

## Seralarda Karbondioksit Düzeyi, Karbondioksit Gübrelemesi ve Olası Etkileri

Ahmet TEZCAN<sup>1</sup> Atılğan ATILGAN<sup>2</sup> Hasan ÖZ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> AÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07058 Antalya

<sup>2</sup> SDÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 32260 Isparta

\*Yazışma yazarı: hasanoz@sdu.edu.tr

Geliş tarihi:04.10.2010, Yayına kabul tarihi:22.06.2011

**Özet:** Sera içerisindeki bitkilere çeşitli şekillerde yapılan karbondioksit uygulamaları sonucunda bu bitkilerin verimleri üzerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Bitkiler solunum için oksijene özümleme içinse CO<sub>2</sub>'ye ihtiyaç duyarlar. Bitki gelişimini yalnızca toprak-bitki-su ilişkilerine bağlı olarak açıklamak yeterli değildir. Atmosferdeki gazların değişiminin de göz önüne alınması gerekir. Özellikle fotosentez olayının yapıtaşı olan CO<sub>2</sub> gazı bitki gelişiminde oldukça etkilidir. Bitki gelişimi ve verimi üzerine olan etkilerinden dolayı CO<sub>2</sub> gübrelemesi örtü altı yetiştiriciliğinde önemli yer tutmaktadır. Sera içerisinde bitkiler için uygun düzeylerde yapılacak CO<sub>2</sub> gübrelemesi ile bitkilerden alınacak verimi arttırmak olasıdır. Bu çalışmada ortamdaki CO<sub>2</sub> düzeyinin artırılması sonucunda bitkiler üzerindeki verim artışı ve CO<sub>2</sub>'nin bitki verimine olan katkısı ortaya konmaya çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** CO<sub>2</sub>, Sera, Bitki, CO<sub>2</sub> gübrelemesi

### Levels of Carbon Dioxide in Greenhouses and Possible Effects of Carbon Dioxide Fertilization

**Abstract:** Effect of different types of carbondioxide application in greenhouses on changes in plant yield is investigated. Plants require oxygen for respiration and CO<sub>2</sub> for assimilation. It is not enough to explain plant growth on the bases of soil-plant-water relation. Exchange of gases in the atmosphere must be taken into consideration. Especially CO<sub>2</sub> gas that is constituent of photosynthesis is very effective in the plant development. Because of the effects on plant development and yield, CO<sub>2</sub> fertilization plays an important role in greenhouse cultivation. It is possible to increase plant yield with appropriate levels of CO<sub>2</sub> fertilization in greenhouse. In this study, yield increase in plants as a result of increase in CO<sub>2</sub> concentration and contribution of CO<sub>2</sub> on plant yield are presented.

**Key words:** CO<sub>2</sub>, Greenhouse, Plant, CO<sub>2</sub> fertilization

### Giriş

Dünyada iklim değişikliklerini incelemek amacıyla yapılan araştırma sonuçlarına göre kimi parametrelerde bu değişikliğin gözlemlendiği sonucuna varılmıştır. Bitki gelişimi, iklim değişimine karşı oldukça duyarlı olduğundan tarım ve ormancılık faaliyetlerinin bu değişimlerden etkilenebileceği kaçınılmazdır. Bu nedenle gelecekteki iklim değişiminin bitkisel üretime olan etkilerini önceden belirleyebilmek amacıyla yoğun olarak

bitki-iklim modelleri kullanılmaya başlanmıştır (Çaldağ, 2000).

Bitki gelişimini yalnızca toprak-bitki-su ilişkilerine bağlı olarak açıklamak yeterli değildir. Atmosferdeki gazların değişiminin de göz önüne alınması gerekir. Özellikle fotosentez olayının yapıtaşı olan CO<sub>2</sub> gazı bitki gelişiminde oldukça etkilidir. Atmosferik kirlilik sonucunda, 20. yy. başlarında atmosferde 290 ppm olan

karbondioksit oranı, 1987 yılında 345 ppm'e çıkmıştır (Ahrens, 1988).

Tahminler bu miktarın gelecek yüzyıl içerisinde 600 ppm'e çıkacağı yönündedir. Karbondioksit, yeryüzünden yansıyan uzun dalga radyasyonunu su ile birlikte emerek atmosferin daha da ısınmasına neden olmaktadır. Bilim adamları, karbondioksit miktarındaki artışın bazı bitkilere gübre etkisi yaparak gelişimi hızlandıracağını belirtmektedir. Fakat asıl araştırılması gereken konu ise, iklimdeki bu değişikliğin tarıma olası etkisidir. Bugünkü koşullarda bu durum ancak bitki iklim benzetim modelleri ile tahmin edilebilir (Şaylan, 1995).

Dünyada özellikle gelişmiş ülkeler, gelecekte meydana gelebilecek küresel iklim değişimlerinin ekonomik ve sosyal etkilerinin neler olacağı konusunda senaryolar üretmekte, ulusal ve uluslararası tarım politikalarına yön vermekte ve bu amaçla bitki gelişim modellerini kullanmaktadır (Okay ve Demirtaş, 2007).

Bu çalışmada, bitki gelişimi ve verimi üzerine olan etkilerinden dolayı karbondioksit gübrelemesinin sera içerisinde bitkiler için uygun düzeylerde yapılarak, bitkilerden alınacak verim artışı üzerine etkileri derlenmiştir.

### **Karbondioksitin genel özellikleri**

Karbondioksit; kimyasal formülü CO<sub>2</sub> olan, tatsız, renksiz, kokusuz, yanmayan ve zayıf asit özelliği olan bir gazdır. Havadan 1.53 kat daha ağırdır. Zehirli olmamakla birlikte, havada %30 oranında bulunduğu solunumu tıkama özelliği göstermektedir. Atmosferdeki karbondioksit miktarı %0.03 kadardır. Karbondioksit üretimi, doğal yeraltı çıkışlarından ve kimyasal yöntemlerle fabrikalarda yapılmaktadır. Karbondioksit, yüksek basınç ve sıcaklıklarda sıvılaştırılıp katılaştırılabilir. (Ayaz, 2003).

### **Karbondioksitin havada bulunuş ve sınır değerleri**

Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızla artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca karbondioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki

karbondioksit miktarını yüksek düzeylere ulaştırmıştır. Karbondioksit ölçümü ilk kez 1958 yılında Havai adalarında 3000 m. yüksekliğe kurulan ölçüm istasyonunda yapılmıştır ve ilk sonuçlar bir sonraki yıl da alınmaya başlanmıştır. Bilimsel gözlemler 20. yüzyılın başlarında 290 ppm olan CO<sub>2</sub> derişiminin 2006 yılında 381 ppm düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur. Aynı oran, 1750 tarihi temel alınarak hesaplanan endüstri devrimi öncesinde ise, tahmini olarak ortalama 100 ppm seviyesindeydi. 21. yüzyılın sonunda ise 500 ppm'e çıkacağı tahmin edilmektedir. Son yirmi yılda, atmosferdeki CO<sub>2</sub> gazının yıllık artışı %0,4 olmuş, 1990'dan sonra ise yıllık artış %0,2-0,8 arasında değişmiştir. Atmosferde bulunan karbondioksit konsantrasyonu fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucunda her yıl 2,3 ppm kadar artmaktadır. (Denhez, 2007).

Önem alınmaz ise yapılan tahminlere göre; 2005-2020 yılları arasında her yıl %6,3 CO<sub>2</sub> emisyon artışı ile 2020 yılında toplam CO<sub>2</sub> emisyonunun 605 Milyon Ton olacağı öngörülmektedir. Önlem alınması halinde aynı dönem içindeki tahminlerde ise; Toplam CO<sub>2</sub> emisyonunda yaklaşık 75 milyon tonluk bir azalmaya karşılık geleceği öngörülmüştür (Denhez, 2007).

### **Karbondioksitin bitkiler için önemi**

Bilim adamları, karbondioksit miktarındaki artışın bazı bitkilere gübre etkisi yaparak gelişimi hızlandıracağını belirtmektedir. Fakat asıl araştırılması gereken konu ise, iklimdeki bu değişikliğin tarıma olası etkisidir. Bugünkü koşullarda bu durum ancak bitki iklim benzetim modelleri ile tahmin edilebilir (Şaylan, 1995). Güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda, kışlık buğday ve mısır verimlerinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarında artacağı, kışlık buğdayın vernalizasyon süresinin ve toplam bitki gelişme süresinin kısalacağını, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun tek başına artmasının mısır gelişimini ve verimi etkilemeyeceği sonucunu elde etmişlerdir (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000).

### Bitkide karbondioksit alımı ve kullanımı

Fotosentez faaliyetinin başlaması için ortamda CO<sub>2</sub> olması gerekmektedir. Bu durumda CO<sub>2</sub> bitki yaprakları tarafından, yaprak dokusunda bulunan stoma adı verilen açıklıklardan absorbe edilmektedir. Stomalardan yaprak dokusu içine giren ve hücre arası boşluklarda depolanan CO<sub>2</sub> ışık enerjisi ve su ile indirgenmeye başlar başlamaz bu absorblanma döngüsü hız kazanır. Ortamdaki CO<sub>2</sub> yoğunluğu ne kadar yüksek tutulursa bu faaliyetler o denli hızlı ilerleyecektir. Bitki yaprakların epidermis denilen üst dokularının arasında bulunan stomaların sayısı yaprakların alt düzeyinde ve üst düzeyinde farklı olmakla birlikte bu sayı bitkiden bitkiye göre değişiklik göstermektedir (Özsayın, 2009)

### Bitki gelişimi için en uygun karbondioksit değerleri

Karbondioksit konsantrasyonu artışına neden olan emisyonun %77'si fosil yakıt kökenli, %23'ü ise büyük ormanlık sahaların yok edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu oran 150 ppm dolaylarına düştüğü zaman bitkiler fotosentez yapamayacak duruma gelir ve solmaya başlarlar. Bu oran daha da azalır 100 ppm dolaylarına geldiğinde ise fotosentez tamamen durur ve bitkiler ölür. 100 ppm seviyesi bitki yaşamı için en alt sınırdır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bitkiler için karbondioksit düzeyleri ve olası etkileri

CO <sub>2</sub> Sınır Değerleri (ppm)	Bitkiler Üzerindeki Olası Etkileri
10000	Bitkiler ölür.
1200	Bitkiler en iyi gelişimi sağlar.
350	Havadaki doğal değer, bitkiler üzerinde etkisi yoktur.
150	Fotosentez durur ve bitkiler ölmeye başlar.
100	Bitkiler ölür.

Optimal bir fotosentez için CO<sub>2</sub> miktarı 1200 ppm olmalıdır. Ortamdaki karbondioksit miktarı 1200 ppm dolaylarında olduğunda bitkilerden maksimum verim sağlanabilir. Ancak CO<sub>2</sub> miktarı 1200 ppm'den yukarı çıktıkça bitkiler için tekrar öldürücü olmaya başlar.

10000 ppm dolaylarında ise bitkiler fotosentez yapamayacak duruma gelirler ve ölürler. Bu nedenle yeterli miktarlarda CO<sub>2</sub> bitkilere verilmelidir (Başkaya, 2005).

### Karbondioksitin arttırılmasının bitkiler üzerindeki etkisi

Bitki yetiştirilen ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarının arttırılması, bitkinizin yapraklarında depolanan fazla suyu ve enerjiyi kullanmasını sağlayacaktır ve bu büyümenin ciddi bir şekilde artmasına neden olur. Dış ortamlardaki CO<sub>2</sub> seviyesi ortalama 300-600 ppm'dir. Ancak bitkiler bundan daha fazlası kullanabilirler. Bitki yetiştirilen bir ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarı 800-1500 ppm'ye yükseltilebilir. Bu dış ortamlarda karşımıza çıkan miktarın 3 ila 6 katı büyüklüğündedir. Sonuçta ortamda karbondioksit miktarı arttırıldığında bitkiler daha hızlı ve daha fazla büyürler. CO<sub>2</sub> miktarı arttırıldığında, bitkilerin büyüme hızı %100-200 kadar yüksek değerlerde arttırılabilir. Bitkilerin genetik yapısı CO<sub>2</sub> gübrelemesine karşı farklı tepkiler göstermektedirler. Bazı bitkilerde bu yönde yapılan çalışmalarda varyeteler arasında farklılıklar olmakla birlikte, bitkilerde ortalama verim artışı %50-55 dolayında olmaktadır (Okay ve Demirtaş, 2007).

Genç bitkilerin en uygun CO<sub>2</sub> gereksinim düzeyleri, gelişmiş olan bitkilere göre daha yüksektir. Bunun nedeni bitkiler geliştikçe diğer büyüme etmenlerinin daha kısıtlayıcı duruma gelmesidir. Güneşli günlerde saat 10.00 - 16.00 arasında özümlemenin en yüksek düzeyde olması nedeniyle, bitkilerde verim artışı sağlamak amacıyla bu zamanlarda CO<sub>2</sub> gübrelemesi yapılmalıdır.

### Karbondioksit gübrelemesi

Bitki gelişim faktörleri içerisinde önemli bir yeri olan CO<sub>2</sub> atmosferde bulunmaktadır. 1950'li yıllarında fosil yakıtların intensif olarak kullanılması sonucu atmosferin CO<sub>2</sub> kapsamı yükselmiştir. Bu artışın, pek çok bitkinin gelişmesi üzerine olumlu bir etki yapmış olması muhtemeldir. Öte yandan seralarda intensif bitki yetiştirilmesi sonucu, kapalı yerde kısıtlı olan CO<sub>2</sub> miktarı kimi zaman yetersiz olmakta ve bitki gelişmesini

sınırlandırabilmektedir. Bu şartlarda, sera havasının CO<sub>2</sub> kapsamını artıracak bir CO<sub>2</sub> gübrelemesiyle bitki gelişmesi teşvik edilmekte ve ürün miktarı arttırılabilmektedir (Aktaş, 1995).

Sera ürünleri hakkındaki uygulamalı araştırmaların pek çoğu, bitki yetişmesi üzerine çevresel şartların etkilerinden bahsetmektedir. Su, ışık, sıcaklık ve beslenme maddeleri gibi faktörler, optimum yetiştirme için, çok daha kolaylıkla kontrol altında tutulurlar. Artık, sera ortamlarında, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun da, kontrolü ve hassas ölçümü mümkün olmaktadır. Karbondioksit, bitki yetişmesinde doğanın, fotosentez olarak bilinen mucizesine katkıda bulunur. Böylece bitkiler, ışık enerjisi yardımıyla karbondioksit ve suyu birleştirerek şeker oluşumunu sağlamış olurlar. Bu şekerlerin bazıları komplike bileşiklere dönüştürülür. Bunların yardımıyla, bitkinin olgunluğa erişmesini temin eden, yetiştirme için gerekli maddeler meydana gelir. Bununla beraber CO<sub>2</sub> beslemesi kesildiği veya azaldığı zaman, komplike bitki hücre yapısı, güneş enerjisinden tam yararlanamaz; yetiştirme ve gelişme geriler.

Karbondioksit bitki yetişmesi için gerekli maddeleri üretmek üzere gereken, üç ana komponentten biri olmasına rağmen, havadaki CO<sub>2</sub> miktarı sadece %0,03'tür (250-400 ppm). Buna karşılık normal havada, %78 azot, %21 oksijen ve %0,97 eser halinde diğer gazlar bulunmaktadır. Pek çok denemeler göstermiştir ki, kış aylarında seraların içindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, dışarıdaki havaya kıyasla, daima çok daha düşük bir değerdedir (Ay, 2010).

Havada %0,03 oranında bulunan karbondioksit sera havasında azalarak özümlemenin ve verimin azalmasında en önemli etken olarak ortaya çıkabilir. Bu nedenle seracılıkta CO<sub>2</sub> araştırmaları özel bir yer tutmaktadır. Sera havasında gece bitkilerin solunum yapması nedeniyle sabahları artan CO<sub>2</sub> içeriği güneşin çıkması ve özümlemenin başlamasıyla azalır. Sera havasında azalan CO<sub>2</sub>, bitkilerin özümlemesini sınırlayıcı bir etmen olmaktadır. Bitkilerde verimin azalmaması için, bitkilerin gereksindiği CO<sub>2</sub>'in çeşitli

yollarla yapay olarak karşılanmasına CO<sub>2</sub> gübrelemesi denir. CO<sub>2</sub> gübrelemesinin verimi arttırdığı yapılan araştırmalarda belirlenmesine karşılık, ancak 100 yıl sonra 1960'lı yıllarda seracılar tarafından uygulanmaya başlanabilmiştir (Sevgican, 1989).

CO<sub>2</sub> gübrelemesi etkisi sebzelerde türler arasında ve hatta çeşitler arasında bile farklılık göstermektedir. Bazı sebzeler de uygun değer yetiştirme koşullarında CO<sub>2</sub> seviyesinin iki katına çıkması, verimde %20-30'luk bir artış sağlayabilmektedir (Wolfe, 1994). Kırmızı pancar, havuç ve soğanda yapılan bir çalışma da CO<sub>2</sub> seviyesinin yaklaşık %25, sıcaklığın da 0.7-1.1 °C artması durumunda taze ürün ağırlığındaki değişimin, sırasıyla +%19, +%9 ve +%13 olacağı belirtilmektedir (Wurr ve Hand, 1998).

Yüksek CO<sub>2</sub>'in doğrudan bir etkisi de, stomaların kısmi olarak kapanması ve transpirasyonu azaltmasıdır. CO<sub>2</sub> uygulaması iki katına çıkarıldığında (patates-fasulye) normal gelişme sıcaklığında üründe artışlar gözlenmiştir. Ancak sıcaklığın artması ile CO<sub>2</sub>'in ürünü arttırma etkisi görülmemiştir (Peet ve Wolfe, 2000).

Sera içerisinde en kolay CO<sub>2</sub> gübrelemesi organik gübre kullanılarak gerçekleştirilir. Organik gübrenin sera toprağında parçalanması ile ortaya çıkan CO<sub>2</sub> sera havasının CO<sub>2</sub> oranını yükseltir. Bundan başka CO<sub>2</sub> arttırılması pahalı bir yöntemdir. Sera içinde bütan, propan gazı, parafin veya yağ yakılması ile serada CO<sub>2</sub> oranı arttırılırsa da, bunların yakılması sonucunda ortaya çıkan kükürt, zararlı gazlar ve yüksek sıcaklık bitkilere zarar verebilir. CO<sub>2</sub> gübrelemesinin başarısı, sera içi sıcaklık derecesi ve seranın ışıklandırma yoğunluğuna bağlıdır (Sevgican, 1989).

#### **Seralarda kullanılan CO<sub>2</sub> kaynakları:**

a) Petrolün Yakılması (Kerosen): Bu yakacaklar çok fazla kükürt kapsamaları nedeni ile sakıncalı olmaktadır. Çünkü yandıktan sonra bitkilere toksik etkilerde bulunacak düzeyde susuz kükürt buharları çıkartmaktadır. Bu nedenle içinde %0,1 ve hatta %0,03 düzeyinde kükürt kapsayan

yakacıklardan kaçınılmalıdır (Katkat, 1986).

b) Sıvı CO<sub>2</sub>: Bundan elde edilen gaz sera sıcaklığını yükseltmediğinden sıcak havalar için uygun olup soğuk zamanlar için uygun değildir. Küçük çaplı, üzerleri delikli plastik borular çift sıralar arasına konularak dağıtımı yapılır. Otomatik kontrol kullanılması en iyisidir. Sıvı CO<sub>2</sub>'den gaz elde edilmesi genelde diğer yakıtlara göre daha pahalıdır. Fakat kayıplar daha azdır ve bitkilere zararlı maddeleri içermez (Varış, 1985).

c) Katı CO<sub>2</sub>: Bloklar halinde olup çekiçle kırılarak aralıklarla serada kaplar içine konur. Ucuzdur, fakat kaplara konduktan sonra CO<sub>2</sub> çıkışı kontrol edilemez ve iş gücü fazladır. Özel koruma eldivenleri çalışma sırasında giyilmelidir. Fakat CO<sub>2</sub>, elektriksel ısıtmalı sıvılaştırıcı cihaz kullanarak sıvı şekle sokulup çıkan gaz sıvı CO<sub>2</sub>'deki gibi dağıtılır (Varış, 1985).

d) Propan: Sıvılaştırılmış petrol gazı olup kışın sera dışındaki tanktan bile kolayca gaz çıktığından bütan gazına tercih edilir. Ticari propan % 33'e kadar propilen içerir ki, bu doymamış hidrokarbon olup yanmamış yakıt sera içine girdiği takdirde bitkilere zararlı olabilir. Kükürt içeriği nispeten az olup normalde %0,01 ve en fazla %0,02 'dir. Propanın kullanımı sera sıcaklığını 2,2 °C yükselttiğinden kışın yararlıdır. Yazın ise erken havalandırma gerektirir. Sıcaklık yükselmesi gazın seraya verilmeden önce vantilatör tesisatı ile soğutmasıyla önlenir. Propanın 0,45 kg yakılmasıyla 0,68 kg su buharı üretilirse de bitkilere zararı olmaz (Varış, 1985).

e) Gaz Yağı: Kullanılan gaz yağının kükürt içeriği düşük olmalı ve yanınca bitkilere zararlı olacak miktarda SO<sub>2</sub> vermemelidir. Serada 0,5 vpm (milyonda hacim) SO<sub>2</sub> birkaç saat kalırsa bitkilere zararlı olabilir. Gaz yağındaki kükürt miktarı da %0,03 'den fazla olmamalıdır. Gaz yağı ucuz olduğunda daha çok yağlanır. Propanın kullanımındaki gibi yanmamış yakıt sızması önlenmelidir. Gaz yağı da sera sıcaklığını 2,2°C yükseltir. Vantilatörlü, püskürtmeli yakıcı otomatik olarak çalışır ve yeterli hava akımını sağlar. PE borusuz da kullanılabilir de 2

decardan büyük alanlar için üzerleri delikli PE borularla CO<sub>2</sub> dağıtılır. Eğer yakıcı ünite sera dışına konursa gaz belirli miktarda soğuyacağından seradaki sıcaklık yükselmesi de önlenir (Varış, 1985).

f) Parafin: Sıvı hidrokarbonlardan yalnız parafinden pratikte CO<sub>2</sub> ekstrakte edilebilir. Ağır yağlar yüksek seviyede sülfür ihtiva ettiklerinden kullanılmazlar. Zira ağır yağlardaki sülfür oranı % 0,05'in üstünde olmamalıdır. Yalnız parafin bu özelliğe uygunluk gösterir. Bir serada 1000 ppm 'lik bir CO<sub>2</sub> konsantrasyonu elde edebilmek için, seranın her 1 dekarında saatte 1,5-2,5 kg parafin veya propan yakmak gereklidir. Parafinden CO<sub>2</sub> elde etmek için basit tipte parafini buharlaştırarak yakan sobalar kullanılır. Sobadan çıkan yanma gazları seraya bir vantilatörle dağıtılır. Parafini atomize ederek yakan sobalar daha iyi gibi görülmektedir. Bu sobalarda yağ parçacıkları önce yüksek basınç altında atomize olmakta ve sonra yanmaktadır (Sevgican, 1989).

g) Doğal Gaz: Kullanımı propan gibi olup, aynı tip yakma tesisatı yeterlidir. Doğal gazın basıncı düşük olduğundan dağıtma sisteminin propaninkinden daha büyük olması gerekir (Varış, 1985).

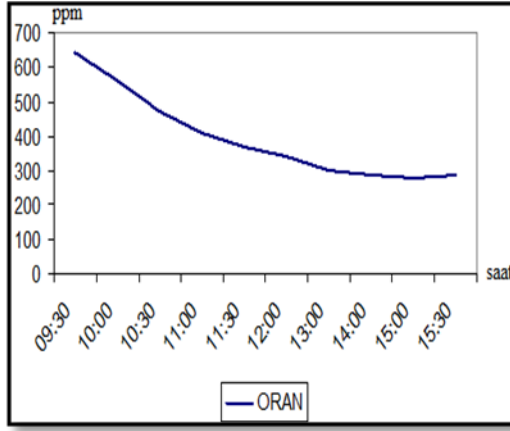
h) Alkol: Alkolden, CO<sub>2</sub> gazı üretimi kullanılan bir diğer yoldur. Ancak bu yakıtın günümüzde çok pahalı olması, kullanım alanını sınırlandırmaktadır (Katkat, 1986).

Bunların yanı sıra, seranın CO<sub>2</sub> oranını basit yöntemlerle de yükseltmek olasıdır. Seraları olabildiğince sabah erken saatlerde havalandırmamak, alınacak önlemlerin en basiti fakat en etkilisidir. Böylece bitkilerin gece solunumları sonucu sera atmosferinde miktarı artan CO<sub>2</sub> havalandırma sırasında bitkilerin yararına sunulmadan sera dışına kaçırılmamış olur. Eğer olanaklar el veriyorsa, seranın her m<sup>2</sup>'sinde, günde 2-3 kez, 2-3 cm<sup>3</sup> ispiro yakmak da, sera atmosferini CO<sub>2</sub>'ce zenginleştirmek için izlenecek bir diğer basit yoldur (Sevgican, 1989).

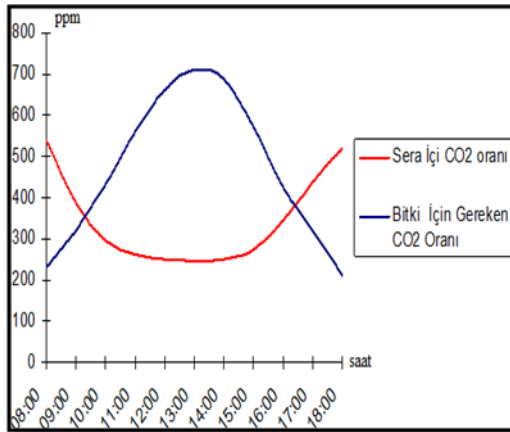
### Sera atmosferinde CO<sub>2</sub> varlığı

Sera atmosferinde fotosentez faaliyetleri başladığında CO<sub>2</sub> absorbe edilmeye başlanır. Eğer sera, dış atmosfer koşullarına

kapalı ise bir süre sonra CO<sub>2</sub>'nin absorbe edilme hızı düşmeye başlayacaktır (Özsayın, 2009).



Şekil 1. Sera içersindeki CO<sub>2</sub> varlığı (Özsayın, 2009).



Şekil 2. Bitkilerin günlük CO<sub>2</sub> tüketimi (Özsayın, 2009).

Şekil 1 Anamur ilçesinde muz üretimi yapılan bir serada 9.30 ile 15.30 saatleri arasındaki günlük ortalama CO<sub>2</sub> düzeylerini göstermektedir. Sera içerisinde herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Gece bitki solunumları nedeniyle sabahları artan CO<sub>2</sub> içeriği güneşin doğması ve özümlemenin başlamasıyla akşam saatlerine doğru giderek azalmıştır (Özsayın, 2009).

Ortamdaki mevcut CO<sub>2</sub> sera içindeki organik gübrelerin varlığı nedeni ile sabah saatlerinde yüksek görülmeyle birlikte saat 10:30 dan itibaren hızlı düşüş

göstermektedir. Günün en parlak ve etkili ışık alındığı saatlerinde ortamdaki CO<sub>2</sub> azlığı nedeni ile fotosentez yapılamamaktadır.

Şekil 2'de sera içi ölçülen karbondioksit gazının bitkiler tarafından tüketilmesi sonucu gün içindeki varlığı gösterilmiştir. Atmosfer zenginleştirme yönteminde esas olan, bitki türlerine göre farklı olmakla birlikte ortam konsantrasyonunun 1000 ppm ve üstünde tutulmasıdır. Normal atmosfer şartlarına göre 3 kat fazla bir oranda CO<sub>2</sub> uygulaması ile sera içinde CO<sub>2</sub> gazı molekülleri arası mesafe azalacak ve moleküller arası çekim gücü nedeni ile hareket hızları da artacaktır.

### CO<sub>2</sub> gübrelemesi ile ilgili bilimsel çalışmalar

CO<sub>2</sub> gübrelemesi ile ilgili olarak Avrupa ve A.B.D' de 1900'lü yıllardan itibaren başlayan yoğun çalışmalara rağmen, sera atmosferindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artırılması 1950'li yılların sonlarına kadar pratiğe geçirilememiştir. Bununla başlıca nedenleri, önemli bir CO<sub>2</sub> kaynağı olan organik materyalce zengin toprak kullanımı ve hidrokarbonların yakılması esnasında ortaya çıkan kirlenme olmuştur. Ancak son yıllarda havayı daha az kirleten ya da hiç kirletmeyen CO<sub>2</sub> kaynaklarının ve ekipmanlarının geliştirilmiş olması, sera içindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun kontrol edilebilmesi ve inorganik yetiştirme ortamlarının kullanılmaya başlaması ile doğal CO<sub>2</sub> kaynağının devre dışı kalışı gibi nedenlerle seralar da CO<sub>2</sub> gübrelemesi güncellik kazanmıştır (Mortensen ve Sandvik, 1987).

Smith (1968), yaptığı çalışmada CO<sub>2</sub> gübrelemesi uygulanan (1000 ppm) domates bitkileri ile uygulanmayan (350 ppm) bitkilerin çiçek oluşumlarını incelemiş ve CO<sub>2</sub> gübrelemesi uygulananların 9 gün daha erkenci olduğunu saptamıştır.

Calvert ve Slack (1975), salkım dökülmesi ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonu arasında bir ilişki kurmuş ve yaptığı denemede CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yükselmesi ile salkımı gelişmeyen bitki sayısının azaldığını saptamıştır.

Cooper ve Brun (1967), yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub> gübrelemesi ile çiçek

salkımlarında kurumanın önlendiğini belirlemiştir. Ayrıca gübreleme süresini bulmak için yaptığı çalışmada ise 7 (08:00-15:00) ve 3 (11:00-14:00) saat süre ile yapılan 1200 ppm'lik CO<sub>2</sub> gübrelemesinin domateslerdeki etkisini incelemiştir ve ilkbahar ürününde gübreleme periyodu 7 saatten 3 saate düştüğünde erkenci verimde %22, toplam verimde de %13'lük bir azalma bulmuştur

Uffelen ve Nederhoff (1988), hıyar, biber ve domateslerde CO<sub>2</sub> seviyesinin 350 ppm' den 200 ppm'e düşmesinin verimi %40'a varan oranlarda azalttığını, 750-1000 ppm'e yükseltmenin de aynı oranlarda verim artışına sebep olduğunu belirtmektedir.

### Sonuç

Karbondioksitin bitki gelişimi için önemli bir besin elemanı olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu besin elemanını bitkiler için en uygun düzeyde ortama vermek bitki gelişimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bitkilerde verimi arttırabilmek için bitkilerin gereksindiği karbondioksitin çeşitli yollarla yapay olarak bitkilere verilmesi bitki yetiştiriciliği için önemlidir.

Bitki yetiştiriciliğinde amaç bitkilerden alınacak verimi en üst düzeye çıkarmak olduğuna göre karbondioksit gübrelemesi bu amaca hizmet eden etkili yollardan biridir. Çeşitli araştırmacıların yaptığı çalışmalarında ortaya koyduğu gibi ortamdaki karbondioksit miktarının 1000-1200 ppm dolaylarında olması bitki gelişimi, erkencilik gibi birçok bitki özelliklerini artırabileceği gibi bitkilerden alınacak verimin üst noktalara çıkması sağlanabileceği kanısına varılmıştır.

### Kaynaklar

- Ahrens, C.D. 1988. *Meteorology Today. An Introduction to Weather, Climate and the Environment*, 3rd Edition, West Publishing Com., pp. 581.
- Aktaş, M. 1995. *Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1202, Ders Kitabı: 347 s.

- Alexandrov, V.A., Hoogenboom, G. 2000. The Impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104: 315-327.
- Ay, E. 2010. *Hava Kirliliği ve Modellemesi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, 110s.
- Ayaz, M.E. 2003. *Hacıali ve Karayün (Sivas) Çevresinin Jeolojisi ve Doğal Karbondioksit Potansiyeli*, F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(4), 523-538.
- Başkaya, H.S. 2005. *Atmosferdeki Değişiklikler, Sera Etkisi Ve Dünyamızın Geleceği*. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 140s.
- Calvert, A., Slack, G. 1975 Effect of Carbon Dioxide Enrichment on Growth, Development and Yield of Glasshouse Tomatoes: I. Response to Controlled Concentrations. *Journal of Horticultural Science*, (50), 61-71.
- Çaldağ, B. 2000. *Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkilerinin Bitki-İklim Modelleri İle Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 175 sayfa, İstanbul.
- Cooper, R.L., Brun, W.A. 1967. Effects of Light Intensity and Carbon Dioxide Concentration on Photosynthetic Rate of Soybean. *Crop Sci* 7: 451-454.
- Denhez, F. 2007. *Küresel Isınma Atlası*, NTV yayınları, İstanbul, 82s.
- Katkat, A.V. 1986. *Seralarda Karbondioksit Gübrelemesi*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5: 39-46.
- Mortensen, M.L., Sandvik, M. 1987. Effects of CO<sub>2</sub> Enrichment at Varying Photon Flux Density on the Growth of Picea, Abies Karst Seedlings.
- Okay, D., Demirtaş, Ç. 2007. *Bursa Koşullarında Sıcaklık ve CO<sub>2</sub> Değişimlerinin Mısır Bitkisinin Verim ve Evapotranspirasyon Üzerine Etkisinin Belirlenmesi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 17(2): 81-87

- Özsayın, S. 2009. Karbondioksit Gübrelemesi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Lisans Tezi, 56s.
- Peet, M.M., Wolfe, D.W. 2000. Crop Ecosystem Responses to Climate Change- Vegetable Crops, CABI Publishing, New York.
- Sevgican, A. 1989. Örtü Altı Sebzeçiliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayın No: 19, 62-65s, Yalova.
- Smith, B.P. 1968. The Variation of Carbon Dioxide Under the Snow in the Arctic, 49 (2): 358-361.
- Şaylan, L. 1995. Bitki Gelişimi Simülasyon Modellerinin Toprak, Bitki ve Su İlişkisinin Analizinde Kullanılması. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültürteknik Derneği, 30 Mart-2 Nisan 1995, Kemer-Antalya, s. 311-317.
- Uffelen, J.A.M., Nederhoff, E.M. 1988. Effects of Continuous and Intermittent Carbon Dioxide Enrichment on Fruit Set and Yield of Sweet Pepper (*Capsicum Annuum* L.), *Neth. J. Agric. Sci.*, 36: 209-217.
- Varış, S. 1985. Karbondioksit Gübrelemesi. *Serada Üretim Dergi*, (15) 9-11.
- Wolfe, D.W. 1994. Physiological and Growth Responses to Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration, *Handbook of Plant and Crop Physiology*, Marcel Dekker, New York, pp. 223-242.
- Wurr, D.C.E., Hand, D.W., 1998. Climate change: a response surface study of the effects of CO<sub>2</sub> and temperature on the growth of beetroot, carrots and onions. *J. Agric. Sci., Camb.*, (131) pp. 125-133.