

Küresel ısınmanın orman ekosistemine etkisi

Kerem CANLI¹

¹Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Tandoğan-ANKARA (sorumlu yazar e-mail: biyoloji@gmail.com)

Özet: Küresel ısınma, yirmi birinci yüzyılda bilim dünyası açısından en önemli konulardan biridir. Bu sorun ekolojik, ekonomik, sosyolojik ve politik bir çok etkiyi de beraberinde getirmektedir. Sadece onlarca yıl içerisinde iklim değişikliğinin de sebep olduğu tahribat nedeniyle ormanlar büyük miktarda karbonu serbest bırakacak, bu da küresel ısınma'yı yavaşlatmak yerine hızlandıran bir durum ortaya çıkartacaktır. İklim değişikliği ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklıklardaki ve yağışlardaki farklılaşma, dünya üzerinde lokal ölçekte farklı etkiler gösterecektir. Bu nedenle bazı ormanlar daha uygun sıcaklıklara ve artan yağışa kavuşurken, çoğunlukta kalan diğer orman alanları ise kuraklık, yangın, toprak kaybı ve böcek istilası gibi sorunlarla karşılaşacaktır.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, İklim değişikliği, Orman ekosistemi.

Forest ecosystem effects of global warming

Abstract: Global warming is one of the most important scientific issues of the twenty-first century. This is a problem that has serious ecological, economic, sociological and political implications. Over the next few decades, damage induced by climate change could cause forests to release huge quantities of carbon and create a situation in which they do more to accelerate warming than to slow it down. Climate change, and associated shifts in temperature and precipitation, will have varying effects around the world. Some forests will benefit from warmer conditions, and increased rainfall, while most others will suffer from increased incidence of drought, fire, soil lost and pest outbreaks.

Keywords: Global warming, Climate change, Forest ecosystem.

Giriş

Dünya, doğal sera etkisi sayesinde yaşama uygun bir sıcaklıktadır. Sera gazları, güneşten dünyaya ulaşan ışınların yeryüzüne çarpması ile oluşan kızılötesi ışınların uzaya kaçışını bir miktar engelleyerek dünyanın sıcak bir ortam olmasını sağlamaktadır. Dünyanın atmosferi % 78 oranında azottan, % 21 oranında oksijenden ve % 1 oranında diğer gazlardan oluşmaktadır. Küresel ısınma konusunda bizi ilgilendiren gazlar, işte bu % 1 oranındaki diğer gazların içinde yer alan sera gazlarıdır. Su buharı, karbondioksit, ozon, metan ve nitroz oksit doğal olarak oluşan ve dünyanın sıcaklığını dengeleyen gazlardır. Bu sera ortamı olmasaydı, dünyanın yüzey sıcaklığının -20 °C seviyesinde olacağı hesaplanmıştır (Houghton, 2001). Sanayi devriminden sonra özellikle karbondioksit gazının atmosferik konsantrasyonundaki artış sera etkisini artırmakta, bu nedenle de dünyamızdan uzaya kaçması gereken kızılötesi ışınların daha fazla dünyada hapsolmesine sebep olmaktadır. Bu süreç, dünyanın yüzey sıcaklıklarında ölçülebilir düzeyde bir artışa neden olmaktadır (Maslin, 2004).

IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) Raporu (2007)'na göre; küresel sıcaklık, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonunda en az 1,1 °C ve en çok 6,4 °C artış gösterecektir. Deniz seviyelerinde beklenen yükselme ise 18–59 cm aralığında gerçekleşecektir. Ayrıca küresel sıcaklıktaki artışların iklim değişikliğine yol açacağı, önceden tahmin edilemeyen anormal hava olaylarının gerçekleşeceği; fırtınalar, seller ve kurak süreçlerin yaşanacağı belirtilmektedir (IPCC, 2007).

Gerek küresel ısınma, gerekse orman ekosistemi, birçok bileşenden etkilenen oldukça dinamik bir yapıya sahiptir. Ormanlar sadece küresel ısınmanın sonuçlarından etkilenme ihtimali olan yapılar değil, aynı zamanda küresel ısınma gerçeğini etkileyen bileşenlerden biridir. Ormanların hem ağaç katı, hem de ekosistem içerisinde yaşayan diğer tüm canlı çeşitliliği ile karbon absorpsiyonunda, organik karbon depolanmasında ve karbon döngüsü içerisinde, karbon tutucu olarak küresel ısınmayı azaltıcı etkiye sahip oldukları bilinmektedir (Flavin, 1990). Bu nedenle küresel ısınma ve iklim değişikliği sebebiyle, ormanların etkilenme düzeyi aynı zamanda doğrudan küresel ısınmanın hızlanmasına da yol açabilecek bir unsurdur.

Küresel Isınmanın Böcek ve Diğer Zararlıların Populasyonları Üzerindeki Etkisi

Küresel iklimde meydana gelecek değişimler, böcekler de dâhil pek çok hayvanın davranışını ve yaşam tarzını etkileyecektir. Birçok böcek türü için sıcaklık ve nemde meydana gelen artış;

gelişme oranının, yer değiştirme hızının ve üreme kapasitesinin artması demektir, ki bu değişiklikler aynı zamanda doğada gerçekleşen ekolojik süreçleri de etkileyebilir. İklimde meydana gelen değişimler aynı zamanda canlıların yaşadıkları çevrenin karakterlerini de değiştirecek ve bu değişimler o ekolojik ortamda bulunan böcek populasyonlarının davranışlarını dolaylı olarak da etkileyecektir.

Küresel ısınmanın neden olacağı sonuçlar oldukça karmaşık gibi gözükse de genel bir görüşe göre pek çok ekosistemin, içinde barındırdığı canlı populasyonları ile birlikte değişikliğe uğrayacağı tahmin edilmektedir. Sıcaklık nedeniyle hem hayvan hem de bitki populasyonlarının yaşam ortamları yatayda ve düşeyde değişim gösterecektir. 3 °C'lik bir sıcaklık artışı yaşam alanında 500 metrelik bir yükselti değişimine neden olabilecektir. Buna bağlı olarak da hayvan ve bitki populasyonlarının yaşayabilecekleri alanlar daralacaktır. Ekosistemlerin küresel ısınma nedeniyle değişmesi, yaşam zonlarının kuzeye doğru kaymasını ve hatta bazı türlerin yaşam alanı bulamayarak yok olmasını beraberinde getirecektir. Çünkü dağların üst kısımları eteklerine göre daha dardır ve bu coğrafik durum, hayvan ve bitki populasyonlarının daha da küçülmesine, dolayısıyla hem genetik hem de çevre baskılarına karşı daha duyarlı hale gelmelerine neden olacaktır (Rubenstein, 1992).

Tüm bu etkilerin yanı sıra doğrudan böcek türlerini etkileyen biyolojik ve davranışsal sonuçlar da bulunmaktadır. Böcekler soğukkanlı hayvanlar oldukları için, sıcaklık değişimlerine karşı oldukça hassasiyet gösterirler. Özellikle nem ve sıcaklık oranındaki değişimler böcek metabolizmalarının işlevini, üreme kapasitesini, beslenme alışkanlıklarını ve tüm bunlara bağlı olarak da yayılış alanlarını etkiler. Sıcaklıktaki artış, böcek metabolizmasının hızlanmasına, dolayısıyla da birim böcek populasyonunda artışa sebep olur. Sıcaklık ayrıca böceklerin büyüklüklerini de etkilemektedir. Bunun nedeni trake solunumu yapan böceklerin trake kılcallarının, oksijen (O₂) ve karbondioksit (CO₂) değişimindeki rolünün sıcaklıkla artmasıdır. Solunum gazlarının difüzyonu sıcaklıkla artış gösterdiğinden dolayı güneye doğru gidildikçe böceklerin boyutları da artmaktadır (Peters & Darling, 1985).

Sıcaklık artışının tüm böcek türleri için aynı etkiye neden olacağını kabul etmek doğru olmaz, çünkü bazı böceklerde sıcaklık artışının ölümcül etkileri olduğu da bilinmektedir. Ancak böceklerin temel metabolik faaliyetleri iklimsel değişime genellikle iki çeşit tepki verir. Bunlardan birincisinde; sıcaklık arttığı sürece böceğin biyolojik aktivitesi de doğrusal olarak artar ve bu artış böceğin ölüm sınırına kadar sürer. İkinci tip davranışta ise; belli bir noktaya kadar iklim etkeninde meydana gelen artış böceğin biyolojik aktivitesini arttırırken, bir noktadan sonra bu aktivitenin düşmesine sebep olur. Böceklerin doğası ile küresel ısınma

öngörülerini üst üste konduğunda, varsayılan ısınma sürecinin, çoğu böcek türünde aktivite artışına yol açacak noktada olduğu gözlenmektedir (Akbulut, 2000).

Ayrıca, böceklerin sadece üreme aktivitesini arttırarak buldukları lokal bölgede kalmayacakları, önceleri yaşam şansı bulamadıkları daha kuzey bölgelere de yayılarak daha geniş yaşam alanlarına sahip olacakları öngörülmektedir. Söz konusu öngörülere göre; şu anda güney bölgelerde yayılış alanlarına sahip türler, bu durumu muhafaza ederek daha yoğun popülasyonlara ulaşacaklardır (Logan et al., 2003). Tüm bunlara ek olarak, yılda bir jenerasyon veren türlerin sıcaklık ve güneşten yararlanma süresindeki artış ile birden fazla jenerasyon vermesine olanak sağlayacak biyolojik değişimlerin de yaşanabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleşecek hava sirkülasyonundaki değişim, göç yollarında da değişime yol açacak ve çok farklı coğrafik alanlara yayılma ihtimali söz konusu olacaktır (Alaska Conservation Solutions, 2008).

Küresel ısınma nedeniyle strese girecek bitkiler, bünyelerinde bulunan aminoasit, şeker ve alkol oranlarındaki artış ile bu maddelere duyarlı reseptörlere sahip böcekler için daha çekici hale gelecek ve daha önce o bitki türleri için zararlı olmayan böceklerin istilasına uğrayacaktır (Mattson & Haack, 1987). Böcekler küresel ısınma sonucu daha fazla ve daha sık yumurtlayacak, biyolojik gelişim safhaları hızlanacak, çok farklı coğrafyaları da etkilemeye başlayacak ve artan metabolik faaliyetleri nedeniyle birey başına daha fazla gıdaya ihtiyaç duyacaktır (Rubenstein, 1992).

Alaska'da Ladin kurtçuğu 1990'dan önce yaşam şansı bulamazken, günümüzde artan yaz sıcaklıkları nedeniyle ormanları istila etmektedir. Aynı şekilde kabuk böceği (*Dendroctonus ponderosae* Hopkins) artan yaz sıcaklıkları nedeniyle üreme, artan kış sıcaklığı nedeniyle de neslini sonraki yıla aktarabilme şansı bulmuştur ve şu anda Alaska'da 1,6 milyon hektarlık bir alanı istila etmiş durumdadır. Avrupa sümüklüböceği Alaska'da ilk kez gözlenmiş ve gün geçtikçe kenar nehri civarından daha iç kesimlere doğru sokulma eğilimi göstermektedir. Yaprak biti popülasyonunda da sıcaklıkla birlikte ciddi bir artış dikkat çekmektedir. Huş ağacı kemiricisi olarak bilinen tür, karaçam zararlısı ve kavak zararlısı miktarında da sıcaklıkla birlikte artış gözlenmiştir. Tüylü testere sineği de artan sıcaklıklar nedeniyle senede iki jenerasyon vermeye başlamıştır (Alaska Conservation Solutions, 2008).

Montana'da kabuk böceği 2006 yılında 325 bin hektarlık bir alanı işgal etmiştir. Küresel ısınma sonucu ladin kurtçuğunun işgal ettiği alanlar da her yıl artış göstermiştir; 2004 yılında 46 bin hektarı etkileyen kurtçuk, 2005 yılında 179 bin hektarı, 2006 yılında ise 448 bin hektarı etkilemiştir (Alaska Conservation Solutions, 2008).

Küresel Isınmanın Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Küresel ısınma nedeniyle, topraktaki organik madde miktarı yoğunluğunda bir düşüş beklenmektedir. Bunun sebebi olarak, toprağa dâhil olan organik madde miktarındaki değişim değil, mikroorganizma ve diğer canlı faaliyetlerindeki değişim (artış) öngörülmektedir. Toprakta organik madde miktarının yetersizliği, toprağın kümesel yapıdan tekssel yapıya geçişini hızlandırmakta, havalanma, ısınma ve su emme kapasitesi başta olmak üzere birçok özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Melillo et al., 2002).

Organik madde öncelikle kil, silt ve kum taneciklerinin bir araya gelerek toprağın küme yapı, yani agregat, oluşturmasını sağlamaktadır. Küme yapıda, organik madde bakımından zengin topraklar iyi havalanmakta ve ilkbaharda daha çabuk ısınmaktadır. Havalanma kapasitesinin artması da etkili kök derinliğini ve bitkilerin topraktan yararlanma indeksini yükseltmektedir. Daha derinlere inen kökler sayesinde kuraklığa daha fazla dayanıklılık sağlanmaktadır. Toprakta organik madde yoğunluğu, toprağın hem su emme kapasitesini hem de su tutma kapasitesini arttırmaktadır. Tarla kapasitesinde daha uzun süre tutulan su, bitkinin kökleri aracılığıyla aldığı madde oranını arttırmaktadır. Organik madde bakımından fakir olan topraklarda, yetersiz havalanma nedeniyle kökler toprağın üst kısımlarında yoğunlaşmakta, buna bağlı olarak da bitkinin kökleri aracılığıyla alabileceği madde miktarı azalmaktadır. Ayrıca topraktaki organik madde, strüktür oluşumuna yardım ettiği gibi, kumlu ve ağır killi toprakların bu kötü özelliklerini düzeltici etkiye de sahiptir (Melillo et al., 2002).

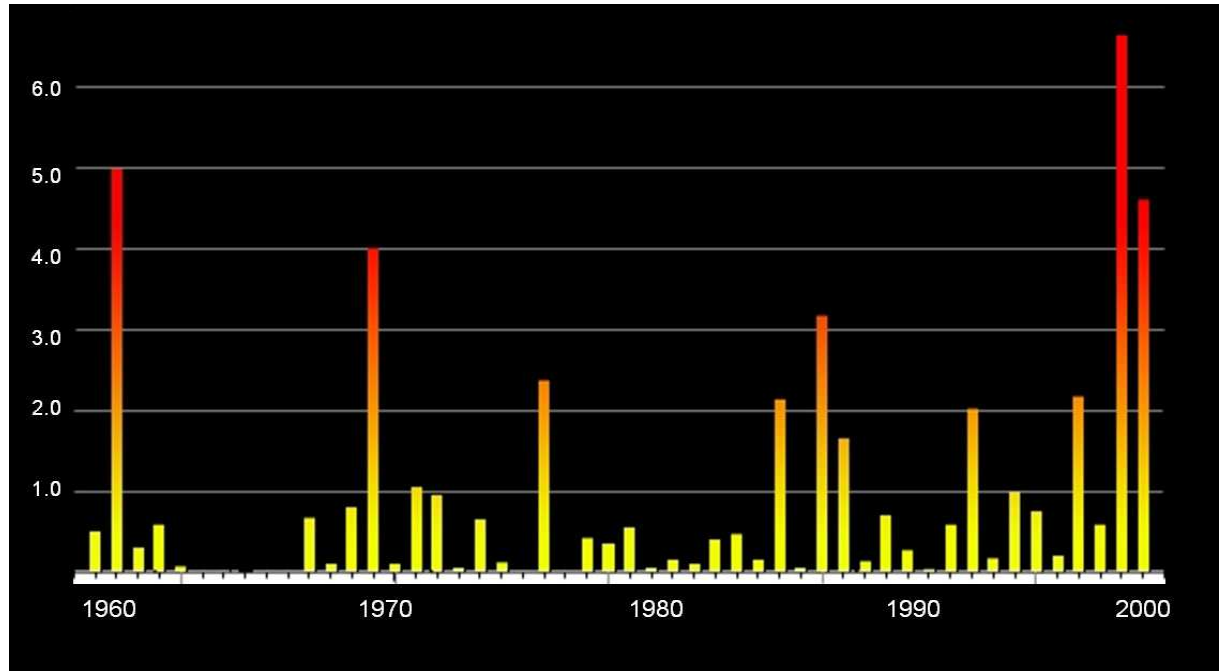
Kimyasal açıdan ele alırsak, organik kolloidlerin katyon tutma ve değiştirme kapasiteleri, kil minerallerinden çok daha fazla olduğundan, topraktaki bitki besin elementlerinin tutunmasına yardımcı olur. Organik madde, toprakta bulunan inorganik fosfor, demir, manganez gibi elementlerin, bitkilerin yararlanabileceği formlara dönüşümüne de yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda toprağın ani reaksiyonlarına, tampon vazifesi görerek engel olur. Toprağın küresel ısınma nedeniyle organik maddelerini kaybetmesi dışında, uzun kurak dönemlerden ve yoğun yağış periyotlarından da olumsuz etkileneceği tahmin edilmektedir. Özellikle organik maddesini kaybetmesi nedeniyle zayıflayan toprak, kuraklık durumunda dağılma, yoğun yağış durumunda da erozyon sonucu konumunu koruyamayacak ve alt tabakalarda bitkilerin gelişimine uygun olmayan toprak ortaya çıkacaktır (Melillo et al., 2002). Küresel ısınmanın doğrudan ve dolaylı etkilerinin orman toprağını bitki gelişimi için uygun olmayan kalitesiz yapıya dönüştüreceği ve sıcaklık artışı ile yağış dengesizlikleri

oranında toprağın ve buna bağlı olarak orman alanlarının yitirilebileceği görülmektedir (Dale & Rauscher, 1994).

Orman Yangınlarındaki Artış

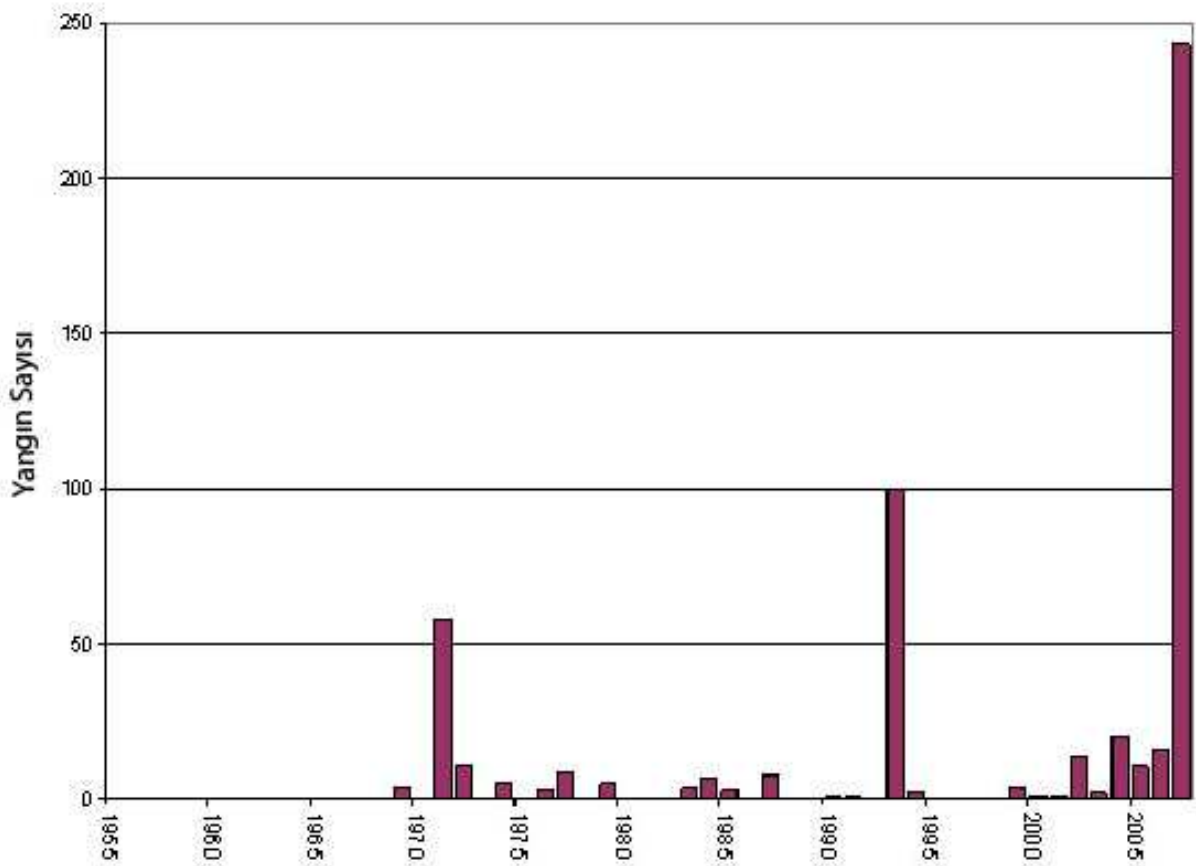
İstatistiksel olarak yapılan araştırmalar, orman yangınlarının 3 ana bileşenden etkilendiğini ortaya koymuştur; sıcaklık, nem (yağış) ve rüzgâr. Küresel ısınmanın sıcaklıkları ve kurak sezonları arttıracacağı, yağışları dengesizleştireceği, rüzgâr yön ve şiddetinde önemli farklılıklara yol açacağı, buna bağlı olarak da gelecekte orman yangınları açısından olumsuz etkilerinin gözleneceği öngörülmektedir (Flannigan et al., 2000).

Yapılan araştırmalar orman yangınlarında küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin şimdiden ortaya çıktığını göstermektedir. Örneğin, Alaska'da 2004 ve 2005 yıllarında 10 milyon hektarın üzerinde orman alanı yanarak tahrip olmuştur. Bu rakam, daha önceki 10 yıllık orman yangınlarında tahrip olan toplam alan miktarından daha yüksek bir rakamdır. Söz konusu yangınlarla birlikte kuzeydoğu Alaska'daki ormanların % 25'i tahrip olmuştur (Şekil 1) (Alaska Conservation Solutions, 2008).



Şekil 1. Alaska'da 1956-2000 yılları arasında gerçekleşen orman yangınlarından etkilenen alan miktarı. (Milyon dönüm) (Alaska Conservation Solutions, 2008)

Lokasyonlar arasındaki sıcaklık farklılıklarının küresel ısınma nedeniyle artacağı, bu nedenle de rüzgârların daha sert eseceği tahmin edilmektedir. Ayrıca şu ana kadar bilinen meteorolojik verilere uymayan yönlerde farklı hava sirkülasyonları beklenmektedir. Bu durum sonucunda, başlayan küçük orman yangınlarının hızla daha büyük alanlara yayılacağı ve rüzgâr yönü düşünülerek hazırlanan bentlerin de orman yangınlarından korunmak için yeterli olmayacağı tahmin edilmektedir (Stocks, 1998). Daha önce büyük orman yangınlarının gerçekleşmediği 68. paralelin kuzeyindeki bölgelerde, küresel ısınma sonucu büyük çaplı orman yangınlarının ortaya çıkmaya başladığı gözlemlenmiştir (Şekil 2) (Alaska Conservation Solutions, 2008).



Şekil 2. Yıllara göre 68. paralel'in kuzeyindeki alanlarda bildirilen, 300 hektar üzeri orman yangınları sayısı. (Alaska Conservation Solutions, 2008)

Küresel ısınma sonucu ortaya çıkan kuraklık nedeniyle yangınların başlama ve yayılma oranında bir artış beklenmektedir. Özellikle ormanların alt tabakalarında yer alan karayosunu ve otsu bitkilerin söz konusu kuraklıktan dolayı kurumması, yangının ortaya çıkma ve yayılma ihtimalini yükseltmektedir. Sıcaklık, buharlaşma ve tutuşma indeksini

arttırdığından orman yangınlarının da artmasına sebep olur. İşte bu yüzden sıcaklıklarda ortaya çıkacak küçük boyutlu farklılıklar bile, orman yangınlarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışa yol açabilecektir (Gillett et al., 2004).

Yapılan araştırmalar ile özellikle Amazon Yağmur Ormanları'nın olumsuz yönde etkilenerek gelecekte büyük oranda yanacağı, tahmin edilenden daha fazla karbondioksit salınımı ve absorpsiyon yapan bileşenlerin azalması nedeniyle küresel ısınma gerçeğinin katlanarak artacağı öngörülmektedir (Loehle & LeBlanc, 1996). Gelecekte ortaya çıkacak orman yangınları, büyük miktarda karbondioksitin bir anda açığa çıkmasına ve fotosentez sonucu tutulan karbondioksit miktarının düşmesine yol açacağı için, IPCC'nin iklim modellemelerinde de dikkate alınmaya başlanmıştır (Jones & Wingley, 1990).

Yağış Patern ve Yoğunluklarındaki Değişime Bağlı Etkilenme

Küresel ısınma toplam yağış istatistiklerini doğrudan etkilememekle birlikte, lokal ölçekte yağış miktarını ciddi anlamda değiştirmektedir. Gerek yağış alan bölgelerdeki değişiklik, gerekse yağış oranlarındaki düzensizlik (ani ve sellere yol açan yoğun yağışlar olması) ciddi bir sorundur. Bu durum; hem kuraklığa, hem toprak kaybına (erozyon vb.), hem de belli oranlarda su isteği bulunan bitkilerin doğrudan etkilenmesine neden olmaktadır (Maslin, 2004).

Orman formasyonunu oluşturan bitki türleri belirli su isteklerine sahiptir, ancak adaptasyon yetenekleri oranında kuraklığa ve yoğun yağmura dayanabilirler. Bu adaptasyon yeteneği türler arasında değişim göstermekle birlikte belirli bir limiti olan ve bu limit aşıldığında bitkinin ölümüne engel olamayan bir özelliktir. Küresel ısınma, yağışın miktarını ve şeklini ciddi anlamda değiştirmiştir. Bitkilerin, direnebileceklerinden daha uzun kuraklık periyotlarına maruz kalacakları ya da peş peşe gelen yoğun yağmurlar ile toprağın kullanılabilir düzeyin çok üzerinde su miktarına sahip olması nedeniyle fizyolojik kuraklık yaşanacağı öngörülmektedir. Ayrıca, yağışlardaki dengesizlik toprağı da doğrudan etkileyecek ve hatta toprak kaybına yol açarak bitkinin gelişimi için ihtiyaç duyduğu ortamın yitirilmesine neden olacaktır (Maslin, 2004).

Kar örtüsü özellikle ormanın yeni gelişen genç bitki türlerini soğuktan izole etme özelliği ile yeni bir jenerasyon oluşturarak devamlılığını sağlamasına olanak verir. Kar yağışlarının azaldığı bölgelerde ormanın genç bitkileri soğuktan korunamayarak ölür ve bu nedenle ormanda genç bitkilerin oluşumu durmuş olur. Sürekli yaşanan orman ise belli bir noktadan sonra yok olmaya mahkumdur (Dale & Rauscher, 1994).

Küresel ısınmanın yağışlar üzerinde yaratacağı etki, en büyük bilinmezliği barındıran ve lokal ölçekte geleceği tahmin edebilmemizi mümkün kılmayan bir noktadır. Bu nedenle hangi bölgelerde hangi ormanların yağış fazlalığı ya da azlığı nedeniyle etkileneceğini söylemek imkânsızdır. Ancak birçok ormanlık alanın yağışlardaki farklılaşma nedeniyle etkileneceği ve hatta yok olacağı öngörülmektedir (Maslin, 2004).

Doğrudan Sıcaklık Değişimine Bağlı Adaptasyon ve Rekabet Farklılaşmaları

Her bitkinin yaşamını sürdürebildiği bir sıcaklık aralığı ve en iyi gelişme gösterdiği bir sıcaklık noktası bulunmaktadır. Küresel ısınmanın lokal sıcaklıkları değiştireceği düşünülürse birçok orman türünün, yaşam faaliyetlerini sürdürebileceği sıcaklık aralığının dışındaki ortam nedeniyle yaşamını sürdüremeyeceği öngörülmektedir. Ayrıca bazı türlerin bu noktada rekabette avantaj elde ederken, o bölgenin florasını oluşturan bitkilerin yeni şartlar nedeniyle rekabette yenik düşeceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle bazı bölgelerde tüm bu bileşenlere bağlı olarak floranın zayıflayacağı, bazı bölgelerde ise bitki türlerinde farklılaşma yaşanacağı öngörülmektedir. Ancak bu durumdan avantaj sağlayacak ve özellikle kuzeye doğru yayılış alanını genişletecek türler de mevcuttur (Maslin, 2004).

Tartışma/Sonuç

Küresel ısınma ve orman ekosistemi arasındaki dinamik ilişki bilinen ve bilinmeyen birçok bileşenle, birbirine sıkı sıkıya bağlıdır. Küresel sıcaklıklardaki ve genel iklim düzenindeki değişiklikler ormanları doğrudan etkileyecek, belki de henüz öngöremediğimiz birçok farklı etkiler nedeniyle ormanların devamlılığını sağlamasını zorlaştıracaktır. Ne yazık ki, uzun vadede küresel ısınmayı yavaşlatacak çözümler bulunmadığı takdirde ormanları küresel ısınmanın yıkıcı etkisinden korumak, etkinin değişik birçok parametreden kaynaklanması nedeniyle mümkün görünmemektedir. Küresel ısınma insanlığın geleceğini etkileyeceği gibi, orman ekosisteminde de tamiri mümkün olmayan sonuçlara yol açacaktır (Maslin, 2004).

Böcek ve diğer zararlıların küresel ısınma sürecinde kuzey enlemlerde ilk etkileri gözlemlenmeye başlamıştır. Farklı böceklerin farklı lokasyonlara yerleşmesi, sıcaklık artışının üremelerini tetiklemesi, soğuk kışların azalması ile hayatta kalma oranlarının artması ve strese giren bitkilerin fizyolojik tepkileri ile böcekleri daha yoğun şekilde çekmeye başlaması temel sorunlar olarak dikkat çekmektedir. Böceklerle mücadelede birçok yöntem kullanılmasına rağmen, çevresel sorunlara yol açmayan başarılı bir teknik bulunamamıştır.

Küresel ısınma sürecinde toprakların organik madde yoğunluğunu kaybetmesi ve buna bağlı olarak verimli toprakların, verimsiz hale dönüşmesine yol açacak birçok sonuç öngörülmektedir (Melillo et al., 2002). Söz konusu sorunlarla mücadele etmek lokal ölçekte biyolojik ve kimyasal yaklaşımlarla kısmen mümkün olsa da, küresel ölçekte orman topraklarını bu süreçten koruyabilmemiz mümkün görünmemektedir.

Özellikle kutup bölgelerine yakın alanlarda, özel ekolojik şartların bulunması nedeniyle küresel ısınma süreci daha net şekilde izlenebilmektedir. Orman yangınları açısından birçok ülkede istatistikî veriler tutulmasına rağmen, kuzey enlemler haricinde kalan bölgelerde dönemsel kuraklık gibi ikincil parametrelerin geçici istatistiksel artışlara sebep olduğu bilinmektedir (Stocks, 1998). Kuzey enlemlerde ise geçmişte orman yangınlarının yaşanmıyor oluşu, istatistiksel anlamda verileri anlamlı hale getirmektedir (Alaska Conservation Solutions, 2008). Küresel ısınma sürecinde orman yangınlarının artışına paralel olarak yangın mücadele ekiplerinin sayılarının ve teknik donanımlarının artırılması ihtiyacı doğmuştur.

Yağış patern ve yoğunluklarındaki değişimin şu anda orman alanlarını oluşturan bitkilerin yaşamlarını sürdürmesine engel teşkil edebilecek bir tehdit olduğu görülmektedir (Maslin, 2004). Doğal orman alanları için bu etkiyi azaltacak ya da durdurabilecek herhangi bir yöntem bilinmemektedir. Ancak yeni plantasyon alanları oluşturulurken ekolojik toleransı yüksek bitki türlerinin seçilmesi, yeni orman alanlarının bu etkiden kısmen korunmasını mümkün kılacaktır.

Doğrudan sıcaklık değişimine bağlı adaptasyon ve rekabet farklılaşmaları incelendiğinde yine sıcaklık açısından ekolojik toleransı düşük bitki türlerinin yaşamını sürdüremeyeceği görülmektedir. Aynı zamanda orman alanlarında güneyden kuzeye doğru bir yayılım farklılaşması beklenmektedir (Maslin, 2004). Doğal orman alanları, yeni alanlara yayılabilme kapasiteleri ve ekolojik toleransları ölçüsünde korunabilecektir. Yeni plantasyon alanlarını kısmen koruyabilmek için ise lokal ölçekteki sıcaklık değişimleri dikkate alınmalı ve bu yönde bitki türleri seçilmelidir.

Küresel ısınma süreci birçok ekolojik soruna sebep olmaktadır. Sürecin bu şekilde devam etmesi durumunda sorunlarla mücadele etmenin tam anlamıyla mümkün olmadığı görülmektedir. Bu nedenle orman ekosistemini koruyabilmemizin tek yolu küresel ısınma sürecini yavaşlatabilecek ya da durdurabilecek bir yöntem bulmamızdır.

Kaynaklar

- Akbulut, S. (2000). Küresel Isınmanın Böcek Populasyonu Üzerine Muhtemel Etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 36, 25-27.
- Alaska Conservation Solutions. (2008). Global Warming Report. Retrieved December 10, 2008, from <http://www.alaskaconservationsolutions.com>
- Dale, V. H., & Rauscher, H. M. (1994). Assessing Impacts of Climate Change on Forests: The State of Biological Modeling. *Climate Change*, 28, 65-90.
- Flannigan, M. D., Stocks, B. J., & Wotton, B. M. (2000). Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment*, 262, 221-229.
- Flavin, C. (1990). Slowing Global Warming. *American Forests*, May-June, 37-46.
- Gillett, N. P., Weaver, A. J., Zwiers, F. W., & Flannigan, M. D. (2004). Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters*, 31, L18211.
- Houghton, J. T. (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. İngiltere: Cambridge University Press.
- Jones, P. D., & Wingley, T. M. L. (1990). Global Warming Trends. *Scientific American*. 263, 84-98.
- Loehle, C., & LeBlanc, D. (1996). Model-based assessments of climate change effects on forests. *Ecological Modelling*, 90, 1-31.
- Logan, J. A., Regniere, J., & Powell, J. (2003). Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 130-137.
- Maslin, M. (2004). *Global Warming*. Oxford: Oxford University Press.
- Mattson, W. J., & Haack, R. A. (1987). The Role of Drought in Outbreaks of Plant-eating Insects. *Bioscience*, 37, 110-119.
- Melillo, J. M., Steudler, P. A., Aber, J. D., Newkirk, K., Lux, H., Bowles, F. P., Catricala, C., Magill, A., Ahrens, T., & Morrisseau, S. (2002). Soil Warming and Carbon-Cycle Feedbacks to the Climate System. *Science*, 298, 2173-2176.
- Peters, R. L., & Darling, J. D. (1985). The Greenhouse Effect and Nature Reserves. *Bioscience*, 35, 707-712.
- Rubenstein, D. I. (1992). The Greenhouse Effect and Changes in Animal Behavior: Effects on Social Structure and Life-History Strategies. In *Global warming and Biological Diversity* (Chapter 14, pp. 180-192). Connecticut : Yale University Press,.
- Stocks, B. J., Fosberg, M. A., Lynham, T. J., Mearns, L., Wotton, B. M., Yang, Q., Jin, J. Z., Lawrence, K., & Hartley, G. R. (1998). Climate Change and Forest Fire Potential In Russian and Canadian Boreal Forests. *Climatic Change*, 38, 1-13.