıca çevrede dağınık biçimde rüzgar devriklerine ve kırıklara neden olmakta, geri kalan dikili ağaçlarda da ciddi bir strese yol açmaktadırlar. Kabukböceği popülasyonları yalnızca rüzgar devriği ağaçlarda değil, meşcere içerisinde lokal olarak da gelişebilmektedir (Wermenlinger, 2004).

Rüzgar devriği ağaçların ormandan zamanında uzaklaştırılması, kabukböceklerinin entegre yönetiminde önemli bir faktördür. Sözü edilen ağaçlar, imkanlar ölçüsünde rüzgar devriğinden sonraki yaz ortasını takiben, uzaklaştırılmalıdır (Göthlin et al., 2000). Danimarka'da yapılan bir çalışmada rüzgâr devriği sahasının etrafında bulunan dikili ağaçlardaki böcek yoğunluğunun; ilkbahar uçuşları ile yeni dölün çıkışı arasında geçen süre içerisinde üretimin yapılması durumunda, en az düzeye indiği belirlenmiştir (Wichmann and Ravn, 2001). Ancak, geniş alanlarda ortaya çıkmış olan rüzgâr devriği ağaçların tamamının ormandan çıkarılması işleminin kısa sürede yapılması gerekmektedir. Geç kalınması durumunda, bulaşık ağaçlardaki böcekler biyolojik dönemlerini tamamlayacağından (Wermenlinger, 2004) salgın şiddeti de artacaktır.

Ormanı sağlıklı bulundurmak amacıyla, böcek bulaşık ağaçların kesilip bölmeden çıkarılması işlemi (sanitasyon kesimleri) büyük önem taşımaktadır. Bu yöntem kabukböceği salgınlarının engellenmesinde

uygulan en kapsamlı önlemlerden birisidir. Ancak bu işlem (a) pupa döneminden önce, (b) ağaçlar orman içinde veya yakınında depolanmadan ve/veya ormandan çıkarılmadan önce ağaç kabuklarının soyulması ve (c) kabukta gelişme dönemlerini sürdürmekte olan böceklerin olması durumunda, uygun yöntemler kullanılarak larvaların öldürülmesinin sağlanması durumlarında etkilidir (Dubbel, 1993). Ayrıca, feromon tuzaklar da kullanılarak, zararlı popülasyonunun ekonomik zarar eşliğinin altında tutulması mümkündür (Şimşek ve Öner, 2003; Şimşek, 2005)

Ilgaz Dağı Milli Parkı Yenice (Ilgaz ve Doruk) orman ekosisteminde yapılan çalışma sonucunda kabuk altında zararlı 3 türün (*Cryphalus piceae* (Ratz.), *Ips (Pityokteines) curvidens* (Germ.) (Scolytidae), *Pissodes piceae* (Illig.) (Curculionidae)) olduğu saptanmıştır (Şimşek ve Öner, 2003; Şimşek, 2005). Ayrıca, Ülkemizde *Dendroctonus micans* (Kugelann), *Ips sexdentatus* (Boerner), *Blastophagus piniperda* (L.), *Pityogenes bistridentatus* (Eichh.) (Coleoptera: Scolytidae) gibi kabukböceği türlerinin bulunduğu ve periyodik olarak salgın yaptığı da bilinmektedir.

Elde edilen bulgulara göre, Uludağ Göknaarı'nın hakim tür olduğu Ilgaz Dağında, 1700-2000 m yükseltilerde, yaşlı ağaçların bulunduğu yüksek eğimli (%35-100) kesimlerde, ağaç köklerinin açığa çıktığı ve kök sistemlerinin yüzeysel kaldığı orman kesimlerinde böcek yoğunluğunun arttığı saptanmıştır (Şimşek ve Öner, 2003; Şimşek, 2005).

Feromon Tuzakların Kullanımı

Feromon tuzaklar, tuzak ağaçlarının yerine veya birlikte kullanılabilir. Feromon cezp edicilerinin ana bileşeni, türe özgü eşeyssel çekici dispenserlerdir. Feromon tuzaklarında yakalanan kabukböceklerinin sayısı; genellikle sıcaklık, yağış, bakı, güneşlenme, yakınlarda bulunan kesim artıkları, enkaz, rüzgar devrikleri ve hassas ağaçlar gibi lokal ve çevresel koşullara bağlıdır (Lobinger, 1996). Örneğin, güney bakılara yerleştirilen tuzaklarda yakalanan böcek sayısının, kuzey bakılardakilere oranla, dört kat yüksek olduğu saptanmıştır

(Lobinger and Skatulla, 1996). Yıl içerisinde yakalanan böcek sayısının bir önceki yılın mayıs ve haziran aylarında düşen yağış miktarıyla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (Bakke, 1992).

Araştırmacıların çoğu, kabukböceklerini azaltmak üzere tedbir amacıyla feromon tuzakların kullanılmasının etkinliğini sorgulamaktadır (Dimitri et al., 1992; Lobinger and Skatulla, 1996; Wichman and Ravn, 2001). Nitekim hektarda kullanılan yüksek tuzak yoğunluğunda bile zararlı popülasyonun ancak %10'luk bir kısmının yakalanabildiği hesaplanmıştır (Weslien and Lindelöw, 1990; Lobinger and Skatulla, 1996). Başka bir çalışmada ise hektara 24 tuzak yerleştirildiğinde bile popülasyonun %3'ünün yakalandığı bildirilmektedir (Lobinger and Skatulla, 1996). İsveç'te görülen *I. typographus* salgını sırasında toplam 270,000 tuzak kullanılmasına karşın, 1980'lerin başında kırılmış olan salgınının tuzaklardan kaynaklandığı söylenememiştir (Weslien, 1992).

Tuzakların kullanımı; zararlıların popülasyonlarını yok etmekten çok, sağlıklı ağaçların böcek saldırılarından korunması amacıyla yöneliktir. Bu yaklaşım biçimi, genellikle makul bir koruma tedbiri olarak kabul edilmesine karşın (Niemeyer et al., 1990; Dubbel et al., 1995) bu yöntemin başarılı olabilmesi için ciddi bir çaba gerekmektedir (Dimitri et al., 1992; Jakus, 1998). Feromon tuzakların iki sıra halinde bir bariyer olarak kullanılması durumunda bile, bir yıl sonra bulaşık alanın genişlediği saptanmıştır (Jakus, 1998).

Salgının gelecekteki seyri, doğal düşmanlar ile sağlık (sanitasyon) tedbirlerine ve özellikle de meşceredeki diğer ağaçların duyarlılığına bağlıdır. Feromonlar ve diğer semio-kimyasallar (uzaklaştırıcı, cezbedici vb.), entegre mücadelede kullanılan çok sayıda yöntemlerden yalnızca birkaçını oluşturmaktadır. Feromon tuzaklar, hassas meşcere kenarlarını korumada ve izlemede (monitoring) oldukça faydalı olabilir. Ancak sadece tuzaklarda yakalanan birey sayısı; *I. typographus*'un popülasyon yoğunluğunu gösteren tek ölçüt olmayıp tuzakların, etraftaki diğer doğal feromon ve kairomon kaynaklarına göre çekiciliği de önemlidir (Wermentinger, 2004).

Türe özgü feromon tuzaklar kullanmak suretiyle, bazı zararlılar baskı altında tutulabileceği gibi, uçuş seyirleri de izlenebilmektedir.

Silvikültürel Yöntemler

Ormancılık teknikleri ve zararlılarla mücadele yöntemlerinin gelişmesine paralel olarak böcek ve hastalıklara karşı koruyucu tedbirlere öncelik verilmeye başlanmıştır.

Kabukböcekleri salgınlarının uzun vadede kontrol altına alınmasının ekolojik olarak en sağlam ve güvenilir yöntemi; silvikültürel adaptasyonlar gibi habitat yönetimini kapsayan uygulamalardır. Asıl sorun ise zararlılara karşı ağaçların duyarlılığının nasıl azaltılacağına bilinmemesidir. Ormanın duyarlılığını azaltmanın bir yolu saf meşcereler yerine, daha çeşitli ağaç türlerinin yer aldığı karışık meşcerelerin oluşturulmasıdır. Oldukça çeşitli ağaç türü kompozisyonuna sahip, değişik yaşta ağaçların bulunduğu ve alt tabaka vejetasyonuna sahip ormanlar değişik ağaç fizyolojisine sahip olup, rüzgâr devriğine ve kabukböceklerine karşı daha dirençlidirler.

Zararlı böcekler bakımından potansiyel konukçu durumunda bulunan ağaçların fizyolojik durumu ve şüphesiz hava koşulları; kabukböcekleri saldırısının başarılı olması ve salgın dinamikleri açısından büyük önem taşımaktadır. Yükselti, toprakta bulunan besin düzeyi, ağaçların büyüme karakteristikleri ve reçine üretimi gibi anahtar faktörlerin çoğunun yönetilmesi zor ve/veya imkânsızdır. Buna karşın, meşcerenin yaşı, fungal enfeksiyon riski veya orijin gibi diğer faktörler; silvikültürel uygulamalarla daha kolayca yönetilebilen parametrelerdir. Yerli olmayan ağaç türlerinden oluşan meşcerelerin de kabukböceği saldırılarına karşı duyarlı olması kaçınılmazdır. Sıcaklık, yağış ve rüzgâr rejimlerindeki değişikliklerin konukçu ağacı, meşcereyi, kabukböceği popülasyonunu ve doğal düşmanlarını nasıl etkileyeceği her zaman tartışmaya açıktır. Bu karmaşık sistemin değişik senaryo ve modellerle incelenmesi, kabukböceklerinin gelecekte yönetilmesine hazırlıklı olunması bakımından oldukça önemli görülmektedir (Wermentinger, 2004).

Yönetilen ormanlarda mücadelenin temel amacı zararlı böcek popülasyonları-doğal düşmanları, böcekler-besin kaynakları, hastalıklar-ağaç ölümleri arasında bulunması gereken doğal dengenin sürdürülebilmesi için gerekli koşulların sağlanmasına yöneliktir. Gençlik çağındaki meşcerelerde, silvikültürel yöntemler uygulanmak suretiyle, hastalık ve böcek gelişmesini engelleyen koşullar oluşturulabilir. Böylece, böcek ve hastalıklara karşı ağaç direncinin artırılması da mümkün görülmektedir. Bu amaçlara ulaşılabilmesi aşağıda verilen koşulların sağlanmasına bağlıdır:

1. Böcek veya hastalıklara karşı dirençli varyete ve türlerin seçilmesine,
2. Hastalık ve zararlılarla bulaşık olmayan, genetik olarak kaliteli tohumun seçimine,
3. Uygun ağaçlandırma alanının seçimine,
4. Böcek ve hastalıklara karşı duyarlı ağaçların; gençlik bakımı, sıklık bakımı ve aralama müdahalelerinde meşcereden çıkarılmasına,
5. Kesim zamanlarının ve metotlarının düzenlenmesine bağlıdır.

Diğer Tekniklerin Uygulanması

Orman yöneticilerinin uyguladığı mücadele yöntemleri konukçu ağacın uygunluğunu ve duyarlılığını etkilediği gibi, kabukböcekleri ve bunların doğal baskı unsurlarını da etkilemektedir. Kullanılan mücadele tedbirlerinin etkinliği büyük oranda değişkenlik göstermekte olup yürütüldükleri saatteki hava koşullarına ve uygulamanın kapsamına bağlıdır (Wermentinger, 2004).

Geleneksel kimyasal insektisitler, çoğunlukla depolanmış tomrukları zararlılara karşı korumak amacıyla kullanılmaktadır. Bunların uygulanması, çeşitli ülkelerdeki yasalara göre değişiklik göstermektedir (Dedek and Pape, 1990; Bombosh et al., 1992; Bombosh and Dedek, 1994).

Tarım ürünlerinde zararlı olan böceklerle karşı kullanılmakta olan biyolojik etmenler, bazı kabukböceklerine karşı ticari amaçla uygulanmasına geçilmemiştir. Patojenler arasında yer alan *Beaveria bassiana* (Bals.) Vuill. fungusu, biyolojik mücadele amacıyla kabukböceklerine karşı denenmiştir (Vaupel and Zimmerman, 1996; Kreutz, 2001).

Modifiye edilmiş feromon tuzaklar kullanılmak suretiyle fungal sporların bulaştırıldığı dişilerin bıraktığı yumurtalardan çıkan bireylerin dölllerinde %53 oranında etki sağlanmıştır. Ancak, fungus bir sonraki döle geçmemiştir (Vaupel and Zimmerman, 1996). Sporların kışlayan bazı kabukböceklerinin bulunduğu gövde veya orman ölü örtüsüne uygulanmasında teknik ve ekolojik sorunlar ortaya çıkmıştır (Wermenlinger, 2004).

Doğal düşmanlar, muhtemelen endemik durumlarda ve salgının sonuna doğru etkili olabilmektedir. Kabukböcekleri gibi, doğal düşmanlar da büyük oranda hava koşullarına bağımlıdır (Wermenlinger, 2004).

Yapılan literatür taramalarında, değişik ülkelerde kabukböceklerinin yönetiminin Ülkemizde yapılanlara benzer olduğu saptanmıştır. Rüzgâr devriklerinin uzaklaştırılması, ormanı sağlıklı bulundurmak amacıyla bulaşık ağaçların kesilmesi ve tuzak setlerinin yerleştirilmesi yaygın olarak uygulanan tedbirler arasında yer almaktadır (Wermenlinger, 2004).

Kabukböceklerinin Plantasyon Alanlarında Yönetimi

Plantasyonlarda ağaç türü seçiminin uygun olmaması durumunda, fidanlar kuraklık nedeniyle daha ağır zarara uğramaktadır (Belrose et al., 2004; Rouault et al., 2006).

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, orman alanlarında zararlı yönetimi oldukça zahmetli, masraflı ve zaman alıcıdır. Bu nedenle, bir saha ağaçlandırılmadan önce, bazı parametrelerin dikkate alınmasında yarar görülmektedir. Bunların başında, tür seçimi gelmektedir. Uzun bir dönemi kapsadığından dolayı, plantasyon ormancılığında karar verme aşamasında karşılaşılan sorunlardan en önemlisi; tür seçimiyle ilgili olandır. Doğru olmayan tür seçimi, büyüme ve gelişmenin yeterli düzeyde gerçekleşmesini olumsuz yönde etkileyeceği gibi, fidanların tamamen elden çıkmasına da neden olabilir. Plantasyon ile üretim arasında geçecek süre onlarca yıl alacağından, meşcerenin karakteristik özellikleri, ağaçların ihtiyaçlarını karşılamalıdır. Tür seçimi isabetsiz olduğunda, plantasyonun başarısı

bir yılla sınırlı kalabilir. Plantasyonda yer alan ağaçların idare süresi uzun bir periyodu kapsadığından, ağaçların bu süre içerisinde kuraklık, sert rüzgarlar, don, yangın gibi stres faktörlerinin baskısı altında kalması kaçınılmaz olacaktır. Bunun doğal sonucu olarak hastalıklar ve/veya böcek salgınları ile karşı karşıya kalabilecekleri gibi, tamamen kurumalar da olasıdır. Kabukböceklerinin saldırılarında başarılı olmaları konukçu ağaçların duyarlılığına ve bunların savunma mekanizmasına bağlı olduğundan hayati önem taşımaktadır. Fransa'da 2003 yılı kuraklığında olduğu gibi, bazı plantasyonlarda uygun olmayan ağaç türünün seçimi, uygun olmayan ağaçlandırma alanı gibi olumsuzlukların, erken gelen kuraklıklarla birleşerek böcek salgınlarını tetiklediği ortaya konulmuştur (Rouault et al., 2006). Tür seçimiyle ilgili aşamalar üç bölümde ele alınabilir:

- İklim, toprak ve diğer ekolojik faktörler gibi ağaçlandırma alanının belirlenmesine yarayan özellikler,
- Bu koşullara cevap verebilecek muhtemel türlerin seçimine karar vermek ve bunları denemek,
- Plantasyon programının hedefleri göz önünde bulundurularak bir veya birden fazla türün birlikte yetiştirilmesine karar vermektir.

Tür seçimi yanında, iklim değişimlerinin seyri ve etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Tür seçiminde bölgesel iklim değerlerinin alınması yerine, daha dar alanlarda ve hatta ağaçlandırma alanına ait lokal verilerin alınmasında yarar görülmektedir. Ağaçlandırma çalışmalarının başarısını sınırlayan faktörlerin başında, iklim durumu gelmektedir. Fidanların alacakları güneş enerjisi, kuzey ve güney bakılarda farklı olacağından, ağaçlandırma planları hazırlanırken bu hususun da göz ardı edilmemesi gerekir.

Sonuç ve Öneriler

Ülkemiz ormanlarında zararlı durumda bulunan kabukböceği türlerinin son yıllarda yayılış alanının genişleyip genişlemediği ve haplotiplerinin oluşup oluşmadığı, alınması gereken önlemlerin belirlenmesi için araştırılmalıdır.

Yapılacak ağaçlandırma çalışmalarının başarısında iklim koşulları etkili olmakla birlikte, uygun ağaç türlerinin seçimine, uygun fidan yetiştirilmesine, tekniğine uygun diri örtü mücadelesine, kültür bakım tedbirlerinin uygulanmasına, hastalık ve zararlılarla mücadeleye önem verilmelidir.

İç Anadolu Bölgesinin toprak-iklim yapısına uygun, gen aktarımı ve ıslah yöntemi kullanılarak kuraklığa, hastalık ve böceklerle dirençli ağaç türleri üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılmalıdır.

“Kurak” ve “yarıkurak” alanlarda *toprak yapısı + iklim yapısı + insan yapısı* birlikte ele alınarak havza ıslahına ve çalışmaların havza bazında yürütülmesine öncelik verilmelidir.

Sonuç olarak belirtmek gerekirse; Türkiye orman alanlarının küresel iklim değişikliğinden en az düzeyde etkilenmesi, bu doğal kaynakların elde tutulabilmesi ve sürdürülebilir ormancılığın yapılabilmesi, söz konusu alanların korunması, silvikültürel teknikler göz önünde bulundurularak ağaçlandırılması ile mümkün olacaktır.

Kaynaklar

Anderbrant, O., 1990. Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. *Ecol. Entomol.* 15, 1–8.

URL1, 2003. L'actualité phytosanitaire en forêt en 2003: bilan de fin de saison de végétation, in: Information Santé des Forêts, Min. Agri. Alim. Pêche Aff. Rur., Paris, http://www.agriculture.gov.fr/spip/IMG/pdf/actu_phytos2003.pdf, 2003.

Anonymous, 2004. L'actualité phytosanitaire en forêt en 2004: bilan d'automne, *La Lettre du DSF* 30:3–9.

Ayres M.P., Lombardero M., 2000. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens, *Sci. Total Environ.* 262: 263–286.

Ayres, M.P., 1993. Global change, plant defense, and herbivory. Pages 75-94 in P.M. Kareiva, J.G. Kingsolver, and R.B. Huey, editors. *Biotic interactions and global change*. Sinauer Associates, Sunderland. MA.

Bakke, A., 1992. Monitoring bark beetle populations: effects of temperature. *J. Appl. Entomol.* 114, 208–211.

Bale, J.S., 1991. Implications of cold hardiness for pest management. In *Insects at Low Temperature*, R.E. Lee, Jr. and D.L. Denlinger

(eds.). Chapman and Hall New York NY. Pp. 461-498.

Belrose V., Nageleisen L.-M., Renaud J.-P., 2004. Les conséquences de la canicule et de la sécheresse sur la santé des forêts : bilan à la fin de l'année 2003. La santé des forêts (France) en 2003, in: DSF, http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/canicule_secheresse.pdf.

Beniston M., Innes J., 1998. The impacts of climate variability on forests, Springer-Verlag, Berlin.

Bentz., 2008. Western U.S. Bark Beetles and Climate Change. (May 20, 2008). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center. <http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/bark-beetles.shtml>

Berninger R., 1997. Effects of drought and phenology on GPP in *Pinus sylvestris*: A simulation study along a geographical gradient, *Funct. Ecol.* 11: 33–42.

Bombosch, S., Dedek, W., 1994. Integrierter Pflanzenschutz gegen *Ips typographus* (L.)—Kombination von Pheromonen und dem systemischen Insektizid Methamidophos (IPIDEX). *Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz* 101, 508–518.

Bombosch, S., Dedek, W., Pape, J., 1992. Zum Saftstromverfahren mit IPIDEX. *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge* 47, 360–362.

Breshears D.D., Cobb N.S., Rich P.M., Price K.P., Allen C.D., Balice R.G., Romme W.H., Kastens J.H., Floyd M.L., Belnap J., Anderson J.J., Myers O.B., Meyer C.W., 2005. Regional vegetation dieoff in response to global-change-type drought, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102: 15144–15148.

Dedek, W., Pape, J., 1990. Umweltschonendes Abschöpfen von Borkenkäfern in der DDR. *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge* 45, 357–359.

Desprez-Lousteau M.-L., Marçais B., Nageleisen L.-M., Piou D., Vannini A., 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees, *Ann. For. Sci.* 63: 595–610.

Dimitri, L., Gebauer, U., Lösekrug, R., Vaupel, O., 1992. Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark beetles. *J. Appl. Entomol.* 114, 103–109.

Dubbel, V., 1993. Überlebensrate von Fichtenborkenkäfern bei maschineller Entrindung. *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge* 48, 359–360.

Dubbel, V., Dimitri, L., Niemeyer, H., Vaupel, O., 1995. Borkenkäferfallen - sinnlos bei Massenvermehrungen? *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge* 50, 258.

- Göthlin, E., Schroeder, L.M., Lindelow, A., 2000. Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scand. J. For. Res.* 15, 542–549.
- Greenbank D., 1956. The role of climate and dispersal in the initiation of outbreaks of the spruce budworm in New Brunswick, *Can. Entomol.* 34: 453–476.
- Hampe, A., Petit, R.J., 2003. Conserving Biological Diversity Under Climate Change: The Rear Edge Matters. *Ecology Letters.* 8: 461-467.
- Jakus, R., 1998. A method for the protection of spruce stands against *Ips typographus* by the use of barriers of pheromone traps in north-eastern Slovakia. *Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz.* 71, 152–158.
- Johnson, R.H., Lincoln, D.E., 1991. Sagebrush carbon allocation patterns and grasshopper nutrition: the influence of CO₂ enrichment and soil mineral nutrition. *Oecologia* 87: 127-134.
- Konukçu, M., 1999. Ormancılığımız, Turkish Forestry, DPT, Ankara, 146s.
- Kreutz, J., 2001. Möglichkeiten einer biologischen Bekämpfung des Buchdruckers, *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae), mit insektenpathogenen Pilzen in Kombination mit Pheromonfallen. Dissertation Naturwiss.-techn. Fakultät III, Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- Larsson, S., Wiren, A., Lundren, L., Ericsson, T., 1986. Effects of light and nutrient stress on leaf phenolic chemistry in *Salix dasyclados* and susceptibility to *Galerucella lineola* (Coleoptera). *Oikos* 47:205-210.
- Lobinger, G., 1996. Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Southern Bavaria. *Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz* 69, 51–53.
- Lobinger, G., Skatulla, U., 1996. Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. *Anz. Schädl.kd. Pflanzenschutz Umweltschutz* 69, 183–185.
- Morecroft, M., Bealey C., Howells O., Rennie S., Woiwod I., 2002. Effects of drought on contrasting insect and plant species in the UK in the mi-1990s, *Global Ecol. Biogeogr.* 11: 7–22.
- Nageleisen L.M., 2004a. Les insectes sous-corticaux des résineux en 2002: diminution inattendue des dommages dus aux scolytes, Min.Agr. Alim. Pêche Aff. Rur. (DGFAR), Paris.
- Nageleisen L.M., 2004b. Recrudescence des insectes sous-corticaux à la suite des extrêmes climatiques de 2003, in: Bilan de santé des forêts en 2003, Min. Agri. Alim. Pêche Aff. Rur., Paris,
- http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/insectes_souscorticaux.pdf.
- Niemeyer, H., Dimitri, L., Vaupel, O., 1990. Verminderung von Borkenkäferpopulationen. *Allg. Forst. Z.Waldwirtsch. Umweltvorsorge* 45, 770–773.
- Parnesan, C. 1996. “Climate and species’ range.” *Nature* 382: 765–766.
- Parnesan, C. 2003. “Butterflies as bio-indicators of climate change impacts.” In *Evolution and Ecology Taking Flight: Butterflies as Model Systems*, C.L Boggs, W. B. Watt, and P.R., Ehrlich (eds). University of Chicago Press, Chicago, pp. 541-560.
- Parnesan, C., Yohe, G., 2003. A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts Across Natural Systems. *Nature* 421: 37-42.
- Pease, J.L., Vowles, R.H., Keith, L.B., 1979. Interaction of snowshoe hares and woody vegetation. *J. Wildl. Manage.* 43:43-60.
- Reichardt, P.B., Chapin, F.S., Bryant, J.P., Mattes, B.R., Clausen, T.P., 1991. Carbon/nutrient balance as a predictor of plant defense in Alaskan balsam poplar: potential importance of metabolite turnover. *Oecologia* 88:401-406.
- Robbins, C.T., 1983. Wildlife feeding and nutrition. Academic Press, New York.
- Rouault, G., Candau, J.N., Lieutier, F., Nageleisen, L.S., Martin, J.C., Warzée, N., 2006. Effects of drought and heat on forest insect population in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Ann. For. Sci.* 63: 613-624.
- Schopf, R., Köhler, U., 1995. Untersuchungen zur Populationsdynamik der Fichtenborkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald. Nationalpark Bayerischer Wald - 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, Neuschönau, 88–110.
- Scriber, J.M., Slansky, M., 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Ann. Rev. Entomol.* 26: 183-211.
- Semerci, A., Çelik, O., Şanlı, B., Şahin, Ö., Eczacıbaşı, B., Argun, N., 2006. İç Anadolu Bölgesinde Son Beş Yılda İncelenen Bazı Ağaç Kurumalarının Nedenlerinin İrdelenmesi ve Çözüm Önerileri. Türkiye’de Yarıkurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, 7-10 Kasım 2006 Ürgüp-Nevşehir, I. Cilt, 42-53.
- Solbreck, C., 1991. Unusual weather and insect population dynamics: *Lygaeus equestris* during an extinction and recovery period. *Oikos*, 60: 343-350.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., Şimşek, M., 2008. Küresel İklim Değişikliğinin Zararlı Böcekler

Üzerine Olası Etkileri. IV. Çankırı Kültürü ve Bilgi Şöleni 13-15 Kasım 2008.

Şimşek, Z., Öner, N., 2003. Ilgaz (Derbent ve Doruk)'da Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) Meşcerelerinin Silvikültürel Özellikleri İle Saptanan Kabukböcekleri ve Mücadele Yöntemleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Sayı:2, 49-60 .

Şimşek, Z., 2005. Derbent (Ilgaz Dağı Milli Parkı) Göknaar Orman Alanlarında Bulunan Büyük Göknaar Kabukböceği [*Pityokteines curvidens* (Germ.) (Coleoptera: Scolytidae)]'nin Zarar Durumu ve Uçuş Periyodunun Feromon Tuzaklarla İzlenmesi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi* Cilt: 2: 18-26.

Taylor, F., 1981. Ecology and evolution of physiological time in insects. *Amer. Natur.* 117:1-23.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., 2004. Extinction Risk From Climate Change. *Nature.* 416: 389-395.

Ungerer M., Ayres M., Lombardero M., 1999. Climate and the northern distribution limits of *Dendroctonus frontalis* Zimmerman (Coleoptera: Scolytidae), *J. Biogeogr.* 26: 1133-1145.

Vaupel, O., Zimmermann, G., 1996. Orientierende Versuche zur Kombination von Pheromonfallen mit dem Insektenpathogenen Pilz *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. gegen die Borkenkäferart *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *Anz. Schädl.kd. Pflanzenschutz Umweltschutz* 69, 175-179.

Virtanen T., S N., Nikula A., Varama M., Niemela P., 1996. Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine, *Silva Fenn.* 30: 169-177.

Wargo P., 1996. Consequences of environmental stress on oak predisposition to pathogens, *Ann. For. Sci.* 53: 359-368.

Waterman, P.G., Mole, S., 1989. Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants. In *Insect-Plant Interactions*, Vol.1, E.A. Bernays (ed.). CRC Pres, Boca Raton, FL. Pp. 107-134.

Wermelinger, B., 2002. Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. *J. Appl. Entomol.* 126, 521-527.

Wermelinger, B., 2004. Ecology and management of spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202: 67-82.

Weslien, J., 1992. Effects of mass trapping on *Ips typographus* (L.) populations. *J. Appl. Entomol.* 114, 228-232.

Weslien, J., Lindelöw, A., 1990. Recapture of marked spruce bark beetles (*Ips typographus*) in pheromone traps using area-wide mass trapping. *Can. J. For. Res.* 20, 1786-1790.

White, R.M., 2002. Sequestering carbon emission in the terrestrial biosphere. Washington Advisory Group LLC.

Wichmann, L., Ravn, H.P., 2001. The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *For. Ecol. Manag.* 148, 31-39.

Williams D., Liebhold A., 1995. Forest defoliators and climatic change: potential changes in spatial distribution of outbreaks of western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) and gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae), *Environ. Entomol.* 24: 1-9.

Zengin, H., Asan, Ü., Özkan, Y., Sağlam, S., 2007. Küresel iklim değişikliğinin geciktirilmesinde karasal ekosistemlerin ve özellikle ormanların rolü ve önemi ile Türkiye'deki durumu. Küresel İklim Değişimi ve Su Sorununun Çözümünde Ormanlar, 13-14 Aralık, İ.Ü. Orman Fakültesi, 39-46, Bahçeköy/İstanbul.