

## İklim Değişikliği ve Tarım Üzerindeki Etkileri

Hakan ÖZER

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 25240-Erzurum (E-mail: [haozer@atauni.edu.tr](mailto:haozer@atauni.edu.tr))

Serkan ÖZER

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 25240-Erzurum

Geliş Tarihi : 10.01.2003

**Özet :** İklim tarımsal üretimi belirleyen temel faktördür. İklim değişikliği ya da küresel ısınma atmosfere sera gazlarının yayılmasından kaynaklanmaktadır. Tüm iklim modelleri gelecek yüzyılda yeryüzü sıcaklığının artacağını öngörmektedir. Bununla birlikte, bölgesel yağışla ilgili kesin tahminler yapılamamaktadır. Yine birçok bölgede yağıştaki değişimin yönüne dair oluşturulan modeller arasında da genel bir uyum bulunmamaktadır. Bitki büyümesi ve yetiştiriciliği hava olayları tarafından kontrol edildiği için bu tür değişikliklerin tarım üzerindeki sonuçlarının anlaşılması büyük bir önem arz etmektedir. Bu çalışma, olası iklim değişikliğinin tarım üzerine etkilerine ilişkin yapılan son araştırma bulgularını ele almaktadır.

**Anahtar kelimeler:** İklim değişikliği, küresel ısınma, karbon dioksit, bitki, tarım

**Abstract :** Climate is a primary determinant of agricultural productivity. Climate change or global warming is caused by the release of greenhouse gases into the atmosphere. All climate models predict an increase in surface temperature for the next century. However, regional precipitation is predicted poorly, and the models often disagree even on the direction of precipitation change over most areas. Since plant growth and crop production are controlled by weather, it is important to understand the implications of such weather changes on agriculture. This paper examines the most recent research findings on possible climate change effects on agriculture.

**Keywords:** Climate change, global warming, carbon dioxide, crop, agriculture

### GİRİŞ

Tarım ve iklim arasında oldukça belirgin ve kompleks bir ilişki mevcuttur. Hava olaylarındaki değişiklikler nedeniyle bitki üretiminde yıldan yıla farklılıklar görülmektedir. Söz konusu değişiklikler tarımsal üretimdeki belirsizliği daha da artırmaktadır. Bu durum insanoğlunun iklim değişikliğine olan ilgisinin artmasını sağlamıştır. Küresel iklimde gözlenen değişiklikler esas itibarıyla doğrudan insan aktivitelerine bağlanmaktadır. Endüstriyel devrimin başlamasıyla birlikte, artan nüfusun yaşamsal ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için fosil yakıtlarının kullanımında ve çimento üretiminde artışlar olmuş ve bitkisel ve hayvansal üretimi artırabilmek için yeni araziler açılmıştır.

İklimdeki değişiklikler atmosfer ve okyanusta yaşanan süreçler ve bunların etkileşimlerini içine alan kompleks bir sistem tarafından idare edilmektedir. Tarımsal üretim açısından ilgili süreçler; faydalı stratosferik ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonundaki kayıplar, CO<sub>2</sub>, metan (CH<sub>4</sub>), azot ve kükürt oksitlerin (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>) artışıdır. Bu gazların direkt ve indirekt etkileri mevcut olup, en önemli olanı ve küresel ısınmadan en fazla sorumlu olanı CO<sub>2</sub>'dir.

İklim değişikliğinin tahmin edilmesinde iklim modellerinden yararlanılmaktadır. Bu modeller sıcaklık, rüzgar, bulutlanma ve yağış gibi değişkenlerin küresel dağılımlarını simule etmektedir. Ancak bu modeller arasında ve aynı model içindeki belirsizlikler iklim değişikliği tahminleri arasında farklılıkların çıkmasına neden olmuştur. Örneğin, küresel ve bölgesel ölçekte sıcaklıkların artması beklenmekle birlikte, bu artışın büyüklüğü ve yerine ilişkin belirsizlikler devam

etmektedir. Bir diğer sorun ise mevcut bilgilerin birçoğunun kontrollü deneme koşullarından alınmış olmasıdır. Kontrollü koşullarda düşünülmeyen faktörlerden dolayı tarla koşullarında yetiştirilen bitkilerin üretkenliğinde önemli farklılıklar ortaya çıkabilmektedir.

İklim değişikliğinin tarım üzerindeki olası etkileri aşağıdaki başlıklar altında ele alınmıştır.

### CO<sub>2</sub> SEVİYESİNDEKİ ARTIŞIN ETKİLERİ Fotosentez Üzerine Etkileri

Fosil yakıtlarının giderek artan oranda kullanılması, ormanların yok edilmesi ve biyomasın yakılmasına bağlı olarak atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sürekli bir artış eğilimi göstermektedir. Nitekim 18. yüzyılın sonlarından 1994'e kadar olan dönemde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 280 ppm'den 358 ppm'e çıkmıştır. Bu, yaklaşık % 30'luk bir artışa karşılık gelmektedir. Bu süre zarfında sıcaklık ise 0.3-0.6 °C artmıştır. Yine, bu artış hızının 21. yüzyılın sonuna kadar devam etmesi durumunda CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 550 ppm'e çıkacağı ifade edilmektedir (IPCC, 1996).

Fotosentezin mutlak gerekli unsurlardan biri olan CO<sub>2</sub>'in seviyesindeki artışla bitki büyüme hızı artmaktadır. CO<sub>2</sub> seviyesinin iki katına çıkması sıcaklık ve nem gibi diğer çevre faktörlerine bağlı olarak fotosentez oranını % 30 ile % 100 arasında artırmaktadır (Pearch ve Bjorkman, 1983). Ancak bitki türlerinin fotosentez mekanizmalarındaki farklılıklardan dolayı CO<sub>2</sub> artışına tepkileri değişmektedir. Artan CO<sub>2</sub> koşullarında C<sub>3</sub> bitkilerinin net fotosentezinde ribuloz-1,5 bifosfat karboksilazın oksijenaz aktivitesinin

azalması nedeniyle artışlar olmaktadır (Pearcy ve Bjorkman, 1983). C<sub>3</sub> fotosentez yoluna sahip bitkilerde (buğday, çeltik ve soya vb.) fotosentez, atmosferik CO<sub>2</sub> yönünden doygun durumda değildir. Bu nedenle C<sub>3</sub> türlerinde CO<sub>2</sub> artışı, karbon kazancını ve üretkenliği artırmaktadır (Drake ve ark., 1997). Mısır, sorgum, şeker kamışı ve darı gibi C<sub>4</sub> bitkileri ise fotosentetik olarak C<sub>3</sub> bitkilerinden daha etkin olmalarına karşın CO<sub>2</sub> artışına daha az tepki verme eğilimindedirler. Bu bitkiler, mevcut CO<sub>2</sub> seviyelerinde fotosentetik olarak daha etkin olmasına rağmen, artan CO<sub>2</sub> seviyelerine C<sub>3</sub> bitkilerine göre daha az tepki gösterirler. C<sub>3</sub> ve C<sub>4</sub> bitkilerinin bu farklı tepkileri ekili alanlarda da muhtemelen değişikliklere yol açacak ve yüksek verim beklentileri nedeniyle bazı bitki türleri daha fazla tercih edilir olacaktır.

Çok sayıda araştırma sonuçlarını değerlendiren Cure (1986), CO<sub>2</sub>'in 2 katına çıkmasının C<sub>3</sub> bitkilerinin veriminde ortalama % 33, C<sub>4</sub> bitkilerinde ise % 10'luk bir artış sağlayacağını ifade etmiştir. Rosenzweig ve Parry (1994), 3 farklı iklim değişikliği senaryosu ve 3 genel sirkülasyon modeli kullanarak buğday, mısır, çeltik ve soyanın tepkilerini içeren çok kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 2 katına çıkması durumunda sıcaklıkta 2-4 °C'lik artış ve yağışta ± %20 lik değişim yaşanacağını ve 2 °C'lik artışla birlikte buğday ve soyada % 10-15, çeltik ve mısırdaki ise % 8'lik bir artışın olacağını rapor etmişlerdir. Sıcaklık ve yağış miktarındaki farklılıklar da CO<sub>2</sub>'in verim üzerindeki etkilerini değiştirebilmektedir. Örneğin, sorgum bitkisinde yapılan bir çalışmada (Rao vd., 1995), CO<sub>2</sub> artışına bağlı verim artışlarının Hindistan'ın kurak bölgelerinde yüksek sıcaklıkların etkisi nedeniyle maskelenebileceği belirtilmiştir.

Atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artışı bitkiler üzerinde bir gübreleme etkisi yapmaktadır (Kimball, 1983; Acock ve Allen, 1985). Ancak bu etki diğer bazı büyüme faktörlerinin şiddetli sınırlayıcı olduğu durumlarda, örneğin düşük sıcaklık koşullarında belirgin olmayabilir. Yine, kök hacmindeki kısıtlamalar ve ışık gibi faktörlerin büyümeyi kısıtladığı durumlarda bu tepki görülmeyebilir (Kramer, 1981). CO<sub>2</sub>'ce zengin bir ortamda yetiştirilen bitkiler, artan CO<sub>2</sub>'den tam olarak yararlanamayabilirler. Bu durum, CO<sub>2</sub>'ce zenginleştirilmiş bitkilerin asimilatlar için yeterli depo organlarına sahip olamamasından (düşük büyüme kapasitesi) veya floemin yükleme ve taşıma kapasitesinin yetersiz oluşundan ileri gelmektedir.

Kültür bitkilerinin CO<sub>2</sub> artışına göstereceği tepkide bitki yapraklarının azot içeriği ve topraktaki azot miktarının da etkisi bulunmaktadır (Drake ve ark., 1997; Reddy vd., 1997). Nitekim birkaç araştırma sonucunu derleyen Drake vd. (1997), artan CO<sub>2</sub> koşullarında azot miktarının yüksek olması halinde bitki fotosentezinin yaklaşık % 50; düşük olması durumunda ise % 25 oranında arttığını rapor etmişlerdir.

Dünyadaki en önemli kültür bitkileri ve yabancı otlar fotosentez yolu bakımından çarpıcı bir farklılık göstermektedir. Kültür bitkilerinde hakim olan fotosentez yolu C<sub>3</sub>, yabancı otlarda ise C<sub>4</sub>'dür. Örneğin dünyada en çok sorun oluşturan 18 yabancı otun 14'ü C<sub>4</sub> yoluna sahipken (Holm vd., 1977), dünyanın besin kaynaklarının çoğunu sağlayan 86 bitkiden sadece 5'i C<sub>4</sub> fotosentez yoluna sahiptir (Patterson, 1995). Bu nedenle CO<sub>2</sub> artışıyla kültür bitkisi/yabancı ot etkileşiminde önemli farklılıklar ortaya çıkabilecektir.

CO<sub>2</sub> seviyelerindeki artış fotosimilatların bitki organları arasındaki paylaşımını değiştirmektedir (Rogers ve ark., 1994). CO<sub>2</sub> artışına kök büyümesi tepkisinin incelendiği 167 çalışmanın sonuçlarını derleyen Rogers vd. (1994), bu çalışmaların % 87'sinde CO<sub>2</sub> artışıyla kök kuru ağırlığının arttığını, %77'sinde ise bitki köklerinin daha uzun olduğunu yada daha çok kök oluştuğunu bildirmişlerdir.

Küresel değişiklikler mer'aların üretkenliğini de etkileyecektir. Mer'alar çok değişik bitki türleri ve büyüme formuna sahip bitkileri (buğdaygiller, ağaçlar, çalılar, ve yabancı otlar vb.) bulundurduğundan, bunların tepkileri de farklı olacaktır. CO<sub>2</sub> artışı ve küresel ısınmanın birçok mer'a alanında net primer üretimi artıracığı öngörülmektedir (Baker vd., 1993; Coughenour ve Chen, 1997; Neilson ve ark., 1998).

Artan CO<sub>2</sub>'in bitkinin kalitesi üzerinde nasıl etki meydana getireceği hususunda yeterli oranda bilgi mevcut değildir. Buna rağmen bitkilerdeki azot içeriğinin azalacağı, karbon içeriğinin ise artacağı ifade edilmektedir. Bu durum insanlar ve hayvanlar için protein seviyelerinin ve beslenme düzeylerinin azalacağını göstermektedir. İklim değişikliğinin yem bitkilerinin kalitesi üzerine etkisinin hem pozitif negatif yönde olacağı tahmin edilmektedir. Örneğin, artan CO<sub>2</sub> koşullarında yemin ham protein oranı üzerine etkisi, azot miktarındaki azalmalar nedeniyle negatif olacaktır (Owensby vd., 1993; Cotrufo, ve ark., 1998). Artan CO<sub>2</sub> ve yüksek sıcaklıklarda fotosentetik protein içeriğinin azalması sonucunda dokuların azot içeriğinde azalma, lif içeriğinde artışlar olacaktır (Owensby vd., 1993; Soussana vd., 1996; Read vd., 1997). Yem kalitesindeki bu tür azalmalar hayvan büyümesi, üremesi ve ölümü üzerine de belirgin etkiler yapacaktır (Owensby vd., 1996).

#### **Bitkilerin Su ve Besin Elementi Kullanımları Üzerine Etkisi**

Yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonları bitkilerin stomalarını kapatmalarına neden olarak (Field vd., 1995; Drake vd., 1997), daha az su kullanmalarını ve daha fazla karbonhidrat üretmelerini (Owensby vd., 1993) sağlamaktadır. Bu kısmi kapanma, fotosentezden çok transpirasyonu etkilemektedir. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artışı hem C<sub>3</sub> hem de C<sub>4</sub> bitkilerinde stoma geçirgenliğinin % 30-40 oranında azaltmakta (Eamus ve Jarvis, 1989; Woodward vd., 1991; Samarakoon vd.,

1995) ve terlemede % 23-46 oranında azalma sağlamaktadır (Cure ve Acock, 1986). Su kullanım etkinliğindeki bu artış ise bitkilerin suyun yetersiz olduğu (yarı-kurak) çevrelerden daha az etkilenmelerini sağlamaktadır. Artan CO<sub>2</sub> konsantrasyonları besin elementi kullanım etkinliğini de artırmaktadır (Rogers vd., 1997; Boote vd., 1997).

### **SICAKLIK ARTIŞININ ETKİLERİ**

Sera gazı emisyon senaryolarına göre, ortalama sıcaklığın dünya genelinde 2100 yılına kadar 0.9-3.5 °C arasında artış göstereceği öngörülmektedir (IPPC, 1996). Bu artış enlem derecelerine göre farklılık gösterecektir. Söz konusu senaryolara göre ısınma etkisi kutuplara yakın bölgelerde fazla, ekvatorial bölgede ise az hissedilecektir.

#### **Büyüme Hızı Üzerine Etkileri**

Sıcaklık, yüksek-orta enlem kuşağında (>45°) ve yüksek enlemlerde (>60°) bitki ve hayvanların büyüme hızlarını belirleyen dominant iklim faktörüdür. Küresel ısınmanın ılıman bölgelerde mısır ve sorgum gibi yazlık ekilen bitkilerin çimlenme ve çıkışını iyileştireceği, gelişmeyi hızlandıracağı ve her iki bitkide de tohum canlılığını artıracığı rapor edilmektedir (Ellis ve ark., 1990). Oysa, alt enlemlerde ve tropik alanlarda çimlenme ve çıkışın azalmasına, gelişmenin hızlanmasına ve tohum canlılığının azalmasına neden olacaktır. (Ellis vd., 1990). Sıcaklığın bitki biyomasi üzerine etkisi, bitkinin büyüme formuna (determinat/indeterminat) bağlıdır. Sıcaklık artışı, kanopi canlılık süresini ve buna bağlı olarak biomass üretim periyodunu kısaltır. Nitekim, Ellis vd. (1990), determinat büyüme özelliği gösteren tahıllarda tane doldurma hızı ve dane doldurma süresinin sıcaklık artışıyla kısaltıldığını; Shaykewich (1995) ise 1°C'lik sıcaklık artışının bitki ömrünü yaklaşık 21 gün (% 8), generatif periyodunu ise 8 gün (% 6) kadar kısalttığını, ancak bu tepkinin varyetelere göre değiştiğini belirtmişlerdir. Buna karşılık indeterminat bitkiler don, zararlılar ve diğer stres faktörlerinden etkilenene kadar ışıktan yararlanmaya devam ederler. Artan sıcaklık bu bitkilerin yetiştirme sezonunu uzatarak (sonbahardaki ilk donları geciktirerek) kanopi ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır.

#### **Büyüme Mevsimi Uzunluğu Üzerine Etkileri**

Küresel ısınma agroiklimatik bölgeler ve bu bölgelerde yetişen bitkilerin kutuplara doğru yayılmasına/ilerlemesine neden olacaktır. Örneğin, 2050 yılına kadar Finlandiya'nın güney kesimlerinde rahatlıkla mısır tarımı yapılabileceği bildirilmektedir (Carter vd., 1996). Sıcaklık artışının en önemli etkilerinden birisi (özellikle orta ve yüksek enlemlerde) bitkilerin potansiyel büyüme sezonu uzunluğunu artırmasıdır. Bu etki, bitkilerin ilkbaharda daha erken ekilmelerine, daha erken olgunlaşmalarına ve hasat

edilmelerine olanak sağlayacaktır. Örneğin, Kanada'da yıllık ortalama sıcaklıktaki her 1 °C'lik artışın büyüme sezonu uzunluğunu yaklaşık 10 gün kadar arttıracığı; ve bu durumda yazlık buğdayın olgunlaşma süresinin yaklaşık 3 gün kısılacağı ifade edilmektedir (Williams ve ark., 1988). Ancak bitkinin kuru madde üretim periyodundaki (başaklanma-olgunlaşma arası periyot) kısaltmaya bağlı olarak ortalama dane veriminde azalmalar beklenmektedir. Özetle, 2-3 °C'yi geçmeyecek ortalama yıllık sıcaklık artışları yüksek-orta ve yüksek enlemlerde büyüme sezonunun uzamasını sağlayacaktır. Bu değerlerin üzerindeki sıcaklık artışları ise evaporasyon hızını artırarak ve böylelikle bitkiler için elverişli su miktarını kısıtlayarak büyüme sezonunu kısaltacaktır.

#### **Vernalizasyon Üzerine Etkileri**

İlman bölgelerde ısınmanın bir diğer etkisi de muhtemelen vernalizasyonu azaltacak olmasıdır. Bir çok ılıman iklim bitkisinde çiçeklenme sürecinin başlaması ve hızlanması kışın düşük sıcaklık periyotlarının bulunmasını gerektirir. Yetersiz vernalizasyon koşulları çiçek tomurcuğu teşekkülünü yavaşlatmakta ve verimi düşürmektedir (Salinger, 1989).

#### **Verim Üzerine Etkileri**

Küresel ısınma kültür bitkilerinin verimini hem pozitif hem de negatif yönde etkileyecektir. Serin kuzey bölgelerde sıcaklık ve büyüme sezonu uzunluğundaki artış, bu alanlarda yüksek verimli kültür bitkilerinin yetişmesine; don olaylarındaki azalma sayesinde turuncu gibi ısıya toleranslı bitkilerin daha güvenli bir şekilde tarımının yapılmasına imkan sağlayacaktır. Rusya ve Finlandiya gibi yüksek enlemlerde yer alan ülkelerde CO<sub>2</sub>'in seviyesinin iki katına çıkması halinde sıcaklıktaki artışın tahılların verimini artıracığı ifade edilmektedir. Bu alanlarda sıcaklık artışlarının 7-9 °C'yi bulması beklenmektedir (Kettunen vd., 1988; Bergthorsson vd., 1988).

Yüksek sıcaklıkların tarımı kısıtlamadığı yerlerde ve Kuzey Amerika Mısır Kuşağı, Ukrayna ve Avrupa'nın düşük rakımlı alanları gibi günümüz tahıl üretim alanlarında ise sıcaklık artışları kısaltılan bitki gelişme periyoduna bağlı olarak tahıl verimini azaltacaktır. Burada zayıf vernalizasyon koşullarının da olumsuz etkileri söz konusudur. Diğer orta enlem bölgelerinde ise bu etki daha çok yağıştaki muhtemel değişikliklere bağlı olacaktır. Şeker pancarı ve patates gibi indeterminat büyüme gösteren bitkilerde, sıcaklık artışı bitki gelişmesi için optimal olarak kabul edilen sınırları aşmaması halinde verimde artışlara neden olacağı tahmin edilmektedir (Squire ve Unsworth, 1988).

Sıcaklık tüm gelişme devrelerinin uzunluğunu kısaltır. Buna bağlı olarak ışık, su ve besin kaynaklarından yararlanma süresi kısalır ve biomass üretimi azalır. İngiltere'de yapılan bir çalışmada büyüme sezonu boyunca uygulanan 3.5 °C'lik sabit sıcaklık artışı

kışlık buğdayın erkenden büyümesini sağlamış ve nihai biomas miktarını % 16, tane verimi ise % 35 oranında azaltmıştır (Mitchell vd., 1995). Artan sıcaklığın tane verimine olan negatif etkisi biomas üzerine olan etkisinden daha fazladır. Yani, hasat indeksi artan sıcaklıklarla azalmaktadır. Benzer sonuçlar Batts ve ark. (1997) tarafından da bildirilmiştir.

Genel olarak gıda üretiminin iklim değişikliğinden pek fazla etkilenmeyeceği ve bu nedenle de dünya nüfusunun beslenmesi üzerine ciddi bir tehditin oluşmayacağı öngörülmektedir. Ancak, Parry ve ark. (1999), 2080 yılına kadar tahıl üretiminde % 2-4'lük bir azalmanın olacağını ve bu durumda tahıl fiyatlarının artacağını bildirmektedirler. Yine araştırmacılar bu senaryoya göre özellikle Afrika ve Güneydoğu Asya'da açlık tehlikesi ile karşı karşıya kalan nüfusta artışlar olacağını rapor etmektedirler.

#### **Kalite Üzerine Etkileri**

Yüksek sıcaklıklar meyve kalitesini azaltacaktır. Nitekim, bezelye, çilek ve kavun gibi bitkilerde şeker içeriği sıcaklıkla artış göstermiştir (Wien, 1997). Yüksek sıcaklıklar patatesten yumru kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve olgunlaşmamış yumruların stolonların çıkmasına (heat sprouting) neden olmaktadır (Struik ve ark., 1989).

#### **Çiftlik Hayvanları Üzerine Etkileri**

İklim değişikliğinin çiftlik hayvanları üzerine etkilerini değerlendiren Adams vd. (1998), artan sıcaklıkla hayvanların iştahında azalma olacağını ve bunun canlı ağırlık kazancında azalmaya yol açacağını rapor etmişlerdir. Hanson vd. (1993) ise küresel ısınmanın hayvansal üretimi olumsuz yönde etkileyeceğini ve süt üretiminde azalmalar yaşanacağını bildirmişlerdir. Sıcaklık artışları, mer'a alanları ve yem bitkilerinin verimleri üzerindeki etkisinin yanı sıra çiftlik hayvanlarının performansları üzerinde de etkili olmaktadır. Bu durumda, özellikle genç hayvanlar yaşlılara oranla sıcaklık değişimlerinden daha fazla etkilenecektir (Squire ve Unsworth, 1988).

#### **Elverişli Nem Miktarı Üzerine Etkileri**

Sıcaklıklardaki değişiklikler bitki büyümesi için gerekli olan nem miktarını da etkiler. Mevcut iklim modelleri, gelecekte yağışla ilgili tahminlerin yapılmasının güç olacağını ve iklimin değişken bir özellik göstereceğini ortaya koymaktadır (Giorgi vd., 1998). Bu senaryolara göre yüksek ve orta enlem kuşağında küresel ısınma kış yağışlarının artmasına neden olacaktır. Tropik alanlar için yapılan tahminlerin ise daha belirsiz olacağı ifade edilmektedir (Giorgi vd., 1998).

#### **Toprak Nemi Üzerine Etkisi**

Küresel iklim değişikliği sulama suyuna olan talebi artıracaktır. Hava sıcaklığının artmasıyla toprak nemi

azalmaktadır. Bu özellikle yüksek sıcaklıkların yaşandığı yaz aylarında bitki büyümesinin zarar görmesine neden olmaktadır. Dünyanın tropik ve ekvatorial bölgelerinin büyük bölümünde kültür bitkilerinin verimleri hava sıcaklığından ziyade toprakta depolanan yada bitki tarafından alınan su miktarından etkilenmektedir. Genel olarak bitkiler düşük nemli atmosferde daha az kuru madde üretirler (Monteith, 1981). Bu bakımdan hem yağış hem de hava nemi bitkilerin verimini etkileyebilecektir. Kurak ve yarıkurak alanlar yağıştaki değişime en hassas alanlardır. Özellikle, yağışın mevsimlere göre dağılımındaki değişiklikler bu alanlardaki bitkiler ve mer'a alanlarında önemli etkiler yapacaktır.

#### **EKSTREM İKLİM OLAYLARININ ETKİLERİ**

Küresel iklim değişikliği seller, fırtınalar, don olayları ve kuraklıkların görünüm ve şiddetinde artışlara neden olarak tarımı etkilemekte ve maliyetleri artırmaktadır (Fowler ve Hennessy, 1994). Örneğin, yüksek sıcaklıklar bitki gelişmesinin kritik devrelerinde; buğdayda dane doldurma (Johnson ve Kanemasu, 1983), soyada çiçeklenme (Mederski, 1983) devresinde ve birçok bitkide fide çıkışı döneminde zararlı etkiler yapmaktadır.

#### **İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK VERİMLİLİĞİ VE EROZYON ÜZERİNE ETKİLERİ**

İklim değişikliklerinin toprak üzerine etkisi hususunda kapsamlı çalışmalar henüz yapılmamıştır. Yüksek sıcaklıklar organik maddenin mikrobiyal ayrışma hızını arttırmakta ve uzun vadede toprak verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Hillel ve Rosenzweig, 1989). Ancak fotosentez hızının artması sonucunda kök biomasında meydana gelecek artışlar bu etkileri telafi edecektir. Ayrıca, toprağın verimlilik düzeyini daha iyi hale getirmek için ise daha fazla gübre uygulamak gerekecektir (Pitovrarow, 1988).

Yüksek sıcaklıklar topraktaki besin döngüsünü hızlandırıcı bir etki yapmakta ve kök oluşumu hızlanmakta ve azot fiksasyonu artmaktadır. Fakat yağıştaki değişimlerin zararlı etkileri ile karşılaştırıldığında bu faydalar çok düşük seviyelerde kalmaktadır. Örneğin yağıştaki artışlar erozyonun artmasına, minerallerin özellikle nitratların daha fazla yıkanmasına neden olmaktadır. Özellikle yaz aylarında yağıştaki azalmalar toprağın kurumasına ve rüzgar erozyonuna karşı hassasiyetin artmasına neden olacaktır. Yine, yüksek evaporasyon yağışın kısıtlı olduğu bölgelerde tuzluluk problemini ortaya çıkaracaktır (Yeo, 1990).

#### **ZARARLI VE HASTALIKLAR ÜZERİNE ETKİLERİ**

Birçok hastalık ve zararlı problemi onların konukçul bitkileriyle doğrudan ilişkilidir. Bitkilerin yayılma

alanlarının değişmesi, onların hastalık ve zararlılarının yayılma alanlarını da değiştirmektedir. Böcekler sıcak koşullarda daha hızlı tepki göstermekte ve çoğalmaları için daha uygun bir ortam bulmaktadırlar (Cammel ve Knight, 1992). Chakraborty vd. (2000), sıcaklık artışının patateste mildiyö hastalığının daha fazla görülmesine ve nematod zararının (yılda daha fazla generasyon oluşturmak suretiyle) artmasına neden olacağını bildirmişlerdir. Thompson vd. (1993), ise artan CO<sub>2</sub> koşullarında buğdayda hububat küllemesinin önemli oranda azalma gösterdiğini ifade etmiştir. Yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında stoma geçirgenliğinde gözlenen azalma (Hibberd vd., 1996), bitkilerde patojen penetrasyonunun azalmasına neden olur (Chakraborty vd., 1998). Yüksek sıcaklıklarda bazı yem bitkilerinde ligninleşmede artışlar görülebilmekte (Wilson vd., 1991), ve bu sayede bitkilerin dayanıklılığında artışlar olmaktadır (Strange, 1993).

Hayvan hastalıkları açısından konuya yaklaşıldığında, bugün tropik alanlarla sınırlı olan bazı hastalıkların ABD'ye ulaşarak burada ciddi ekonomik kayıplara neden olacağı rapor edilmektedir (Smith ve Tirpak, 1989). Yine sığır endüstrisinde önemli zararlara yol açan boynuz sineği zararı sıcaklık artışıyla daha geniş bir alanda etkisini gösterecektir (Smith ve Tirpak, 1989).

### DENİZ SEVİYESİNDEKİ ARTIŞIN TARIM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Küresel ısınma okyanusların termal genişlemesine ve buzulların erimesine neden olarak deniz seviyesinin yükselmesi sonucunu doğurmuştur. Bu durum deniz seviyesine yakın tarım alanlarının su altında kalmasına ve kıyı şeridindeki yer altı suyu tuzluluğunun artmasına; ve bu şekilde tarımın olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Yapılan tahminlerine göre bu gidişle deniz seviyesinin 2030 yılına kadar 9-29 cm, 2090 yılına kadar ise 28-96 cm yükseleceği öngörülmektedir (IPCC, 1996).

### Kaynaklar

Acock, B. and Allen, L.H. Jr, 1985. Crop responses to elevated carbon dioxide concentrations. In: Strain, B.R. and Cure, J.D. (eds) Direct Effects of Increasing Carbon Dioxide on Vegetation. DOE/ER-0238, Office of Energy Research, US Department of Energy, Washington, DC, pp. 53-97.

Adams, R.M., B.A. McCarl, K. Segerson, C. Rosenzweig, K.J. Bryant, B.L. Dixon, R. Conner, R.E. Evenson, and D., Ojima, 1998. The Economic Effects of Climate Change on U.S. Agriculture. Chapter 2 in The Economics of Climate Change, R. Mendelsohn and J. Neumann, eds. Cambridge University Press, Cambridge.

Baker, B.B., Hanson, J.D., Bourdon, R.M. and Eckert, J.B., 1993. The potential effects of climate change on ecosystem processes and cattle production on US rangelands. *Climatic Change* 25, 97-117.

Batts, G.R., Morison, J.I.L., Ellis, R.H., Hadley, P. and Wheeler, T.R., 1997. Effects of CO<sub>2</sub> and temperature on growth and yield of crops of winter wheat over several seasons. *European Journal of Agronomy* 7, 43-52.

Bergthorsson, P., Bjornsson, H., Dyrmondsson, O., Gudmundsson B., Helgadóttir, A., and Jonmundsson, J.V., 1988. The effects of climatic variations on agriculture in Iceland, in Parry, M.L., Carter, T.R., and Konijn, N.T., (eds), *The Impact of Climatic Variations on Agriculture*, Volume 1, Assessments in Cool Temperate and Cold Regions, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer, pp.383-509.

Boote, K.J., Pickering, N.B. and Allen, L.H. Jr, 1997. Plant modeling: advances and gaps in our capability to predict future crop growth and yield. In: Allen, L.H., Jr, Kirkham, M.B., Olszyk, D.M. and Whitman, C.E. (eds) *Advances in Carbon Dioxide Effects Research*. ASA Special Publication No. 61, ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 179-228.

Cammel, M.E. and Knight, J.D., 1992. Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests. *Adv. Ecol. Res.*, 22, 117-162.

Carter, T.R., Nurro, M. and Torkko, S., 1996. Global climate change and agriculture in the north. *Agriculture and Food Science in Finland*. 5, 223-385.

Chakraborty, S., Murray, G.M., Magarey, P.A., Yonow, T., O'Brien, R., Croft, B.J., Barbeti, M.J., Sivasithamparam, K., Old, K.M., Dudzinski, M.J., Sutherst, R.W., Penrose, L.J., Archer, C. and Emmett, R.W., 1998. Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia. *Australasian Plant Pathology* 27, 15-35.

Chakraborty, S., Tiedemann, A.V., Tieng, P.S., 2000. Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*. 108, 3, 317-326.

Cotrufo, M.F., Ineson, P. and Scott, A., 1998. Elevated CO<sub>2</sub> reduces the nitrogen concentration of plant tissues. *Global Change Biology* 4, 43-54.

Coughenour, M.B. and Chen, D.-X., 1997. Assessment of grassland ecosystem responses to atmospheric change using linked plant-soil process models. *Ecological Applications* 7, 802-827.

Cure, J.D. and Acock, B., 1986. Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. *Agricultural and Forest Meteorology* 38, 127-145.

Eamus, D., Jarvis, P.G., 1989. The direct effects of the increases in the global atmospheric concentration on natural and commercial temperate trees and forests. *Advances in Ecological Research* 19, 1-55.

Ellis, R.H., Hadley, P., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J., 1990. Relations between temperature and crop development. In: Jackson, M., Ford-Lloyd, B.V. and Parry, M.L. (eds) *Climatic Change and Plant Genetic Resources*. Belhaven Press, London, pp. 85-115.

Drake, B.G., González-Meler, M.A., Long, S.P., 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO<sub>2</sub>? *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology* 48, 609-639.

Giorgi, R., Meehl, G.A., Kattenberg, A., Grassl, H., Mitchell, J.F.B., Stouffer, R.J., Tokioka, T., Weaver, A.J. and Wigley, T.M.L., 1998. Simulation of regional climate change with global coupled climate models and regional modelling techniques. In: Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. and Dokken, D.J. (eds) *The Regional Impacts of Climate Change: an Assessment of Vulnerability*. Cambridge University Press, New York, pp. 427-437.

Hanson, J.D., Baker, B.B. Bourdon, R.M., 1993. Comparison of the effects of different climate change scenarios on rangeland livestock production. *Agricultural Systems*. 41, 487-502.

Hibberd, J.M., Whitbread, R., Farrar, J.F., 1996. Effect of 700  $\mu$ mol per mol CO<sub>2</sub> and infection of powdery mildew on the growth and partitioning of barley. *New Phytologist*. 1348, 309-345.

Hillel, D., and Rosenzweig, C., 1989, The greenhouse effect and its implications regarding global agriculture, *Research Bulletin No. 724* Amherst, Massachusetts: Massachusetts Agricultural Experiment Station.

Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V., Herberger, J.P., 1971. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. University of Hawaii Press, Honolulu, 609 pp.

- IPCC, 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg A., Maskell, K. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Johnson, R.C., Kanemasu, E.T., 1983. Yield and development of winter wheat at elevated temperatures. *Agron. J.* 75:561-565.
- Kettunen, L., Mukula, J., Pohjonen, V., Rantanen, O., Varjo, U., 1988. The effects of climatic variations on agriculture in Finland", in Parry, M.L., Carter, T.R., and Konijn, N.T. (eds), *The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Volume 1, Assessments in Cool Temperate and Cold Regions*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, pp.511-614.
- Kramer, P.J., 1981. Carbon dioxide concentration, photosynthesis, and dry matter production. *BioScience* 31, 29-33.
- Mederski, H.J. 1983. Effects of water and temperature stress on soybean plant growth and yield in human temperature climates. In C.D. Raper and P.J. Kramer (eds.). *Crop Reactions to Water and Temperature Stresses in Humid Temperate Climates*. Westview Press. Boulder. pp. 35-48.
- Mitchell, R.A.C., Lawlor, D.W., Mitchell, V.J., Gibbard, C.L., White, E.M., Porter, J.R., 1995. Effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration and increased temperature on winter-wheat-test of ARCWHEAT1 simulation-model. *Plant, Cell and Environment* 18, 736-748.
- Monteith, J.L., 1981. Climatic variation and the growth of crops, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107, 749-774.
- Owensby, C.E., Coyne, P.I., Auen, L.M., 1993. Nitrogen and phosphorus dynamics of a tallgrass prairie ecosystem exposed to elevated carbon dioxide. *Plant, Cell and Environment* 16, 843-850.
- Owensby, C.E., Cochran, R.C., Auen, L.M., 1996. Effects of elevated carbon dioxide on forage quality for ruminants. In: Körner, Ch. and Bazzaz, F.A. (eds) *Carbon Dioxide, Populations and Communities*. Academic Press, San Diego, pp. 363-371.
- Pearch, R.W., Bjorkman, O., 1983. Physiological effects, in Lemon, E.R. (ed.), *Cdeg.2 and Plants: The Response of Plants to Rising Levels of Atmospheric Cdeg.2* Westview Press, pp. 65-105.
- Read, J.J., Morgan, J.A., Chatterton, N.J., Harrison, P.A., 1997. Gas exchange and carbohydrate and nitrogen concentrations in leaves of *Pascopyrum smithii* (C<sub>3</sub>) and *Bouteloua gracilis* (C<sub>4</sub>) at different carbon dioxide concentrations and temperatures. *Annals of Botany* 79, 197-206.
- Rogers, H.H., Prior, S.A., Runion, G.B., Mitchell, R.J., 1996. Root to shoot ratio of crops as influenced by CO<sub>2</sub>. *Plant and Soil* 187, 229-248.
- Pitovranov, S.E., Iakimets, V., Kiselev, V. I., Sirotenko, O.D., 1988. The effects of climatic variations on agriculture in the subarctic zone of the USSR, in Parry, M.L., Carter, T.R., and Konijn, N.T. (eds), *The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Volume 1, Assessments in Cool Temperate and Cold Regions*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer, pp.617-722.
- Kettunen, L., Mukula, J., Pohjonen, V., Rantanen, O., Varjo, U., 1988. The effects of climatic variations on agriculture in Finland", in Parry, M.L., Carter, T.R., and Konijn, N.T. (eds), *The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Volume 1, Assessments in Cool Temperate and Cold Regions*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer, pp.511-614.
- Parry, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., Livermore, M., 1999. Climate change and world food security: A new assessment. *Global Environ. Change*, 9, S51-S67.
- Patterson, D.T., 1995. Weeds in a changing climate. *Weed Sci.*, 43, 685-701.
- Rao, G.D., Katyal, J.C., Sinha, S.K., Srinivas, K., 1995. Impacts of climate change on sorghum production in India: simulation study. In: Rosenzweig, C., Allen, L.H., Harper, L.A., Hollinger, S.E. and Jones, J.W. Editors, 1995. *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts* American Society of Agronomy, Madison, USA, pp. 325-337.
- Reddy, V.R., Reddy, K.R., Wang, Z., 1997. Cotton responses to nitrogen, carbon dioxide, and temperature interactions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 43, 1125-1130.
- Rogers, H.H., Runion, G.B., Krupa, S.V., 1994. Plant responses to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment with emphasis on roots and the rhizosphere. *Environmental Pollutants*, 83, 155-167.
- Rogers, H.H., Runion, G.B., Krupa, S.V., Prior, S.A., 1997. Plant responses to atmospheric carbon dioxide enrichment: implications in root-soil microbe interactions. In: *Advances in Carbon Dioxide Effects Research*. ASA Special Publication No. 61, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 1-34.
- Rosenzweig, C., Parry, M.L., 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367, 133-138
- Salinger, M.J., 1989. The effects of greenhouse gas warming on forestry and agriculture, Draft report for WMO Commission of Agrometeorology. Geneva, Switzerland.
- Samarakoon, A.B., Muller, W.J., Gifford, R.M., 1995. Transpiration and leaf-area under elevated CO<sub>2</sub> effects of soil-water status and genotype in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 22, 33-44.
- Shaykewich, C.F., 1995. An appraisal of cereal crop phenology modelling. *Canadian Journal of Plant Science* 75, 329-341.
- Smith, J.B., Tirpak, D., 1990. The Potential Effects of Global Climate Change on the United States, Report to Congress (Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 1989). A summary is given in Adams, R.M. (and others), *Global climate change and US Agriculture*. *Nature*. 345: 219-224.
- Soussana, J.F., Casella, E., Loiseau, P., 1996. Long-term effects of CO<sub>2</sub> enrichment and temperature increase on a temperate grass sward. II. Plant nitrogen budgets and root fraction. *Plant and Soil*, 182, 101-114.
- Squire, G.R., Unsworth, M.H., 1988. Effects of CO<sub>2</sub> and climatic change on agriculture, Contract Report to the Department of the Environment. Sutton Bonnington, UK, Department of Physiology and Environmental Science, University of Nottingham.
- Strange, R.N., 1993. *Plant Disease Control: Towards Environmentally Acceptable Methods*. Chapman and Hall, London
- Struik, P.C., Geertsema, J., Custers, C.H.M.G., 1989. Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato plant. III. Development of tubers. *Potato Research* 32, 151-158.
- Thompson, G.B., Brown, J.K.M., Woodward, F.I., 1993. The effects of host carbon dioxide, nitrogen and water supply on the infection of wheat by powdery mildew and aphids. *Plant, Cell and Environment* 16, 687-694.
- Wien, H.C., 1997. The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkin. In: Wien, H.C. (ed.) *The Physiology of Vegetable Crops*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 345-386.
- Williams, G.D.V., Fautley, R.A., Jones, K.H., Stewart, R.B. and Wheaton, E.E., 1988. Estimating effects of climatic change on agriculture in Saskatchewan, Canada, in Parry, M.L., Carter, T.R. and Konijn, N.T. (eds.) *The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Volume 1, Assessments in Cool Temperate and Cold Regions*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer, pp. 221-379.
- Wilson, J.R., Deinum, B., Engels, F.M., 1991. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39, pp. 31-48.
- Woodward, F.I., Thompson, G.B., McKee, I.F., 1991. The effects of elevated concentrations of carbon dioxide on individual plants, populations, communities and ecosystems. *Annals of Botany* 67, 23-38.