

SERALARIN SOĞUTULMASI

Feridun HAKGÖREN

Ayşe IRMAK

Suat IRMAK

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya.

Özet: Seralar, bitki gelişimi için gerekli olan CO₂, sıcaklık, nem ve ışık gibi etmenleri yetiştirme sezonu boyunca optimum düzeyde tutabilen yapılardır. Seralardan beklenen yüksek verimin elde edilebilmesi için iklim koşullarının yeterli olmadığı dönemlerde, gelişim etmenlerinin teknik olanaklarla kontrol edilmesi gerekmektedir.

Kışın, iç sıcaklığın biyolojik optimum sıcaklığın altına düşmesi, düşük sıcaklığın neden olduğu yüksek nem, çeşitli bitki hastalıkları ve sıcak dönemlerde meydana gelen yüksek sera içi sıcaklığı, Akdeniz Bölgesi seralarında belli başlı sorunlar olarak bilinmektedir.

Yukarıda belirtilen sorunların çözümü için, alınacak bazı teknik önlemlerle seraların iklimlendirilmesi zorunludur. Bu çalışmada seraların soğutulmasında kullanılan çeşitli yöntemler gözden geçirilmiştir.

Cooling of Greenhouses

Abstract: Greenhouses are the agricultural structures for supply of optimal level of CO₂, temperature, humidity and light during plant growth season. Environmental factors must be controlled by the available technical possibilities in order to high and quality yield from greenhouses. The main problems in the greenhouses in Akdeniz region are sub-optimal temperatures, different plant diseases due to low humidities arising from low temperatures and the high temperature during the hot period. It is necessary to control the climate in the greenhouses to solve the problems explained above. In this study, different methods used for cooling the greenhouses are explained.

GİRİŞ

Seralar, bitki gelişimi için gerekli olan ışığı (verimi artırma açısından) koşullar elverdiğince en yüksek seviyede sera içine geçirecek şekilde tasarlanmalıdır. Sera dışı hava sıcaklığı ve güneş şiddetinin çok yüksek olduğu durumlarda, sera içi hava koşulu bitki yetiştirmeye uygun olmamaktadır (1).

Yazın ışınımının yüksek olduğu günlerde iyi bir havalandırma sistemine sahip seralarda bile, bitki yaprak sıcaklığı sera içi sıcaklığının 5-15 °C'nin üstünde bulunabilir. Bu da iyi bir havalandırmanın bitki sıcaklığını düşürmede yeterli olmadığını göstermektedir (13).

Serada ısının ve su dengesinin optimal veya optimala yakın bir değerde bulunabilmesi için, birçok kültürlerde seraların soğutulması gerekmektedir. Ülkemizde de özellikle güneş enerjisinin ve hava sıcaklığının yüksek olduğu güney bölgelerimizde soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutmanın yeterli düzeyde yapılabilmesi için bazı soğutma ekipmanlarının kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, seralarda uygulanan soğutma metodları hakkında bilgiler verilecek ve Antalya koşulları için seralarda soğutma ihtiyacı örneklerle açıklanmaya çalışılacaktır.

SOĞUTMA METODLARI

Seraların soğutulmasında genel olarak üç metod kullanılmaktadır. Bunlar, gölgeleme, doğal ya da mekanik havalandırma ve evaporatif soğutmadır.

Gölgeleme

Gölgeleme, seraya ulaşan ışınımın azaltılmasıyla, sera içindeki sıcaklığın ve dolayısıyla bitki yaprak sıcaklığının düşürülmesidir.

Sera içerisindeki sıcaklığın dış ortam sıcaklığından fazla olmasının nedeni şu şekilde açıklanabilir; güneşten gelen kısa dalga boylu ışınlar sera içinde bitki, toprak ve yapı elemanları tarafından adsorbe edilir. Bitkiler de almış oldukları enerjinin bir kısmını uzun dalga boylu ışınlar olarak geri yansıtırlar. Ancak örtü malzemelerinin uzun dalga boylu ışın geçirgenliklerinin düşük olması nedeniyle, sera içindeki ısı birikimi yani sıcaklık artışı olmaktadır. Gölgeleme sayesinde kısa dalga boylu güneş ışını girişi azalmaktadır. Böylece ısı artış hızı yavaşlamaktadır. Bununla ilgili olarak, gölgeleme yapılan ve yapılmayan bir serada iç hava sıcaklıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Gölgeleme Yapılan ve Yapılmayan Bir Serada İç Hava Sıcaklıkları (1).

Sera Dışı Hava Sıcaklığı (°C)	Gölgeleme Yapılmamış Koşulda (°C)	%60 Gölgeleme Yapılan Koşulda (°C)
28	38	33

Yukarıda da görüldüğü gibi gölgeleme, sera içi hava sıcaklığını azaltmaktadır. Ancak ışık, bitki gelişimi için gelişim etmenlerinin başında gelmektedir. Bu yüzden seralarda gölgeleme isteminin de bir sınırı vardır. Çizelge 2'de gölgeleme yapılmayan ve %50 gölgeleme yapılan bir serada hava sıcaklığı, ışık şiddeti ve bitki yaprak sıcaklıkları ile ilgili değerler görülmektedir (1).

Çizelge 2. %50 Gölgeleme Yapılan Bir Serada Hava Sıcaklığı, Işık Şiddeti ve Bitki Yaprak Sıcaklıkları (1).

	Hava Sıcaklığı (°C)	Işık Şiddeti (Lux)	Yaprak Sıcaklığı (°C)
Gölgelemesiz	36	70200	40,3
%50 gölgeleme	32	27000	31,0

Çizelge 2'de de görüldüğü gibi gölgelemenin yapıldığı bir serada, bitki yaprak sıcaklığı değeri, sera içi sıcaklığından daha düşüktür. Bu azalmanın nedeni, tamamen bitkinin savunma mekanizması ile ilgilidir. Bitki, güneşten gelen ışınları adsorbe ettiğinde enerji kazanır ve sıcaklık artışı olur. Artan sıcaklık karşısında bitki stomalarını açarak terleme yapar. Yani bünyesindeki enerjinin bir kısmını transpirasyon (terleme) için kullanarak yaprak sıcaklığını düşürür.

Gölgeleme yöntemi, güneş ışınlarının yoğun olduğu öğle saatlerinde ve diğer soğutma yöntemlerinin ekonomik olmadığı koşullarda uygulanabilir. Bu amaçla kullanılan malzemenin ışığı geçirme oranı ve ısı iletimi yüksek olmalıdır. Gölgeleme malzemesi olarak kumaş kullanıldığında ısı enerjisi %20- %80 arasında değişir. Örtü perdesinin %30 ışık ve ısı ışınlarını önlediği kabul edilirse, iki perdede bu oran %60'a çıkabilir (2). İçten ve dıştan olmak üzere iki türlü gölgeleme yöntemi uygulanmaktadır.

Serayı dıştan gölgelemede güneş ışınları sera içerisine girmeden tutulmaktadır (2). Serayı dıştan gölgelendirme devamlı ve hareketli olmak üzere iki şekilde uygulanır. Devamlı gölgelendirmede boya, kireç, çamur vb. maddeler sera dış yüzeyine sürülür. Bu ise en ucuz yöntem olmasına karşın dış koşulların etkisine maruz kaldığından kısa sürede bozulabilmektedir (3).

Hareketli gölgelemenin çeşitli şekilleri vardır. En çok kullanılanı, mahya üstüne konan iki adet rule örtü materyalinin bir motorla veya mekanik olarak çatı yan yüzeylerine se-

rilmesi şeklindedir. Örtü materyali ile çatı arasında belirli bir boşluğun bırakılması, havalandırma pencerelerinin açılması ve iyi bir havalandırma yapılması bakımından avantajlıdır.

İç gölgelemede, dış gölgelemeye oranla sera sıcaklığı fazla olmaktadır. Bu yüzden gölgeleme ile havalandırmayı beraber yapma zorunluluğu doğar. Bu gölgeleme şeklinde bitkiler direkt güneş ışınlarından korunurlar (2). İç gölgeleme iki şekilde uygulanır. Birinci şekilde, örtü malzemesi çatının 10-20 cm altından çatı yan yüzeylerine paralel olarak geçirilebilmektedir (3). İkinci şekilde ise, örtü materyali çatının bitim yerinden yere paralel olarak geçirilir. Örtü materyali çekildiğinde yan havalandırma pencereleri örtünün üstünde kalmalıdır. Bu şekilde sera üzerinde biriken sıcak hava kolaylıkla atılabilecektir (4).

Havalandırma

Havalandırma, sera içindeki havanın sera dışındaki hava ile değiştirilmesidir (5, 6). Seralarda havalandırma CO²'nin sağlanması, hava akımının azaltılması ve bitkinin optimum gelişmesi için sıcaklığın ayarlanması açısından gereklidir (7). Seraların havalandırma sistemleri etkenlik durumlarına göre "doğal havalandırma" ve "mekanik havalandırma" olarak adlandırılan "fan havalandırması" olmak üzere ikiye ayrılır.

Doğal Havalandırma

Sera içerisinde optimum sınır üstüne yükselen sıcaklığın ve hava neminin düzenlenmesi, içerideki havanın değiştirilmesiyle yapılır (5). Doğal havalandırmada hava değişimi konstrüksiyon ve havalandırma sisteminin açıklıklarından, rüzgar ve sera içi ve dışı sıcaklık farkından dolayı oluşmaktadır (8).

Havalandırmadan beklenen özellikler şunlardır:

1. Ortamdaki O₂ ve CO₂'nin değişimi
2. Sera içi sıcaklığının kontrol edilmesi
3. Sera içindeki nemin kontrol edilmesi

Bu tip havalandırma için gerekli çatı pencereleri toplam alanı, sıcak bölgelerde büyük, serin bölgelerde ise küçük olmalıdır. Havalandırma oranı, çatı pencereleri toplam açıklığının sera taban alanına oranı ile hesaplanır. Doğal havalandırmanın yeterli miktarda olabilmesi için, önerilen çatı pencerelerinin toplam alanı, sera taban alanının %16-20'si arasında olmalı ve bu açıklıklar çevre koşullarına göre ayarlanabilmelidir. Bu oran, soğuk yörelerde kurulması istenen seralarda %10-12 düzeyine kadar düşürülebilir (4).

Doğal karışıma sahip durgun sera havasının fotosentez ile eksilen karbondioksit oranı, ancak havalandırma ile normal düzeye yükseltilebilir. Ayrıca bitkilerde polen tozlarının hareketi ve çiçek döllenmesi, hava akımının hareketi ile kolaylaştırılabilir. Havalandırma hızı, bitki gelişiminde etkili olan evapotranspirasyon ve fotosentez hızı ile sera içinde meydana gelen ısı ve rutubet oranına bağlı olmalıdır (5). Havalandırma hızının bazı biyolojistler tarafından cam seralarda 0,03-0,04 m³/sn m² iken plastik seralarda 0,02-0,03 m³/sn m² olduğu belirtilmiştir.

Seralarda havalandırma etkenliğini belirlemek için, hava değişim sayısı ve birim alana gelen hava değişimi gibi iki değişkenden yararlanılır (9). Hava değişim sayısı bir saat içinde değişen hava hacminin sera hacmine oranıdır. Diğer taraftan, birim alana karşılık gelen hava değişim sayısı ise, belirli zamanda değişen hava hacminin sera taban alanına oranıdır. Her iki değişkenin birimleri sırasıyla, 1/h ve m³/m²/h olarak verilmektedir (9).

Havalandırma hesaplarında, A.S.A.E. (10) tarafından aşağıdaki hava değişim sayılarının alınması önerilmektedir.

Yeni inşa edilmiş cam sera	N = 0.75-1,5
Çift katlı plastik sera	N = 0,5-1.0
Eski cam sera	N = 1,0-2.0

Doğal havalandırmada hava hareketinin hız değerlerinin fiziksel olarak ölçülmesi zor olduğundan, bu değerler amprik eşitliklerden belirlenmektedir. Bu eşitlikler yardımıyla hava hızı aşağıdaki şekilde bulunur (5):

$$V = 110 [h(T_i - T_d)/(T_d + 273)]^{1/2} \quad (1)$$

Burada:

- V = Hava akış hızı, m/dak
T_i = Sera içi hava sıcaklığı, °C
T_d = Sera dışı hava sıcaklığı, °C
h = Hava giriş ve çıkış düzeylerindeki kot farkı, m

Havalandırma kapasitesi ise:

$$Q = AxV \quad \text{formülü yardımıyla hesaplanır (1).} \quad (2)$$

Q = 1 dakikada havalandırma kapağının 1m²'sinden geçen debi, m³/dak

A = Havalandırma açıklığının büyüklüğü, m²

V = Sera içindeki havanın hızı, m/dak

Doğal havalandırma yolu ile havalandırma kapasitesinin hesabını aşağıdaki sayısal örnekle inceleyelim.

ÖRNEK 1:

Verilenler:

Seranın kısa kenarı = 10 m
Seranın uzun kenarı = 23 m
Havalandırma açıklığı = 55 cm
İç ve dış sıcaklık farkı = 5 °C

İstenenler:

a) Serada bir dakikada taşınan hava miktarı,

Yukarıda özellikleri belirtilen bir serada yapılan araştırmada V değeri şöyle bulunmuştur (1):

$$V = k(T_i - T_d)^m \quad (3)$$

Hız ölçümleri kaydedildiğinde $k = 62,5$ ve $m = 0,344$ olarak bulunmuştur.

$$V = 62,5 (5)^{0,344} \quad V = 42 \text{ m/dak olacaktır.}$$

Havalandırma açıklığının alanı, A;

$$A = 23 \times 0,55 \times 2 = 25,3 \text{ m}^2$$

1 dakikada seradan taşınan hava akımı;

$$Q = AxV = 25,3 \times 42 = 1062,6 \text{ m}^3/\text{dak}$$

(Dışarıya atılan hava miktarı, dışarıya atılan enerji miktarı ile doğru orantılıdır).

b) 1 dakikada taşınan enerji miktarı, H_1 ,

$$H_1 = C_p(T_i - T_d)Q \quad (4)$$

C_p = Havanın özgül ısısı, KJ/KG °C

$$H_1 = 1,021 \times 5 \times 1062,6 = 5424,57 \text{ KJ/dak}$$

c) Seraya 1 dakikada ulaşan güneş enerjisi miktarı, H_2 ,

$$\begin{aligned} \text{Solar radyasyon} &= 400 \text{ W/m}^2 \text{ olarak kabul edilirse,} \\ &= 400 \text{ J/sn m}^2 \text{ olacaktır} \end{aligned}$$

$$400 \text{ J/sn m}^2 \times 60 \text{ sn/dak} \times 230 \text{ m}^2 = 5520 \text{ KJ/dak}$$

$$H = H_2 - H_1 \quad (5)$$

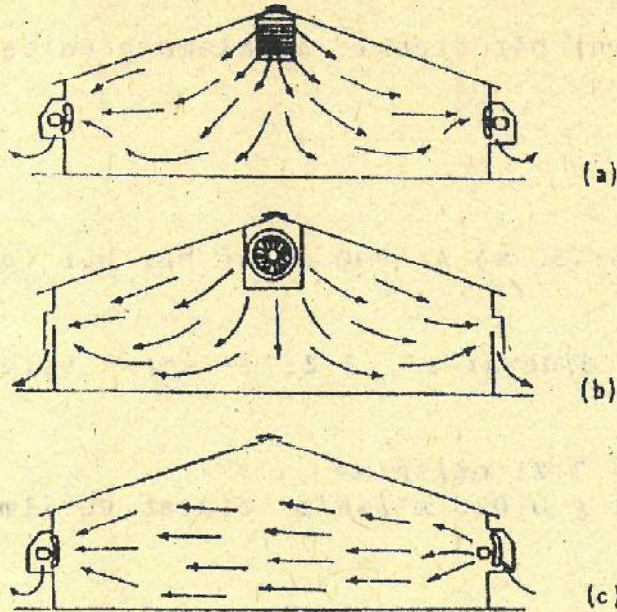
$$H = 5520 - 5424,57 = 95,43 \text{ KJ/dak}$$

H = 95,43 KJ/dak'lık enerji seradaki bitkiler, zemin ve konstrüksiyon tarafından adsorbe edilecektir. Bir kısım enerji de, bitkiden suyun transpirasyonla kaybolması için kullanılacak ve geriye kalan enerji de tekrar yansiyacaktır.

Mekanik Havalandırma

Seralarda sıcaklığın havalandırma ile azaltılamadığı bir ortamda, sıcak sera havasını dışarı atıp daha soğuk havayı içine alan fanların kullanılması uygun olacaktır. Yaklaşık olarak sera hacminin %25'indeki hava mekanik havalandırma sistemlerinin uygun bir şekilde dizaynı ile atılabilir (1).

Mekanik havalandırma sistemleri emici, basıcı ve kombine olmak üzere üç çeşittir. Emici sistemde, bir veya birden fazla fan yardımıyla içerideki hava dışarı atılır. Böylece sera içinde oluşan alçak basınç nedeniyle taze hava açıklıklardan içeri alınır. Basıcı sistemde ise, fanlar yardımıyla taze hava sera içerisine basılır. Bunun sonucunda, sera içinde oluşan yüksek basınç nedeniyle içerideki hava, hava çıkış açıklıklarından dışarı atılır. Kombine sistemlerde, her iki sistem birlikte kullanılır. Yani taze hava basıcılarla seraya verilirken aynı anda emiciler içerideki havayı dışarı atar. Mekanik havalandırma sistemleri Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Mekanik havalandırma sistemleri
a) Emici sistem b) Basıcı sistem c) Kombine sistem

Fan sistemi özellikle cam seralarda sıcaklık kontrolunu sağlamak açısından gereklidir. Çünkü bu tip seralarda mekanik havalandırmanın çatıda uygulanması güçtür. Fanlar karşılıklı uzun duvarlara yerleştirilir, hava girişi ise çatıdan olur (7). Fanlar serada ya yan duvarlara ya da seranın ön cephesine yerleştirilerek, seraya hava basıp veya seradan hava emerek hava değişimi sağlarlar. Fanların ön cepheye yerleştirilmesi durumunda seranın orta kısmının da iyi havalandırılmasına dikkat edilmelidir. Sera uzunluğunun 30-35 m'den fazla olması durumunda düzenli ve tekdüze bir havalandırmanın sağlanması için fanların uzun eksen yönünde yerleştirilerek giren ve çıkan hava arasında yüksek sıcaklık farkı minimuma indirilmelidir. Ayrıca fanlar arasındaki mesafe fazla olmamalıdır. Aksi takdirde sera içerisinde hava akımı olmayan ölü hacimler oluşabilir (4). Seçilen fan, serada mümkün olduğu kadar düzenli bir hava hızı sağlamalıdır. Ayrıca fanlar tarafından alınan hava hacmi çok büyük miktarlarda olmamalıdır. Çünkü, yüksek hava hızı bitkilerde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu nedenle büyük kapasiteli fanların seralarda kullanılması tercih edilmemektedir.

Fan kapasitesini hesaplamak için seranın alanı, hacmi ve 1 dakikadaki hava değişim miktarının yani havalandırma oranının bilinmesi gerekmektedir.

Seralardaki hava değişim katsayısına (N) göre havalandırma üç kısma ayrılır (9). Bunlar;

1. $N = 1-20$ l/h kötü havalandırma
2. $N = 20-50$ l/h iyi havalandırma
3. $N \geq 50$ l/h çok iyi havalandırma

Fan havalandırmasını bir örnekle açıklamaya çalışalım;

ÖRNEK 2:

Verilenler:

Sera boyutları (16; 50 m) $A = 800 \text{ m}^2$ ve her bir fan 500 W güce sahiptir.

600 mm çaplı, 960 d/devir'li, $3,21 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}^2$ verdili bir fan seçilmiş olsun.

$Q_f = \text{fan verdisi} = 3,21 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}^2$

Havalandırma oranı $= 0,025 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}^2$ olarak verilmektedir

İstenenler:

a) Havalandırma gereksinimi $= Q,$

$$Q = AxV = 800 \times 0,025 = 20,0 \text{ m}^3/\text{sn}$$

b) Gerekli fan sayısı = F,

$$F = Q/Q_f \quad (6)$$

$$F = 20/3,21 = 6,23 \approx 7 \text{ adet}$$

c) Toplam güç ihtiyacı,

Her bir fan 500 W güce sahip olduğuna göre,

$$\text{Toplam güç gereksinimi} = 7 \times 500 = 3500 \text{ W olacaktır.}$$

Evaporatif Soğutma

Evaporatif soğutmanın ilk önceleri arid (kurak) iklimlerde insanlar tarafından konutların soğutulmasında kullanıldığı ayrıca A.B.D.'nin kuzey eyaletlerinde sera ve kapalı hayvan barınaklarında soğuk hava koşulunu sağlamak amacıyla dizayn edildiği bilinmektedir. Seralarda yaz aylarında yeterli soğutmanın yapılmaması büyük verim kayıplarına neden olmaktadır. Bu sorunlar evaporatif soğutma sistemlerinin uygun bir şekilde dizayn edilip, ısı stresinin ortadan kaldırılmasını gerektirmiştir (11).

Evaporatif Soğutma Teorisi

Hava, satüre olmadığı zaman serbest su yüzeyi ile temas eder ve serbest su yüzeyindeki buhar basıncı, satüre olmayan havanın buhar basıncından daha yüksek olduğu için, buharlaşan sıvıya doğru bir ısı transferi oluşur. Hava ve suyun içerdiği "farkedilebilir ısı" nedeniyle oluşan değişim durumu için ısı gerekli olup bu durum hava ve suyun sıcaklığının düşmesine neden olur (11).

Sera içi sıcaklığının bazı zamanlarda gölgelendirme ve havalandırma sistemleriyle istenilen sıcaklığın altına düşürülmesi mümkün olmayabilir. Evaporatif soğutma metodlarıyla ve soğutucu sistemlerle sera içi havasının soğutulması sağlanabilir. Bu sistem, üretim yapılan seralara sahip işletmelerde, ışık miktarını azaltmadan hava ve bitki yaprak sıcaklığını düşürmek amacıyla üç değişik şekilde uygulanır. Bunlar;

1. Havalandırma girişinde havanın nemlendirilmesi
2. Suyun sera içerisine doğrudan püskürtülmesi
3. Bitkilerin doğrudan ıslatılması

Evaporatif soğutma etkinliği dış havanın doyum derecesine yani dış hava neminin düşük olmasına bağlıdır. Sistem,

suya doygun olmayan havaya su eklenerek buharlaşma ısısının ortandan çekilmesiyle havanın soğuması esasına dayanmaktadır. Bu sistem ile sera içerisinde 15 °C'den daha fazla sıcaklık düşüşü sağlanabilir (12).

Sera içerisine giren havanın nemlendirilmesinde iki ayrı sistem uygulanır. Bunlar;

1. Su yastıkları
2. Suyun hava giriş kanallarında doğrudan püskürtülmesi

Aşağıda evaporatif soğutmanın temelini oluşturan su yastıkları hakkında bazı ayrıntılı bilgiler verilecektir.

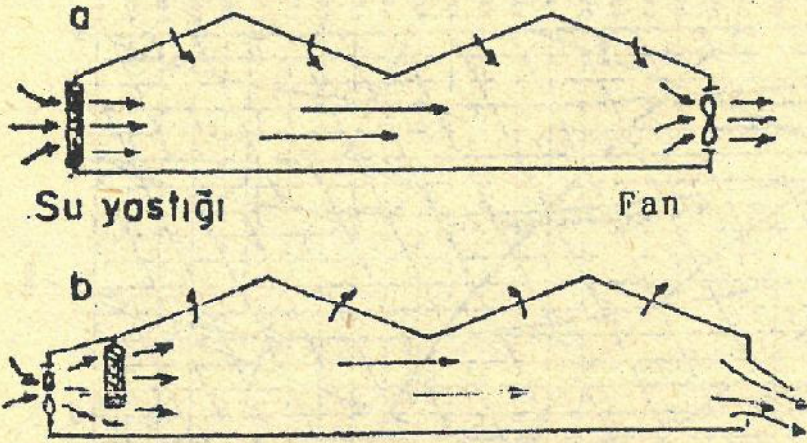
Su Yastıkları (pedler) ile Soğutma

Islak yastıkların çalışması basit olarak, geniş yüzeye sahip olan fanlar tarafından emilerek sera dışına atılan havanın yerini, ıslatılmış yastıklardan içeriye doğru geçen hava akımının doldurması ilkesine dayanmaktadır. Sıcak hava su yastığının içinden geçerken bünyesindeki ısı enerjisini suyu buharlaştırmak için kullanarak soğumuş bir şekilde ortama girmektedir (3). Su yastıklarından geçen hava düşük nem oranına sahip ise ortandan subuharı alarak soğuyabilmektedir. Evaporatif soğutma ile seralar, dış sıcaklığın altındaki herhangi bir değere kadar soğuyabilmektedir. Ancak bu sistemde oldukça fazla su hacmine gereksinim duyulmaktadır (13).

Islatılmış yastıklar seranın uzun ekseni boyunca yerleştirilmeli, tam karşısındaki duvara da fan sistemi dizayn edilmelidir. Anılan sistemin en büyük dezavantajı, sistemin serayı negatif basınç altında bırakmasıdır. Bu nedenden dolayı sıcak hava sürekli olarak sera içerisine çekileceğinden sistemin verimliliği azalır (12).

Seraların su yastıkları ile soğutulmasında genel olarak emme ve basma olmak üzere iki sistem uygulanmaktadır. Emme sisteminde, seranın uzun eksenine paralel olarak boydan boya yerleştirilmiş su yastıklarına, üstten bir su oluğu veya delikli su borusu ile sürekli su verilerek yastıkların ıslaklığı sağlanmaktadır. Su yastıklarında buharlaşmayan artık su, sistemin alt tarafına yerleştirilen toplayıcı oluk yardımıyla ana su tankına tekrar geri gönderilmektedir.

Basma sisteminde ise, fanlar su yastıkları ile aynı düzeye yerleştirilmekte ve havayı su yastıklarından basarak seraya göndermektedir. Bu sistemde tozlar sera içerisine girmemektedir. İçeri giren havanın delikli bir plastik boru ile dağıtımı daha iyi bir sıcaklık sağlamaktadır. Emme ve basma sistemleri şematik olarak Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Evaporatif soğutma sistemi
a) Emme sistemi b) Basma sistemi

Su yastıkları ile soğutmada hava değişim sayısının $N = 50$ l/h olması yeterli kabul edilmektedir. Hava değişim sayısı vantilatör ve su yastıkları ile soğutulan seralarda $N = 35$ l/h değerine kadar düşürülebilir (8).

Su yastıkları ile dış iklim koşullarında, iç sıcaklığın dış sıcaklık değerinin altına düşürülmesi sağlanır. Fakat dış ışınımaya bağlı bitki yaprak sıcaklığı, su yastıkları ile soğutulmuş serada iç hava sıcaklığından daha yüksektir. Bitki yaprak sıcaklığı ancak bitkilerin hareketli sulama sistemleri ile nemlendirilmesiyle düşürülebilmektedir. Gölgelemenin de bitki yaprak sıcaklığını düşürmeye etkisi bulunmaktadır (11). Bu sistem uygulanırken aşağıdaki durumlar gözönünde bulundurulmalıdır:

1. Ekonomik su gereksinimi
2. Tuzlu taban suyundan yararlanma olanakları
3. Çöl iklimine sahip bölgelerde seranın toz geçirmemesi
4. Yüksek rüzgar hızında etkili soğutma
5. Serada düzenli ısı dağılımı

Su yastıklarında dolgu malzemesi olarak talaş, sentetik elyaf, mantar, kök ve tuf gibi maddeler kullanılmaktadır. Dolgu malzemesinde aranan özellikler şunlardır;

1. Geçen havaya karşı düşük mukavemet
2. Geniş yüzey ve iyi bir dağılım
3. Yüksek değişim etkenlik derecesi
4. Uzun ömürlü olması ve zamanla oturma yapmaması

Evaporatif soğutmada sıcaklık düşüşü, mümkün olan soğutma derecesi teorik olarak, dış iklim koşulları biliniyorsa "Psikrometrik Diyagram" yardımıyla hesaplanabilmektedir. Psikrometrik Diyagram Şekil 3'de verilmiştir.



PSYCHROMETRIC CHART

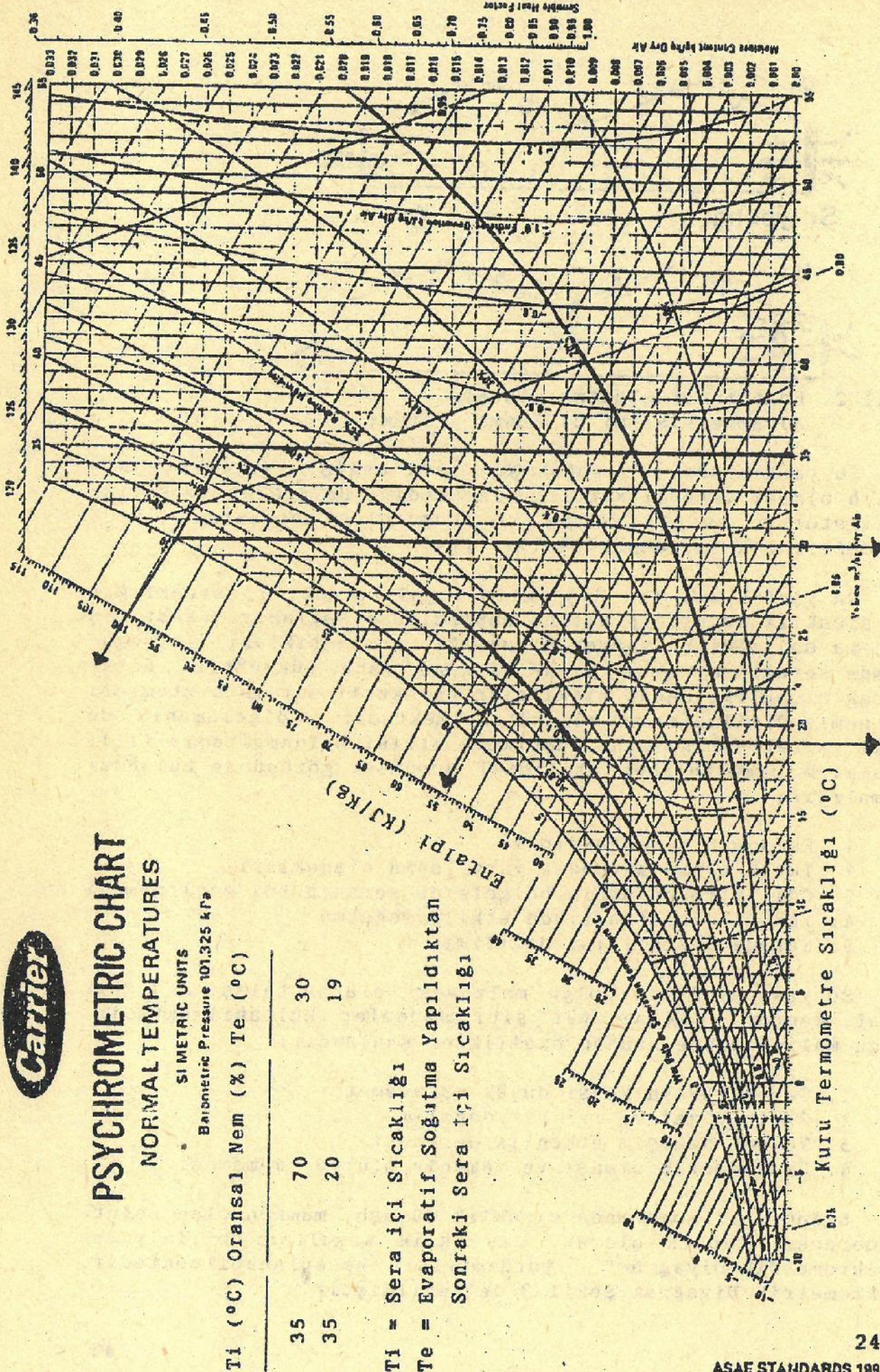
NORMAL TEMPERATURES

SIMETRIC UNITS
Barometric Pressure 101.325 kPa

T_i (°C) Oransal Nem (%) T_e (°C)

35	70	30
35	20	19

T_i = Sera içi Sıcaklığı
T_e = Evaporatif Soğutma Yapıldıktan
Sonraki Sera içi Sıcaklığı



Şekil 3. Psikrometrik Diyagram (A.S.A.E.).

Daha önce de belirtildiği gibi evaporatif soğutmanın etkin olabilmesi dış hava neminin düşük olmasına bağlıdır. Örnek olarak, Antalya yöresinde yapılan bir çalışmada sera içi sıcaklığı 35 °C ve oransal nem %70 kabul edildiğinde, evaporatif soğutma ile sera içerisinde sıcaklık 30 °C'ye düşürülmüştür. Aynı serada ve aynı sıcaklıkta oransal nem bu kez %20 kabul edildiğinde sera içerisinde sıcaklığın 19 °C'ye düştüğü belirlenmiştir.

Fan Sisteminin Verimliliği

Genel olarak soğutma sistemlerinin verimi %80 olarak alınmaktadır (11). Fakat iyi dizayn edilmiş ve korunmuş sistemlerde bu değer %90 olarak alınabilmektedir. Su yastığı (ped) ve fan sisteminin verimliliği, ped materyalinin tipine, kalınlığına, yoğunluğuna, ped içerisindeki havanın hızına, hava akımına karşı ped'in direncine, ıslaklığın (kuruluğun) derecesine, fan üzerindeki mevcut basınca, ped ve fanın konumuna, açık havadaki ıslak ve kuru termometre sıcaklığına, rüzgarın yön ve şiddetine ve seranın genişliğine bağlı olarak değişebilmektedir (1).

Langhans (1)'e göre fan sisteminin verimliliği (E) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$E = [(Tdb_0 - Tdb_1) / (Tdb_0 - Twb_0)] \cdot 100 \quad (7)$$

- E = Ped ve fan sisteminin verimliliği, %
Tdb₀ = Sera dışındaki kuru termometre sıcaklığı, °C
Tdb₁ = Sera içindeki kuru termometre sıcaklığı, °C
Twb₀ = Sera dışındaki ıslak termometre sıcaklığı, °C

Bu durumu sayısal bir örnekle açıklamaya çalışalım.

ÖRNEK 3:

Verilenler:

- Sera dışındaki kuru termometre sıcaklığı = 37,7 °C
Sera içindeki kuru termometre sıcaklığı = 27,0 °C
Sera dışındaki ıslak termometre sıcaklığı = 24,0 °C

Buna göre sistemin verimliliği (E):

$$E = [(37,7 - 27,0) / (37,7 - 24,0)] \cdot 100 = \%78 \text{ olacaktır.}$$

Sera içerisindeki kuru termometre sıcaklığının ıslak yastıkların ve fanın yanında ölçülmesine dikkat edilmeli, asla seranın orta kısmında veya başka bir yerde ölçülmemelidir (1).

SONUÇ

"Antalya Bölgesi'nde hangi soğutma metodunun uygulanması gerekir" sorusunun cevabını bulmak için anılan metodların bir değerlendirmesini yapmak gerekmektedir.

Ülkemizde elektrik fiyatlarının ve soğutma ekipmanlarının ilk tesis masrafının oldukça yüksek olması nedeniyle, fan havalandırma sistemi ekipmanlarının kullanılması ekonomik olmamaktadır. Bunlara bir de sera ürün fiyatlarının düşük olması ve fiyat dalgalanmalarının fazla olması eklenirse, bugünkü koşullarda bu tip sistemlerin uygulanabilirliği hemen hemen yoktur. Ancak sera ürün fiyatlarının yeter derecede yüksek olması durumunda fan sisteminin çiçekçilik, süs bitkileri vb. yetiştiriciliğin yapıldığı seraların soğutulmasında uygulanabileceği sonucuna varılabilir.

Evaporatif soğutmanın etkin olması dış ortamın nemine bağlıdır. Örneğin, Antalya Bölgesi'nde nemin çok yüksek olması bu sistemin verimliliğini azaltmaktadır. Oysa aynı sistem, kuru ve nemi düşük hava koşullarının bulunduğu bölgelerde daha efektif bir şekilde çalışabilecektir.

Gölgelendirme kapasitesinin sera soğutulmasında sınırlı olması nedeniyle sera içerisinde randımanlı bir soğutma sağlanamayacaktır.

Doğal havalandırma ise, seraların soğutulmasında ucuz ve uygulanmasının kolay olması bakımından diğer metodlara alternatif olabilmektedir. Ancak verimlilik açısından doğal havalandırmanın gölgeleme ile birlikte uygulanması önerilir.

Kaynaklar

1. Langhans. R. W. Greenhouse Management. Halcyon Press of Ithaca, New York, 1980.
2. Günay, A. Tanımı, İnşası ve Kliması ile Seralar. Ank. Ü. Zir. Fak., Bağ-Bahçe Kürsüsü. Cilt 1, 1980.
3. Cartoğlu, B. Uluslararası Meyvecilik, Sebzeçilik ve Çiçekçilik Derg. S. 2, 1991.
4. Yüksel, N. Sera Planlaması ve Yapımı. Türkiye Ziraat Bakanlığı Kurumu Mesleki Yayınları, No. 51, 1989.
5. Öneş, A. Sera Yapım Tekniği. Ank. Ü. Zir. Fak. Yayınları: 1165, Ders Kitabı No: 331, Ankara, 1990.

6. Özmerzi, A., Kürklü, A. Seralarda Havalandırma Yöntemleri ve Zorunlu Havalandırma Sistemlerinin Hesaplanması. Akd. Ü. Zir. Fak. Derg. Sayı 2, Cilt 2, S. 101-120, 1989.
7. Roberts, J. W., Mears, D. R. Heating and Ventilating Greenhouses. New Brunswick, N. J. 1984.
8. Baytorun, N., Tekinel, O. Seralarda Hava Değişim Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. Ç. Ü. Zir. Fak. Derg. Cilt 4, Sayı 3, 1990.
9. Zabeltitz, V. Gewachshauser. Handbuch des Erwerbsgartners Stuttgart, 1986.
10. A.S.A.E., Agricultural Engineers Yearbook. Published by the American Soc. of Agric. Eng. U.S.A, 1991.
11. Aldrich, R., Bartok, J. W. Greenhouse Engineering. New York, 1989.
12. Garzoli, K. V. Cooling of Greenhouses in Tropical and Sub-Tropical Climates. Acta Horticulture. N. 257, 1989.
13. Baytorun, N. Sera Yapım Tekniği Ders Notları (Çeviri). Ç. Ü. Zir. Fak. 1990.
14. Froehlich, D. P., Albright, L. D., Scott, N. R. Chandra, P. Steady-Periodic Analysis of Glasshouse Thermal Environment. Transactions of the A.S.A.E. 1979.
15. Sönmez, N., Balaban, A., Benli E. Kültürteknik. A. Ü. Zir. Fak. Ders Notu Yayınları. No 255. 1984.
16. Şipal, C. A. Psikrometrik özelliklerin Hesaplanmasında Kullanılabilecek Bir Bilgisayar Programı. Akd. Ü. Zir. Fak. Derg. Cilt 5-6. Sayı 1-2, S. 145-150. 1992.
17. Walker, J. N. Predicting Temperatures in Ventilated Greenhouses. Transact. of the A.S.A.E. P. 445-448. 1965.
18. Willits, D. H., Chandra, P., Peet, M. M. Modelling Solar Energy Storage Systems for Greenhouses. The British Society for Research in Agricultural Eng. P. 73-93, 1985.
19. Garzoli, K. V. Energy Efficient Greenhouses. Acta Horticulture. 245. Published in Energy Saving in Protected Cultivation. P. 53-62. 1989.