

SERALARDA KARBONDİOKSİT GÜBRELEMESİ

A. Vahap KATKAT*

ÖZET

Seralarda normal olarak 300 ppm olması gereken karbondioksit konsantrasyonu sera havasının yenilenmemesi durumunda gündüz azalmakta, gece ise fotosentezin durması ile artış göstermektedir. Gündüz fotosentezin artırılması için karbondioksit gübrelemesi yapılması gerekmektedir. İlave edilecek karbondioksit miktarı hem bitkinin atmosferden absorbe ettiği karbondioksit miktarını, hem de serada meydana gelecek kayıpları karşılayacak miktarda olmalıdır.

Karbondioksit gübrelemesinin ekonomik olması sera konstrüksiyonunun izolasyon durumuna bağlı bulunmaktadır. Ülkemizde bu tekniğin uygulanması yeni sera konstrüksiyonlarının geliştirilmesi ile mümkün olacaktır.

RESUME

La Fumure Carbonée Sous Serres

Sous serre, lorsque l'air n'est pas renouvelé, la concentration, qui normalement est d'environ 300 ppm, s'appauvrit durant la journée et s'enrichit la nuit, à cause de l'arrêt de la photosynthèse. Dans la journée, on a besoin à la fumure carbonée pour augmenter la photosynthèse. Le gaz carbonique ajouté doit fournir aux plantes la quantité qu'elles prélèvent dans l'atmosphère, mais aussi compenser les pertes dues au manque d'étanchéité de la serre.

La fumure carbonée pour que soit économique, est liée à la situation d'isolation de la construction de serre. L'utilisation de cette technique dans notre pays, pourra être avec l'évolution nouvelles constructions de serres.

GİRİŞ

Bitkiler atmosfer karbondioksitini su ve mineral maddeler eşliğinde, ışık enerjisi yardımı ile organik maddelere dönüştürmektedirler. Bu nedenle atmosfer karbondioksiti bitkisel üretim için mutlak gerekli bir hammadedir. Özellikle sera yetiştiriciliğinde normal konsantrasyonu 300 ppm olan karbondioksit gazı, yeterli havalandırma yapılmadığında fotosentez olayı nedeni ile gündüz azalmakta, gece ise artış göstermektedir. Gerçekten yeşil bitkilerle dolu yeterli havalandırması olmayan bir serada karbondioksit gazı konsantrasyonu kısa sürede 150-200 ppm'e düşmektedir (Holley, 1970). Bu durumda ya havalandırma ya da bazı kaynaklar kullanılarak

* Doç. Dr.; Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü.

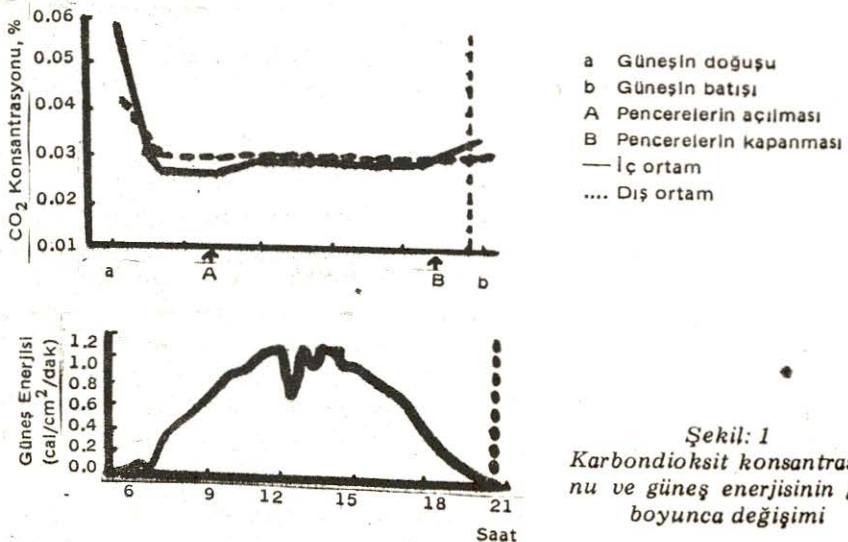
sera atmosferindeki karbondioksit gazı konsantrasyonu normal düzeye getirilmelidir. Sera atmosferindeki karbondioksit gazı normal düzeyin altına indiğinde bitki gelişimi de önemli ölçüde yavaşlamakta ve verim düşmektedir. Bu nedenle araştırmacılar özellikle sera atmosferindeki karbondioksit gazı konsantrasyonunu artırarak fotosentez olayını, dolayısı ile bitkisel üretimi artırmayı düşünmüşlerdir.

KARBONDİOKSİT KONSANTRASYONUNUNDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Karbondioksit gazının havadaki normal konsantrasyonu 300 ppm olmasına karşın bu oran ekolojik koşullara göre çok fazla değişiklik göstermektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmada, mısır tarlası üzerinde toprağın 1 m yukarısında gece ölçümünde karbondioksit gazı miktarı 600-800 ppm arasında bulunmuştur. Gerçekten mısır bitkisi gece solunum ile karbondioksit gazı çıkararak konsantrasyonun artmasına neden olmakta, gün ağarmaya başlayınca da bu karbondioksiti tekrar kullanmaktadır.

Genellikle topraklar da karbondioksit gazı üretmektedirler. Topraktaki organik madde miktarı arttıkça, karbondioksit gazı üretimi de artış göstermektedir. Toprak poroziteleri üretilen bu gazı depolamakta ve serbest bırakılması yavaş yavaş olmaktadır. Bu durum toprak yüzeyindeki karbondioksit gazı konsantrasyonunun daha fazla olmasını açıklamaktadır. Haziran ayında Güney Fransa'da yapılan ölçümlerde, toprağın 5 mm üzerindeki karbondioksit gazı konsantrasyonu, orman alanında 1300 ppm iken çayır bitkilerinin bulunduğu alanda 1000 ppm olarak belirlenmiştir. Sebze bahçelerinde kullanılan gübre tabakaları da önemli ölçüde karbondioksit gazı üretmektedirler. Almanya'da yapılan bir araştırmada gübre tabakalarının salatalık fidesi yastıklarında bir saatte 100 m² lik alanda 0.3 kg karbondioksit ürettiği belirlenmiştir.

Bitkilerin geceleri solunum ve fermentasyon sonucu karbondioksit gazı konsantrasyonunu artırması, gündüz ise fotosentez nedeni ile azaltması açık havaya oranla sera koşullarında daha belirgindir (Şekil 1).



Şekil 1'in incelenmesinde anlaşılacağı gibi havalandırma pencerelerinin açılması ile azalmaya başlayan sera atmosferindeki karbondioksit konsantrasyonu biraz yükselmekte ancak yine de dış atmosferdeki miktardan daha az düzeyde kalmaktadır (Zuang, 1982).

BİTKİLER ÜZERİNE KARBONDİOKSİT KONSANTRASYONUNUN ETKİLERİ

Bitkisel üretim artışını sağlayan fotosentez miktarı karbondioksit gazı dışında ışık, ısı, nem gibi iklim etmenleri ile birlikte bitki çeşidi ve bitkinin gelişme durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Öteki koşulların uygun olması durumunda sera atmosferindeki karbondioksit gazı konsantrasyonunun belli bir düzeye kadar artırılması bitkilerin gelişimini artırması yönünden çok etkili bir yoldur. Özellikle kış sezonunda, normal ışık yoğunluğunda, bu tekniğin yararlı etkisi, sera atmosferindeki karbondioksit konsantrasyonunun artırılması ile fotorespirasyon olaylarının önemli ölçüde azalmasından ileri gelmektedir. Gerçekten C₃ tipi fotosentez metabolizmasına sahip bitkilerde karbondioksit gübrelemesi çok daha iyi sonuç vermektedir. Nedeni de domates, hıyar ve patlıcan gibi C₃ tipi fotosentez metabolizmasına sahip bitkilerde ışık yoğunluğuna bağlı olarak fotorespirasyon olaylarının önemli bir yer tutmasıdır.

Karbondioksit konsantrasyonu ile birlikte ışık yoğunluğu ve sıcaklık da artırırsa bitki ağırlığında önemli artışlar meydana gelmektedir. Eğer sıcaklık ve ışık yoğunluğu sabit ise karbondioksit konsantrasyonunun artışı ile fotosentez belli bir konsantrasyona kadar artış göstermektedir. Optimum karbondioksit konsantrasyonunun üzerine çıkıldığında ışık ve sıcaklık sınırlayıcı faktör olmaktadır. O halde pratikte bu optimum konsantrasyona yaklaşmak gerekmektedir. Bu optimum değerler de 600 ile 10.000 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Kışın yetiştirilen bazı bitkilerde karbondioksit konsantrasyonunun 600-2000 ppm'e kadar yükseltilmesi iyi sonuç vermektedir. Bu nedenle her bitki tür ve çeşidi için optimum ve toksik karbondioksit gazı konsantrasyonlarının belirlenmesi gerekmektedir.

a) Patlıcan: Japonya, Hollanda ve Fransa'da yapılan çalışmalarda sera atmosferindeki karbondioksit gazı miktarı artırıldığında patlıcan ürününde önemli ölçüde artış meydana geldiği belirtilmiştir. Milhet ve Costes (1984), günde 4 saat süre ile 1000 ppm karbondioksit gübrelemesi yapılan serada yetiştirilen patlıcan ürününde hem meyve sayısı, hemde meyve ağırlığı yönünde önemli ölçüde artışlar meydana geldiğini belirtmişlerdir.

b) Biber: Serada yetiştirilen biber bitkisinde de karbondioksit gübrelemesi sonucu önemli ölçüde verim artışı olduğu Zuang (1982), tarafından belirtilmiştir. Milhet ve Costes (1984), günde 4 saat süre ile 1000 ppm karbondioksit gübrelemesi yapılan biber bitkisinde hem ürün artışı meydana geldiğini hem de ürünün daha erken olgunlaştığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar karbondioksit gübrelemesinin farklı besin çözeltilerinde yetiştirilen biber bitkisindeki meyve sayısında % 104 ile % 200, meyve ağırlığında da % 112 ile % 256 arasında artış meydana getirdiğini rapor etmişlerdir.

c) Marul: Sera atmosferinin karbondioksit gazı konsantrasyonu artırıldığında da kış ve sonbahar aylarında yetiştirilen marul üretiminde önemli artışlar meydana

geldiği Zuang (1982), tarafından belirtilmiştir. Özellikle kış aylarında havalandırılarak sera atmosferindeki CO₂ gazının artırılması çok sınırlı olmaktadır. Çünkü gündüz seraların havalandırılması mevsim dolayısı ile seradaki hava sıcaklığının çok azalmasına neden olmaktadır (Wacquant, 1964).

Karbondioksit gazı konsantrasyonunun 1000 ppm düzeyine çıkarılması marul yetiştiriciliğinde 10 gün erkencilik ve üründe % 20 artış sağlamaktadır. Ancak bu artış farklı çeşitlere göre değişiklik göstermektedir. En iyi sonuç genellikle yavaş büyüyen çeşitlerde elde edilmiştir. Bu çeşitlerde 3-4 hafta erkencilik ile yaprak sayılarının iki katına çıkması mümkün olmaktadır (Zuang, 1982).

d) Hıyar: İngiltere, Almanya ve Hollanda'da yapılan çalışmalarda karbondioksit gübrelemesinin hıyar üretimi üzerine olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir. Hollanda'da seradaki hıyar yetiştiriciliğinde karbondioksit gübrelemesi % 90 oranında kullanılmaktadır. Seradaki hıyar yetiştiriciliğinde optimum koşulların gece 20°C, gündüz 25°C ve 1000 ppm CO₂ konsantrasyonu olduğu Van Berkel ve Van Uffelen (1975), tarafından belirtilmiştir.

e) Domates: Karbondioksit gübrelemesinde domates fidelerinin yetiştirilmesi sırasında da yararlanılmaktadır. Karbondioksit gübrelemesi ile artan fotosentez sonucu bünyelerinde kuru madde miktarı artış gösteren genç bitkiler daha hızlı büyümektedirler. Dikimden 4 hafta sonra bitki ağırlıklarında önemli ölçüde artışlar meydana gelmektedir. Bu durumda genç bitkiler daha büyük ve yaprak sayıları da daha fazla olmaktadır.

Karbondioksit gübrelemesi birinci salkımdaki çiçeklenmenin 4-5 gün önce olmasını sağlamaktadır (Calvert, 1972). Bu erkencilik süresinin yetiştirme koşullarına bağlı olarak 7-10 güne kadar öne alınabildiği belirtilmektedir. Bu erkencilik ilk çiçeğin açmasının bir fonksiyonu olarak değerlendirilmekte ve gübrelemenin devamı süresince öteki salkımlarda bu erkencilik aynı şekilde devam etmemektedir. Sonuç olarak karbondioksit gübrelemesi domates yetiştiriciliğinde, salkımda bulunan çiçek ve meyve sayısını artırmakta, meyvelerin çapı ve ağırlığında artışlar meydana getirmekte, bunların dışında üründe erkencilik sağlamaktadır. Karbondioksit gübrelemesinin etkisi bu işlemin bitiminden sonra ortaya çıkmaktadır. Dikimden önce yapılan uygulama özellikle birinci salkım üzerine etkili olmakta yani ürünün erkencilikliğini sağlamaktadır.

Karbondioksit gübrelemesinde kullanılan karbondioksit miktarı genellikle 600-1500 ppm arasında olduğunda en fazla etkili olmaktadır. Optimum karbondioksit miktarının belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda optimum karbondioksit miktarının, alınan ışık intensitesine bağlı olarak değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir. Gerçekten en az ışık alan aylarda (15 Kasım-15 Ocak), bu miktar 1000 ppm iken, bu tarihlerden bir ay önce ve sonraki dönemlerde 2000 ppm, daha sonraki dönemlerde de 3000 ppm olmaktadır. Ayrıca optimum karbondioksit miktarları büyüme periyodundaki genç bitkilerde, daha yaşlı bitkilere oranla daha fazla olmaktadır. Yapılan araştırmalarda 2-4 haftalık bitkilerde fotosentez miktarı, karbondioksit konsantrasyonunun 1000-1500 ppm olması durumunda en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Karbondioksit konsantrasyonu arttıkça, fotosentez artmakta, fotosentez artınca da bitkilerdeki kuru madde miktarı artış göstermektedir.

Karbondioksit konsantrasyonunun 300 ppm'den, 600 ppm'e yükseltildiğinde domates bitkisinin azot ve fosfor absorpsiyonunda da bir artış meydana gelmekte ve

özellikle 600 ppm'de fosforun yapraklara hareketi daha hızlanmaktadır. Eğer karbondioksit konsantrasyonu 1200-2300 ppm arasında olursa bu mineral maddelerin absorpsiyonları azalmakta, yapraklar ve yaprak saplarında bazı anomaliler ortaya çıkmaktadır. Karbondioksit konsantrasyonu 600-1400 ppm arasında olursa, salkım-daki meyve sayısı artmakta ve çiçeklenme daha erken olmaktadır. Bazı araştırmacılar yaptıkları araştırmalarda 1000 ppm'in en ekonomik doz olduğunu belirtmektedirler.

Karbondioksit gübrelemesi güneş doğduktan bir saat sonra başlamalı ve güneş batmadan 1.5 saat öncesinde son verilmelidir. Karbondioksit gübrelemesi genellikle saat 10-16 arasında en fazla etkili olmakta ancak bazı günlerde sıcaklığın çok fazla yükselmesi sonucunda havalandırma gerekmekte ve bu durumda karbondioksit gübrelemesi durdurulmaktadır. Bazı araştırmacılar karbondioksit gübrelemesinin domates çeşitlerine farklı etkilerde bulunduğunu belirtmelerine karşın, bazı araştırmacılar da bunun tam tersini savunmaktadırlar. Örneğin İngiliz araştırmacılar, İngiliz çeşitleri üzerine farklı etkilerde bulunmadığını belirtirken, Amerika'lı araştırmacılar ise karbondioksit gübrelemesinin domates çeşitleri üzerine farklı etkilerde bulunduğunu belirtmektedirler. Karbondioksit gübrelemesinin etkisini sınırlandıran bazı faktörler bulunmaktadır. Dikkate alınması gereken bu faktörlerin başlıcaları bitkilerin azot ve fosfor beslenmesi, su ihtiyacı, düşük sıcaklık ve iklim değişiklikleridir.

f) Çiçekler: Goldsberry (1961), tarafından yapılan bir çalışmada sera çiçeklerinin kalite ve veriminin geliştirilmesinde kullanılan karbondioksitin önemi belirtilmiştir. Araştırmacı plastik kaplanmış seralarda yetiştirilen karanfillerden 350 ve 500 ppm karbondioksit içeren ortamda, 200 ppm karbondioksit içeren ortama göre % 30-38 daha fazla çiçek üretildiğini ortaya koymuştur. Karbondioksit konsantrasyonu 200 den 550 ppm'e yükseldiğinde, karanfillerin gövde uzunluğu azalmış fakat yüzde kuru madde miktarları artmıştır. Karanfiller için yüzde kuru madde, kalite ve uzun hasat sonrası yaşamı için iyi bir kriter olarak kabul edilmektedir.

Goldsberry ve Holley (1962), karbondioksit gübrelemesi sonucunda güllerin sap uzunluklarının artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Güllerin tasnif ve satışının sap uzunluğuna göre yapılması karbondioksit gübrelemesinin önemini artırmaktadır.

Lindstrom (1965), tarafından yapılan bir araştırmada, sera atmosferinin karbondioksit konsantrasyonu 1200 ile 2000 ppm arasında tutulduğunda 45-76 cm kategorisindeki güllerin sayılarında % 24 ile % 60'lık bir artış olduğu belirtilmiştir.

Aslanağzının karbondioksit gübrelemesine tepkisi değişik olmaktadır. Lindstrom (1964), karbondioksit konsantrasyonu 1200-2000 ppm arasında tutulduğunda aslanağzının taze ve kuru ağırlığında % 57'den % 70'e kadar bir artış olduğunu kaydetmiştir. Koths ve Adzima (1964), aslanağzının karbondioksite tepkisinin, büyümede bir gelişme olmadan taze ağırlıkta % 57 artış şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Genellikle karbondioksit gübrelemesi krizantemlerin çiçek büyüklüğünü, ağırlığını ve yüksekliğini artırmaktadır. Çiçek renginde de olumlu gelişmeler meydana gelmektedir. Koths ve Adzima (1965), krizantem ile yaptıkları bir araştırmada karbondioksit konsantrasyonunun 1200-1500 ppm arasında tutulmasının sap uzunluğunda % 27.5, taze ağırlığında ise % 21 artış meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Karbondioksit gübrelemesinin genç bitkilerin gelişiminde, olgunluğa yakın bitkilere oranla daha fazla etkili olduğu ortaya konulmuştur.

SERA ATMOSFERİNE İLAVE EDİLEN KARBONDİOKSİT MİKTARLARI

Sera atmosferine ilave edilen karbondioksit miktarları, hem bitkinin atmosferden absorbe ettiği karbondioksit miktarını, hem de seranın eklem yerlerinde meydana gelecek kayıpları karşılayacak miktarda olmalıdır. İdeal bir sera su sızdırmama ve hava kaçağı yapının dışındaki esen rüzgara ve eklem yerlerine bağlı olarak değişmemelidir. Yeni yapılmış izolasyonlu bir serada, havanın sakin olması durumunda, sera havasının dörtte biri bir saatte yenilenmektedir.

Bitkiler tarafından absorbe edilen karbondioksit miktarı çok değişkendir. Bu değişkenlik çeşitli faktörlere bağlı bulunmaktadır. Örneğin kış aylarında gelen güneş enerjisi miktarı, yaz aylarında gelen güneş enerjisi miktarından 4 kez daha azdır. Buna göre bitkilerin ortamdan absorbe ettiği karbondioksit miktarı kışın 0.1 kg/saat ise, yazın bu miktar 0.4 kg/saat olmaktadır. Genellikle kışın optimum karbondioksit miktarı düşük ışık intensitesi tarafından sınırlandırılmaktadır. Kapalı serada 1000 ppm oranı civarında karbondioksite sahip olabilmek için 1000 m³'lük hacime, saatte 1.5-3 kg karbondioksit verilmelidir. Karbondioksit uygulanması gün boyunca sürdürülmekte ancak ışık enerjisinin çok zayıf olduğu durumlar ile havalandırma yapılmadan önce bu işleme ara verilmektedir.

GÜBRELEMEDE KULLANILAN KARBONDİOKSİT MİKTARLARI

Sera atmosferindeki karbondioksit konsantrasyonunun artırılmasında geleneksel teknik havalandırma yoludur. Sera atmosferinde azalan karbondioksit konsantrasyonu havalandırma ile normal atmosfer düzeyine getirilmektedir. Bunun dışında organik gübreleme ve organik gübre tabakalarının kullanılması da sera atmosferindeki karbondioksit konsantrasyonunun artırılmasında kullanılan öteki yoldur. Gerçekten organik gübre tabakaları ile hıyar yetiştirilen kapalı bir sera atmosferindeki karbondioksit konsantrasyonu bir kaç hafta 1000 ppm civarında tutulabilmektedir.

Günümüzde ise, karbondioksit gübrelemesi için değişik karbondioksit kaynakları kullanılmaktadır. Karbondioksit gazı genellikle kerosen, bütan, propan ve alkolden üretilmektedir. Karbondioksit üretiminde kullanılan başlıca sistemler şunlardır:

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 yakacaklardan kaçınılmalıdır.

b) Sıvılaştırılmış ve Doğal Gazın Yakılması: Yanma normal olduğu zaman, hava kirlenmesi de az olmaktadır. Yakma sistemleri kaynağın etrafında ısı enerjisi yayması nedeni ile yakında bulunan bitkilere zararlı olabilmektedir. Yanma sırasında meydana gelen ısı enerjisi ortam sıcaklığının 1-3°C artmasına neden olmaktadır. Bu artış bazı durumlarda yararlı olmasına karşın ılık havalarda havalandırma gerektirmektedir. Yanmanın tam olmadığı durumlarda fitotoksik gazlar ve su buharı çıkarmaktadır.

Seraların ısıtılması sırasında meydana gelen dumanların bir bölümü gaz yakıcısının bacasından alınarak tekrar sera içerisine verilmektedir. Bu uygulama 1970 yılı ve sonrasında Hollanda'da çok geniş uygulama alanı bulmuştur. Avantajı seranın ısı-

ılması sırasında karbondioksit gübrelemesinin çok ucuza hatta bedavaya mal olmasıdır. Başlıca sakıncalı tarafı ise soğuk saatlerde örneğin gece hiç ihtiyaç olmadığı durumlarda bile çok fazla karbondioksit üretmesi, sıcak ve güneşli havalarda da sıcaklığın yüksek olması nedeniyle karbondioksit üretiminin olmamasıdır.

c) Alkol: Alkolden, karbondioksit gazı üretimi de kullanılan bir yoldur. Ancak bu yakıtın günümüzde çok pahalı olması, kullanım alanını sınırlandırmaktadır.

SONUÇ

Karbondioksit gübrelemesi, sera konstrüksiyonundaki izolasyonun yeterli olması ve uygulama masrafının gaz verilmesi ile elde edilecek ek gelirden daha az olması durumunda söz konusu olmaktadır. Karbondioksit gübrelemesi öteki üretim faktörlerinin (mineral gübreleme, sulama, mücadele, aydınlatma ve ısıtma) uygun olması durumunda en iyi sonucu vermektedir. Ayrıca özel bitki tür ve çeşitlerinde optimum karbondioksit, sıcaklık ve güneş enerjisi düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Ülkemizde karbondioksit gübrelemesi, iyi izolasyonlu yeni sera konstrüksiyonlarının geliştirilmesine ve pazar durumuna bağlı olarak uygulama alanı bulacaktır. Karbondioksit gübrelemesi yapılan bu tür seralarda topraksız kültür ya da hidroponik yetiştirme teknikleri kullanılarak birim alandan elde edilen ürünün en yüksek düzeye çıkarılması mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

- CALVERT, A. 1972. Effect on day and night temperatures and carbon dioxide enrichment on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sc.* 47, 231-247.
- HOLLEY, W.D. 1970. CO₂ enrichment for flower production. *Trans. ASAE* 13: 257-258.
- GOLDSBERRY, K.L. 1961. Effects of carbon dioxide on carnation growth. *Colorado Flower Growers Assoc. Bul.* 164: 1-2.
- GOLDSBERRY, K.L. and HOLLEY, W.D. 1962. Carbon dioxide research on roses at Colorado State University. *Colorado Flower Growers Assoc. Bul.* 151: 1-6.
- KOTHs, J.S. and ADZİMA, R. 1964. The effect of CO₂ enriched atmosphere on snapdragons. III. *Conn. Flor. Assoc. Growers Supplement Bul.* 356: 1-2.
- KOTHs, J.S. and ADZİMA, R. 1965. Summary of 1964/65 CO₂ studies with chrysanthemums. *Conn. Flor. News Letter (Ext. Serv.)* July 1965: 3-6.
- LİNDSTROM, R.S. 1964. The effect of increasing the carbon dioxide concentration on floricultural plants. *The Michigan Florist* 398: 12-13.
- LİNDSTROM, R.S. 1965. Carbon dioxide and its effect on the growth of roses. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 87: 521-542.
- MİLHET, Y., et COSTES, C. 1984. Influence de la forme et de la dose d'azote de la fumure minerale sur la production de fruits de plusieurs plantes maraicheres suivant les teneurs de l'air en dioxyde de carbon. V1^e Colloque international pour l'optimisation de la nutrition des plantes, Montpellier, France.

- VAN BERKEL, N., et VAN UFFELEN, J.A.M. 1975. CO₂ nutrition of cucumbers in the netherlands, *Acta. Hort.* n 51.
- WACQUANT, C. 1964. L'enrichissement de l'atmosphère des serres en gaz carbonique *Agriculture*, n° 263, pp 23-26.
- ZUANG, H. 1982. La fertilisation des cultures légumières. CTIFLE, 22, rue Bergère, 75009, Paris.