

Akdeniz Bölgesi İklim Koşullarında Seralarda Kullanılan Isı Perdelerinin Sera İçi Sıcaklığına ve Enerji Tasarrufuna Etkilerinin Belirlenmesi

Derya ÖNDER*

A. Nafi BAYTORUN

Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01100, Balcalı, Adana, Türkiye

*Sorumlu yazar: e-mail: donder@cu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 02.03.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 02.05.2016

Artan enerji fiyatları ve enerji sektöründeki istikrarsızlıklar seralarda sürekliliği tehlikeye sokarken, bilim insanları enerji korunumu konusunda sürekli çalışmalar yürütmektedirler. Son yıllarda seralarda enerji korunumu amacıyla gittikçe artan bir şekilde uygulama alanı bulan ısı perdelerinin kullanımı enerji tasarrufu açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada Akdeniz iklim özelliklerine sahip Çukurova bölgesinde ısı perdelerinin, ısıtılan ve ısıtılmayan plastik ve cam seralarda iç sıcaklık üzerine etkisi ve ısıtılan seralarda ısı perdelerinin sağladıkları yakıt tasarrufu araştırılmıştır. Ölçümler üretim periyodunun farklı günlerinde yapılmıştır. Elde edilen bulgulardan ısı perdesi yardımı ile ısıtılmayan cam serada 3 K'lık, plastik serada ise 2 K'lık sıcaklık farkı sağlanabilmiştir. Isıtılan cam serada kullanılan ithal LS17 ısı perdesi yardımı ile % 63'lük, plastik serada ise Türkiye'de üretilmiş sık dokulu polietilenden yapılmış beyaz renkli ısı perdesi yardımı ile % 36'lık yakıt tasarrufu sağlanabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sera, ısı perdesi, Enerji tasarrufu, Sera ısıtması

Evaluation of the Effect of Thermal Screens Used in Greenhouses under Mediterranean Climate Conditions on Greenhouses Temperature and Energy Saving

Since increasing energy costs and uncertainty within the energy sector represent a threat for the sustainability of greenhouses, researchers are conducting extensive studies on the subject of energy conservation. Thermal curtains, which are finding increased use in recent years for energy conservation purposes, play an important role in energy saving. This study investigates the effect on greenhouse temperature of thermal curtains used in both heated and unheated plastic and glass greenhouses in the Çukurova region, which has a Mediterranean climate, and the level of fuel saving ensured by thermal curtains used in heated greenhouses. Measurements were made on different days of the production cycle. The study results indicated that the use of thermal curtains leads to a temperature difference of 3 K in unheated glass greenhouses and of 2 K in unheated plastic greenhouses. It was observed that imported LS 17 thermal curtains ensured a 63% fuel saving in heated glass greenhouses, while white thermal curtains produced in Turkey and consisting of tightly woven polyethylene ensured 36% fuel saving in heated glass greenhouses.

Key Words: Greenhouse, Thermal screens, Energy productivity, Greenhouse heating

Giriş

Seralardan beklenen kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi için dış sıcaklık değerinin 12°C'nin altına düşmesi durumunda seralarda ısıtma yapılmalıdır. Yıl içindeki günlük sıcaklık ortalamaları 7-12°C arasında bulunan bölgelerde ise sadece seraların gece saatlerinde ısıtılması yeterli olmaktadır (Nisen ve ark., 1988; Zabeltitz, 2011). Akdeniz ülkelerinde ısıtılmayan seralarda yapılan domates üretiminden 7-15 kg.m⁻² verim alınırken (Leonardi ve Pascale, 2010), modern seracılığın yaygın olarak yapıldığı Hollanda'da, domates verimi 50 kg.m⁻²'ye kadar

yükseltilebilmiştir (Zabeltitz, 2011). Seralarda sebze üretiminde en fazla enerji, ısıtma nedeniyle Hollanda'da tüketilmektedir. Hollanda'da bir kilo domates üretimi için, İspanya'ya oranla 13 kat, biber üretiminde 14-17 kat ve hıyar üretiminde dokuz kat daha fazla enerji tüketilmektedir (Zabeltitz, 2011). Ancak bu ülkede seralarda ısıtma yapıldığından, bir kg domates üretiminde kullanılan tarımsal ilaç, diğer Akdeniz ülkelerine göre oldukça azdır. Hollanda'da seralarda sebze üretiminde hastalıklara karşı mücadelede 31 kg ha⁻¹ ilaç kullanılırken, bu değer İtalya'da 47 kg ha⁻¹'dir (Stanghellini ve ark., 2003). Türkiye'de Bombus arısı kullanılan işletmelerde 78 kg ha⁻¹ ilaç

kullanılırken, Bombus arısı kullanmayan işletmelerde bu değer 357 kg ha⁻¹'a yükselmektedir (Karaman ve Yılmaz, 2006). Akdeniz sahil şeridindeki ülkelerde seralarda yapılacak ısıtma kaliteli yüksek verimin alınması yanında hastalıklara karşı kullanılan ilaç harcamalarının azalmasına neden olabilecektir. Bu durum çevre bilincine erişmiş toplumlarda oldukça önemli olup insan sağlığı ve çevre için büyük bir önem taşımaktadır.

Seralarda ısıtma verim ve kalite açısından büyük bir önem taşımaktadır. Ancak 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden sonra ısıtılan seralarda enerji verimliliğinin artırılması konusunda çalışmalar başlatılmıştır. Birçok dünya ülkesinde, seralarda enerjinin korunumu ve tasarrufu konusunda araştırmalar yapılmakta ve bu konuda büyük uğraşlar verilmektedir. Seralarda enerji tasarrufu amacıyla çok katlı örtü malzemesinin kullanılması bitki gelişimi açısından büyük bir öneme sahip ışık (PAR) miktarının azalması nedeniyle son yıllarda tercih edilmemektedir. Seralarda çatı bölgesinde çift katlı örtü malzemesinin kullanılması ışık geçirgenliğine olumsuz etki yapmakta ve seraya ulaşan ışık miktarını % 15 oranında azaltabilmektedir (Baytorun ve ark., 1993, 1995). Seralarda optimum bir bitki gelişimi için ortam sıcaklığı yanında günlük toplam güneş radyasyonu değerinin 2.34 kWh m⁻² gün⁻¹ değerinden az olmaması istenir (Nisen ve ark., 1988; Zabeltitz, 2011). Seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz bölgesinde bu değer Aralık-Ocak aylarında 2.34 kWh m⁻² gün⁻¹ değerinden düşüktür. Belirtilen nedenle, son yıllarda inşa edilen seraların yan duvarlarında çift kat, çatı bölgesinde tek kat örtü ve gece saatlerinde kapanan ısı perdeleri kullanım alanı bulmaktadır.

Seralarda içten gölgeleme sistemlerinin gece ısı enerjisinin korunumunda kullanılması 1970'li yılların başlangıcına dayanmaktadır. Bosse (1975) yaptığı araştırmada açık ve kapalı gölgeleme sistemlerini karşılaştırarak yaklaşık % 12-18'lik enerji tasarrufu sağlamış, Winkels (1975) ise yaklaşık % 15'lik enerji tasarrufu elde edebilmiştir. Mackroth (1975) ise yaptığı çalışmada ışık geçiren ve iyi yalıtılmış ısı perdeleri yardımı ile enerji tasarrufunun önemli düzeyde olabileceğini vurgulamıştır.

Bailey (1975, 1977, 1978, 1981) çalışmalarında farklı ısı perdelerinin enerji tasarrufu ve serada kullanılan bu perdelerin altında ortaya çıkan farklı sera içi iklimini araştırmıştır. Araştırmacı

çalışmalarında ısı perdeli serada % 41'lik enerji artırımını sağlayabilmiştir. Bunlara ek olarak araştırmalarında ısı örtüleri altında bulunan bitkilerin yaprak sıcaklığının kontrol serasındaki bitkilerden 0.5-1.0 °C daha yüksek olduğunu saptamıştır.

Meyer (1982) yaptığı araştırmalarda farklı ısı perdelerinin etkenliklerini irdelemiş ve sonuçta farklı ısı perdeleri ile sağlanabilecek ısı tasarruflarını belirlemiştir. Araştırmacı, değişik ısı perdelerine sahip seralarda farklı rüzgar hızlarına bağlı olarak ısı gereksinimlerini hesaplamıştır. Araştırmacı çalışmalarında farklı ısı perdeleri için oldukça küçük ısı tüketim katsayısı (u_{cs}) hesaplamıştır. Konradsen (1978) ısı perdelerinden beklenen enerji artırımının, perdelerin yalıtımı (sızdırmazlık) ile yakından ilgili olduğunu saptamışlardır.

Müller (1987) yaptığı araştırmalarda Meyer'in (1982) bulduğu sonuçları pratikte yaptığı ölçümlerle karşılaştırmıştır. Müller (1987) yaptığı araştırmada, yalıtımı iyi sağlanmamış ısı perdeli seralarda enerji gereksiniminin hemen hemen ısı perdesiz seralara yaklaştığını saptamıştır.

Tantau (2012) geleceğe yönelik düşük enerji gereksinimli seralar (ZINEG) konusunda yaptığı araştırmalarda, çift katlı ısı camla örtülü serada iki ve üç katlı ısı perdeleri kullanarak seralarda toplam ısı gereksinim katsayısının 1.2 W m⁻² K⁻¹ düşürebileceğini belirlemiştir. Böylece tek kat camla örtülü ısı perdeli seraya oranla % 74 oranında ısı enerjisinin tasarruf edilebileceğini belirlemiştir.

Meyer ve ark. (2014) aynı proje çerçevesinde boş ve içinde üretim yapılan plastik seralarda ısı perdelerinin etkenlikleri konusunda yaptıkları çalışmalardan, çift katlı plastik ile örtülmüş seralarda çatıda çift kat, yan duvarlarda tek kat stor tipi ısı perdesinin kullanılması durumunda, tek kat camla örtülmüş seraya oranla %80 enerji tasarrufunun sağlanabileceğini belirlemişlerdir.

Türkiye'de ısı perdeleri konusunda yapılmış araştırmaların çoğunlukla perdelerin, ulaşılan iç dış sıcaklık farkına etkisi ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmada Akdeniz bölgesi iklim koşullarında ısıtılan ve ısıtılmayan cam ve plastik örtülü seralarda farklı tiplerdeki ısı perdeleri kullanımının seralardaki sıcaklık değişimine ve ısı yüküne olan etkileri ve ısı perdelerinin yakıt tasarrufuna etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Ç.Ü. Ziraat Fakültesi araştırma alanında bulunan kuzey-güney yönünde kurulmuş plastik sera ve doğu-batı yönünde kurulmuş asimetrik çatılı cam serada yürütülmüştür. Araştırmaların yürütüldüğü seralarının teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmanın yürütüldüğü seranın teknik özellikleri.

Table 1. Technical characteristics of the greenhouse in which the study was conducted.

Sera özellikleri	Birim	Plastik Sera	Cam sera
Sera uzunluğu	m	24	12.30
Sera genişliği	m	12+3	8.80
Çatı şekli		Yay	Asimetrik çatı
Örtü malzemesi		UV+IR PE	Cam
Örtü Kalınlığı	mm	0.15	4
Sera Taban alanı	m ²	360	108.24
Sera örtü alanı	m ²	453	270
Örtü Alanı/Taban Alanı	-	1.26	2.50
Isı perdesi		Sık dokulu beyaz renkli polietilen	LS 17

Seralarda ısı perdelerinin mekanizmaları halatlı olup ısı perdeleri halatlara çengellerle asılarak tutturulmuştur. Araştırmada plastik serada sık dokunmuş polietilenden yapılı beyaz renkli, cam serada ise yurt dışından ithal edilmiş LS 17 (Ludwig Swenson) ısı perdesi kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümlerinde DIN 43710 standartlarına göre yapılmış her biri 0.5 mm kalınlığında ve PVC ile kaplanmış NiCr-Ni ısı çiftleri kullanılmıştır. Araştırmada sıcaklık değerleri sera ortasında yerden 1 m yükseklikte ve perde üstünde perdeden 0.5 m yükseklikte, sera dışında ise yerden 2 m yükseklikte yerleştirilmiş olan iklim istasyonunda ölçülmüştür. Ölçülen değerler bilgisayar yardımı ile birer dakikalık aralıklarla ölçülüp 60'ar dakikalık ortalamalar halinde kaydedilmiştir. Bilgisayarla ölçüm prensipleri Baytorun(1986)'da verilmiştir.

Yapılan çalışmada ısıtma amacıyla plastik serada iç çapı 16 mm olan kanatlı alüminyum borulu ısıtma sistemi, cam serada ise taşınabilir kendinden ateşlemeli 37,2 kW gücünde hava üflemleri ısıtma sistemi kullanılmıştır. Plastik serada ısı enerjisinin üretiminde 46,5 kW'lık kalorifer kazanı kullanılmıştır. Plastik serada kendinden ateşlemeli hava üflemlerli ısıtma sistemi ile borulu ısıtma sisteminin karşılaştırılması amacıyla farklı tarihlerde her iki sistemle ayrı ayrı ısıtma yapılmıştır. Isıtma kullanılan yakıt miktarı yakıt tankından ölçülerek belirlenmiştir. Serada sıcaklığın denetimi doğrudan ateşlemeli hava üflemleri ısıtma sisteminde termostatik (on-off) kontrol elemanı, Borulu ısıtma sisteminde üç yollu vana ile PI (oransal integral) kontrol elemanı kullanılmıştır

Araştırmada kullanılan ısı perdelerinin sızdırmazlık değerleri Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Müller 1987).

$$V_{sız} = \frac{t_{i-püst} - t_o}{t_{i-palt} - t_o} \quad [1]$$

Eşitlikte;

$t_{i-püst}$: Perde üstü sıcaklık (°C)

t_o : Dış sıcaklık (°C)

t_{i-palt} : Perde altı sıcaklık (°C)

Serada toplam ısı gereksinim katsayısı eşitlik 2 yardımı ile hesaplanmıştır (Zabeltitz 1986).

$$u_{cs} = \frac{Q}{A_H \cdot \Delta T} \quad [2]$$

Serada toplam ısı enerjisi gereksinimi kullanılan yakıt miktarından gidilerek eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Tantau 1983).

$$Q = B_y \cdot H_u \cdot \eta_t \quad [3]$$

Eşitliklerde;

u_{cs} =Toplam ısı gereksinim katsayısı [W m⁻² K⁻¹]

Q= Toplam ısı enerjisi gereksinimi [W]

A_H = Sera örtü yüzey alanı [m²]

ΔT = Sıcaklık farkı ($t_i - t_o$)[K]

B_y =Yakıt miktarı [kg]

H_u =Kullanılan yakıtın alt ısıl değeri [kWh.kg⁻¹]

η_t =Isıtma sisteminin toplam randımanı [%]

değerinin üstünde seyrederken, perde üstü sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerinin altında seyretmiştir. Isıtılmayan plastik serada perdelerin açık olduğu koşullarda iç sıcaklık gökyüzü koşullarına bağlı olarak, dış sıcaklık değerinde veya altında seyretmiştir. Bunun da nedeni PE plastiğin uzun dalgalı (IR) ısı ışınlarını geçirmesinden kaynaklanmaktadır (Zabeltitz, 1986). Isıtılmayan plastik seralarda kullanılan beyaz renkli ısı perdeleri yardımı ile sera içi ve dışı arasında ulaşılan sıcaklık farkı 0.6°C-1.6°C arasında değişim göstermiştir. Plastik serada ısı perdelerinin kullanılmaması durumunda iç sıcaklık dış sıcaklık değerinin altında seyretmiştir. Isıtılmayan cam serada farklı tarihlerde yapılan ölçümler sonucunda perde altında, üstünde ve dış ortamda ölçülen sıcaklık değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Seralarda kullanılan ısı perdelerinin sera sıcaklığına etkisini belirlemek için farklı günlerde ölçümler yapılmıştır. Isıtılmayan plastik serada ısı perdesinin açık ve kapalı olduğu koşullarda saat 17:00-07:00 arasında serada ölçülen ortalama perde altı, perde üstü ve dış sıcaklık değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'den de görüleceği gibi ısıtılmayan plastik serada ısı perdesinin kapalı olduğu koşullarda perde altı sıcaklık, dış sıcaklık

Çizelge 2. Isıtılmayan plastik serada ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda perde altı, perde üstü, dış sıcaklık ve sızdırmazlık değerleri (saat 17:00-07:00 arasındaki ortalama değerler).

Table 2. Under the screen temperature, above the screen temperature, external temperature, and impermeability values measured in unheated plastic greenhouse when thermal screens are kept open and closed, (average values measured between 17:00-07:00)

Perde Durumu	Dış Sıcaklık °C	Perde altı sıcaklık °C	Perde üstü sıcaklık °C	($t_{i-palt} - t_o$) K	V_{siz}
Kapalı	9.1	10.7	8.8	1.6	-
Kapalı	5.0	5.6	3.3	0.6	-
Kapalı	8.5	10.0	7.8	1.5	-
Kapalı	8.5	9.8	8.3	1.3	-
Açık	9.8	10.2	10.3	0.4	-
Açık	9.3	9.0	9.2	-0.3	-
Açık	10.3	9.0	9.1	-1.3	-
Açık	8.1	8.1	8.0	0.0	-

Çizelge 3. Isıtılmayan cam serada ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda perde altı, perde üstü, dış sıcaklık ve sızdırmazlık değerleri (saat 17:00-07:00 arasındaki ortalama değerler).

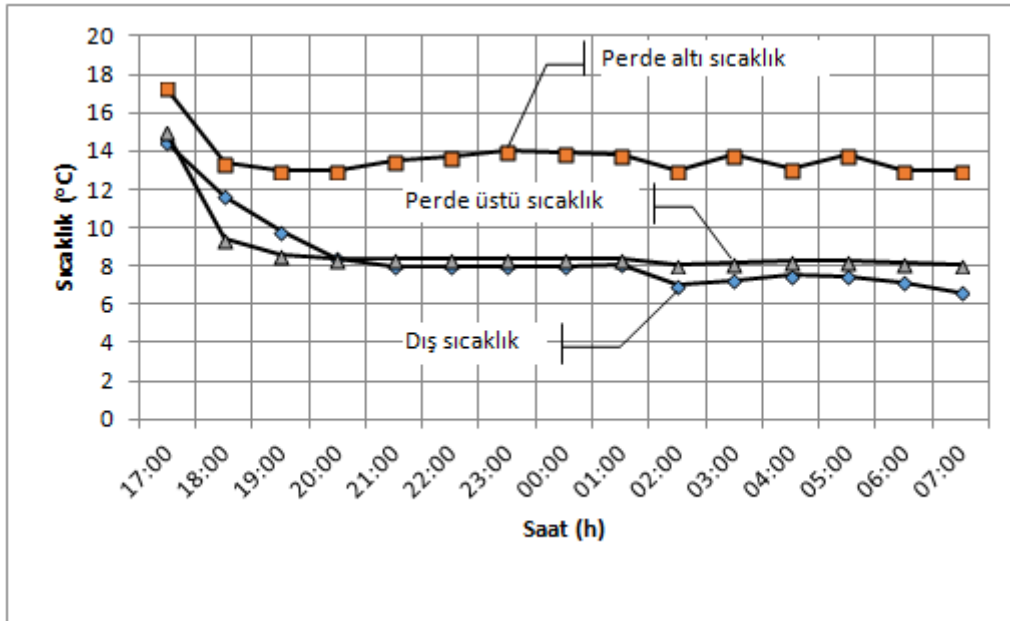
Table 3. Under the screen temperature, above the screen temperature, external temperature, and impermeability values measured in unheated glass greenhouse when thermal screens are kept open and closed, (average values measured between 17:00-07:00)

Perde Durumu	Dış Sıcaklık °C	Perde altı sıcaklık °C	Perde üstü sıcaklık °C	($t_{i-palt} - t_o$) K	V_{siz}
Kapalı	8.5	12.5	9.2	4.0	0.18
Kapalı	9.0	12.7	9.5	3.6	0.12
Kapalı	8.2	12.0	8.6	3.7	0.10
Kapalı	10.1	13.6	10.7	3.4	0.18
Açık	7.3	9.1	8.8	1.8	-
Açık	6.8	7.7	7.5	0.9	-
Açık	7.1	8.7	8.4	1.6	-
Açık	8.3	10.1	9.8	1.8	-

Çizelgeden de görüldüğü gibi ısıtılmayan cam serada ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda, perde üstü sıcaklık değerleri hiçbir koşulda dış sıcaklık değerlerinin altına düşmemiştir. Bunun da nedeni camın 2900nm'den büyük dalga boyuna sahip IR ışınlarını geçirmemesinden kaynaklanmaktadır (Zabeltitz, 1986). Isıtılmayan cam serada perdelerin kapalı olduğu koşullarda sıcaklık farkı 3.4 °C - 4.0 °C arasında değişirken, ısı perdelerinin açık olduğu koşullarda bu değer 0.9 °C - 1.8 °C arasında değişim göstermiştir.

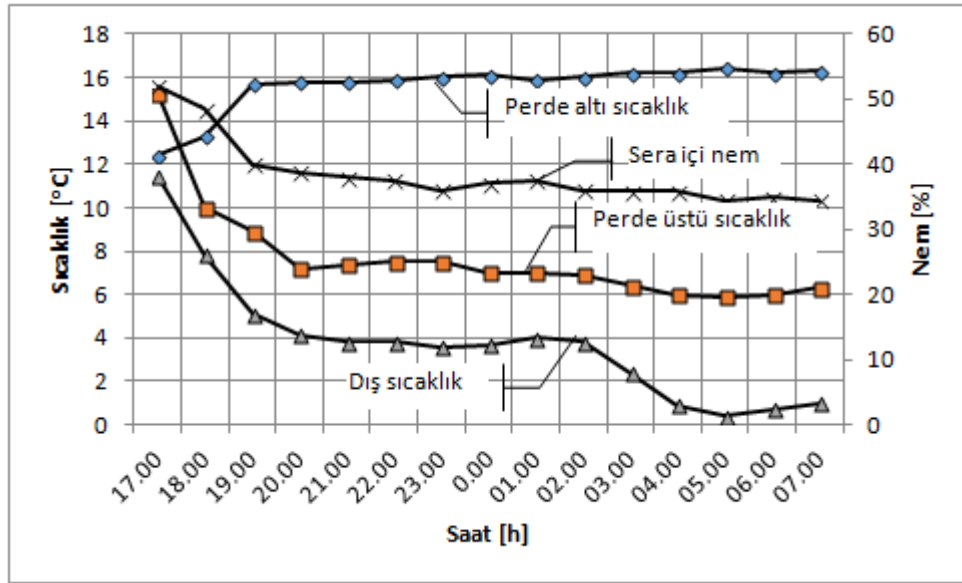
Isıtılan seralarda ısı perdelerinin sera sıcaklığına ve tasarruf edilen enerji miktarına etkisinin belirlenmesi amacıyla kanatlı alüminyum borulu ısıtma sisteminin bulunduğu plastik serada, ısı perdesinin kapalı olduğu koşullarda perde altı, perde üstü ve dış sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi serada sıcaklık, ısıtma sisteminde

kullanılan PI (oransal integral) kontrol elemanları yardımıyla set edilen 14 °C'de tutulabilmiştir. Isıtılmayan plastik serada perde üstündeki sıcaklık dış sıcaklık değerinin altına düşerken (Çizelge 2), ısıtılan plastik serada perde üstü sıcaklık, dış sıcaklık değerinin biraz üstünde seyretmiştir (Şekil 1). Doğrudan ateşlemeli hava üflemeli ısıtma sistemi ile ısıtılan cam serada ısı perdelerinin kapalı olduğu koşullarda dış sıcaklığa bağlı olarak perde altında ve üstünde ortaya çıkan sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Isıtılan cam serada sıcaklık değeri set edilen 16 °C'lik değerde tutulabilmiştir. Şekil 2'den de görüleceği gibi ısıtılan cam serada perde altı ve üstü sıcaklık değerleri, dış sıcaklık değerlerinin üstünde seyretmiştir. Ancak perde üstü sıcaklık değerleri, dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişim göstermiştir.



Şekil 1. Alüminyum borulu ısıtma sistemi ile ısıtılan plastik serada, perde altı, perde üstü ve dış sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi.

Figure1. Time-dependent change in under-the-screen temperature, above-the-screen temperature, external temperature, and impermeability values measured in plastic greenhouse with aluminum pipe heating system.



Şekil 2. Hava üflemeli ısıtma sistemi ile ısıtılan cam serada, perde altı, perde üstü ve dış sıcaklık değerleri.

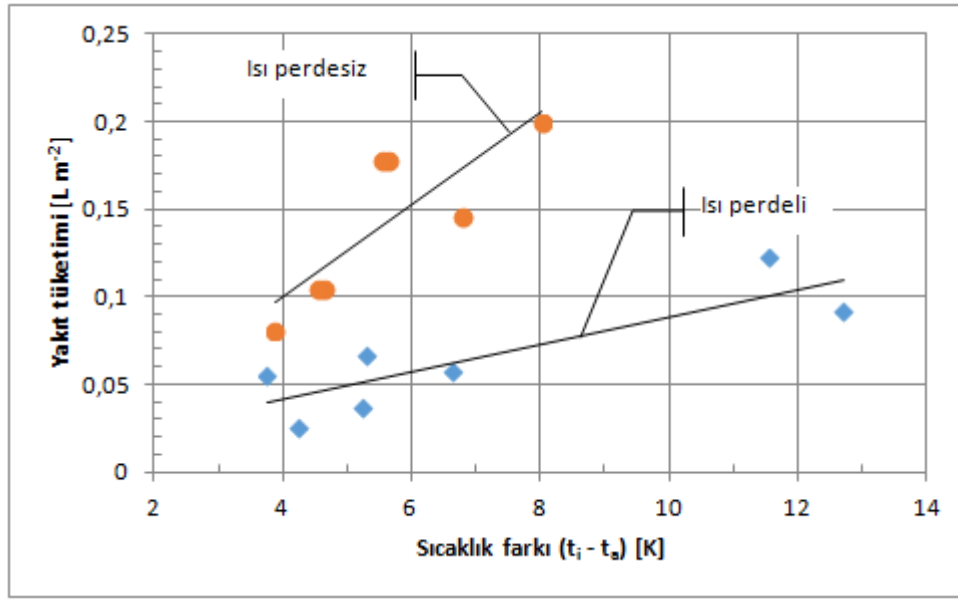
Figure 2. Under-the-screen temperature, above-the-screen temperature, and external temperature values in glass greenhouse heated with air-blast heating system.

Isı perdelerinden beklenen enerji artırımının sağlanabilmesi için ısı perdelerinin özellikle yan duvar ve cephelerle olan yalıtımının (sızdırmazlık) iyi olması zorunludur. Isı perdelerinin sızdırmazlık değeri ($V_{sız}$) 0 - 1 arasında değişim göstermektedir. $V_{sız}$ değerinin 0'a yaklaşması ısı perdesinin sızdırmazlığının çok iyi olduğu anlamına gelmektedir. Yapılan çalışmada ısıtılmayan plastik serada ısı perdesi üzerindeki sıcaklığın dış sıcaklık değerinin altına düşmesi nedeniyle $V_{sız}$ değeri hesap edilememiştir. Isıtılmayan cam serada sızdırmazlık değeri ($V_{sız}$) farklı tarihlerde yapılan ölçümler sonucunda 0,10 - 0,18 arasında bulunmuştur (Çizelge 3).

Isıtılan plastik ve cam seralarda sızdırmazlık katsayıları ($V_{sız}$) plastik sera için 0.12 olarak hesaplanırken, cam serada 0.31 olarak belirlenmiştir. Ortaya çıkan bu farklılık plastik serada perde üstündeki sıcaklık değerinin, dış sıcaklık değerine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum daha önce de belirtildiği gibi plastiğin uzun dalgalı ısı ışınlarını belli bir oranda geçirmesinden kaynaklanmaktadır.

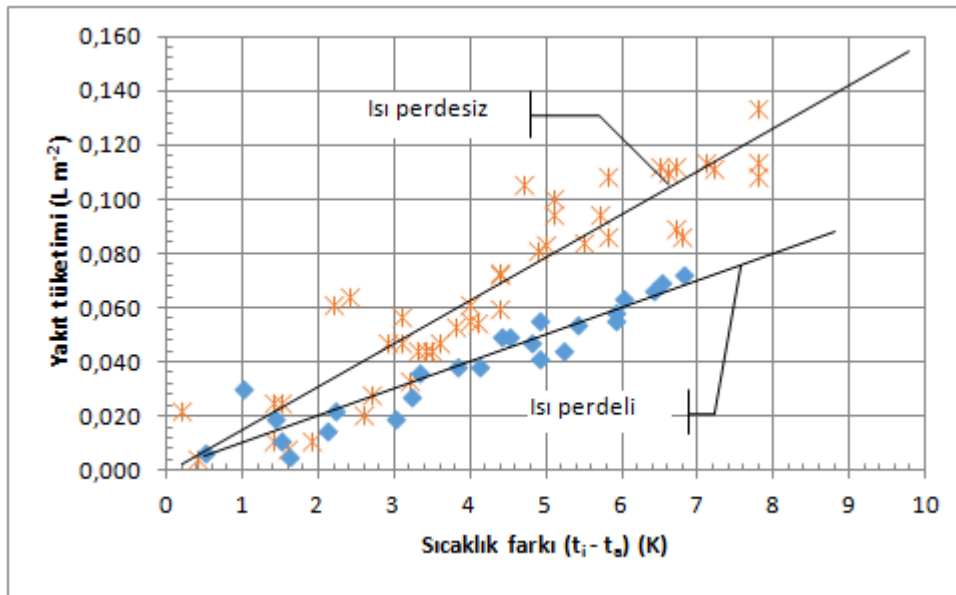
Seralarda kullanılan ısı perdelerinin yakıt tasarrufuna etkisi kullanılan perdenin dokusuna ve sızdırmazlığına bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmada cam serada LS17 ısı perdesinin açık ve kapalı olduğu koşullarda birim sera alanı için gereksinilen yakıt (motorin) miktarı belirlenerek farklı sıcaklık değerleri için Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'ten de görüleceği gibi ısı perdesinin kapalı olduğu koşullarda sera içi ve dışı arasında 6 K'lık sıcaklık farkı için gereksinilen yakıt miktarı, 0.06 L m⁻² olurken, ısı perdesiz koşullarda aynı sıcaklık farkı için gereksinilen yakıt miktarı, 0.15 L m⁻² olmuştur. Bu da yaklaşık % 60 yakıt tasarrufu anlamına gelmektedir.

Şekil 4'te kanatlı alüminyum borulu ısıtma sistemiyle ısıtılan plastik serada beyaz renkli ısı perdesinin açık ve kapalı olduğu koşullarda tüketilen yakıt miktarı (L m⁻²) ile, sıcaklık farkı arasındaki ilişki verilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda sık dokunmuş beyaz polietilen ısı perdesi yardımıyla ısıtılan plastik serada % 36 oranında yakıt tasarrufunun sağlanabileceği belirlenmiştir.



Şekil 3. Cam serada kullanılan doğrudan ateşlemeli hava üfleme ısıtma sisteminde, ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda tüketilen yakıt miktarı ($L m^{-2}$).

Figure 3. Fuel consumption by direct-fire, air blast heating system in glass greenhouse when thermal screens are open and closed ($L m^{-2}$).

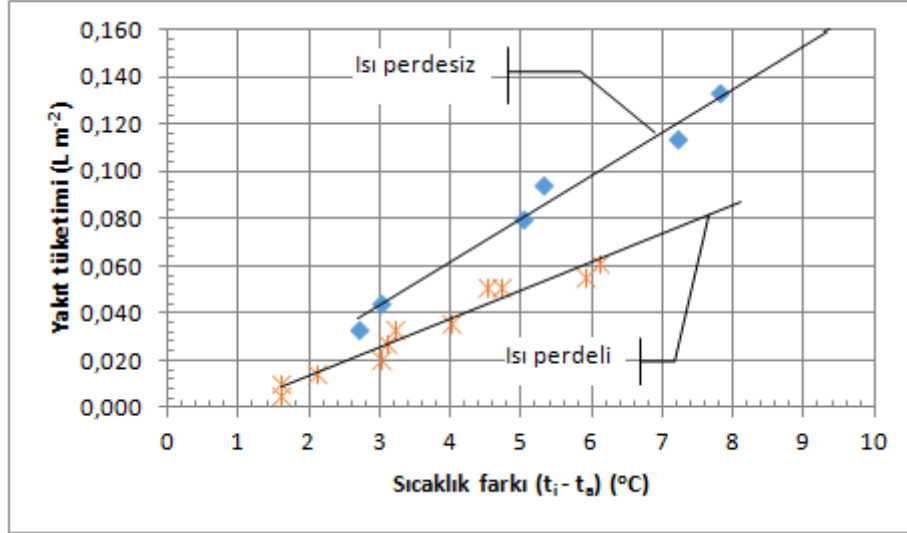


Şekil 4. Plastik serada kullanılan kanatlı alüminyum borulu ısıtma sisteminde ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda tüketilen yakıt miktarı ($L m^{-2}$).

Figure 4. Fuel consumption by aluminum pipe heating system in plastic greenhouse when thermal screens are open and closed ($L m^{-2}$).

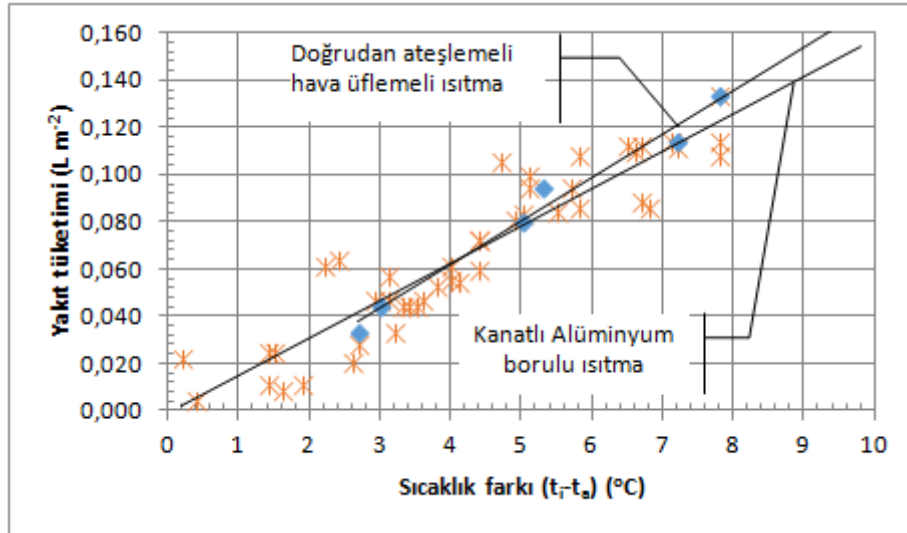
Küçük işletmelerde, ilk yatırım masrafları düşük olan doğrudan ateşlemeli hava üfleycili ısıtma sistemleri tercih edilmektedir. Şekil 5'te plastik serada doğrudan ateşlemeli hava üflemlerli ısıtma sisteminde ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda tüketilen yakıt miktarları verilmiştir

(Şekil 5). Şekil 5'de görüldüğü gibi sık dokunmuş beyaz polietilen ısı perdelerinin kapalı olduğu koşullarda, alüminyum kanatlı ısıtma borulu sistemde olduğu gibi yaklaşık % 36 enerji tasarrufu sağlanabilmiştir.



Şekil 5. Doğrudan ateşlemeli hava üflemlerli ısıtma sisteminin kullanıldığı plastik serada, ısı perdelerinin açık ve kapalı olduğu koşullarda sıcaklık farkına bağlı tüketilen yakıt miktarı ($L m^{-2}$).

Figure 5. The ΔT -dependent fuel consumption by direct-fire, air blast heating system in plastic greenhouse when thermal screens are open and closed ($L m^{-2}$).



Şekil 6. Plastik serada ısı perdelerinin açık olduğu koşullarda, hava üflemlerli ısıtma sistemiyle, alüminyum kanatlı borulu ısıtma sisteminin farklı ΔT ($t_i - t_a$) değerlerinde yakıt tüketimi ($L m^{-2}$).

Figure 6. Fuel consumption of air blast heating system and of ribbed aluminum pipe heating system at different ΔT ($t_i - t_a$) values in plastic greenhouse when thermal screens are open and closed.

Yapılan çalışmada her iki ısıtma sisteminin yakıt tüketimleri açısından karşılaştırılması yapılarak ölçümler sonucunda farklı ΔT ($t_i - t_a$) değerleri için her iki sistemin tükettiği yakıt miktarları Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi yakıt tüketimi açısından her iki sistem arasında büyük bir fark bulunmamıştır. Alüminyum kanatlı borulu ısıtma sistemi sıcaklık farkının büyük olduğu koşullarda daha ekonomik olmaktadır.

Cam ve plastik serada ısı perdelerinin kapalı olduğu koşullarda birim sera alanı için gereksinilen yakıt tüketimleri cam serada % 13 daha düşük elde edilmiştir. Isı perdeli cam serada 8 K'lik sıcaklık farkı için gereksinilen yakıt miktarı 0.072 L m^{-2} olurken, plastik serada aynı koşullarda bu değer 0.083 L m^{-2} olmaktadır. Ortaya çıkan bu fark, sera tipinin ve ısı perdesi dokusunun farklılığından kaynaklanmaktadır. Isı perdelerinin açık olduğu koşullarda cam serada 8 K'lik sıcaklık farkı için gereksinilen yakıt miktarı 0.2 L m^{-2} olurken, bu değer aynı sıcaklık farkı için plastik serada 0.136 L m^{-2} olmaktadır. Plastik serada bu değer % 32 daha küçük olmasının nedeni, cam seranın örtü yüzey alanının sera taban alanına oranı (2.5), plastik seranın oranından (1.55) daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır.

Serada örtü yüzey alanı etkisinin ortadan kaldırılarak karşılaştırmanın yapılabilmesi amacıyla doğrudan ateşlemeli ısıtma sisteminin kullanıldığı cam ve plastik serada belli sıcaklık değerleri için tüketilen yakıt miktarından gidilerek 2 nolu eşitlik yardımıyla toplam ısı gereksinim katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda cam serada ısı perdesiz koşullarda toplam ısı gereksinim katsayısı 7.3 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak belirlenirken, ısı perdeli cam serada bu değer 2.8 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu da yaklaşık % 62 oranında ısı tasarrufu anlamına gelmektedir. Cam serada bu değer bu kadar farklı olması sera konstrüksiyonundan kaynaklanmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan sera konstrüksiyonu asimetrik çatı yapısına sahip olup, seranın ısı perdesi ile kapatılması durumunda perde altında kalan hacmin çok küçülmesinden kaynaklanmıştır. Aynı ısıtma sisteminin kullanıldığı plastik serada ısı perdelerinin açık olduğu koşullarda toplam ısı gereksinim katsayısı 7.2 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak belirlenirken ısı perdesinin kapalı olduğu koşullarda bu değer 4.2 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak % 42 enerji tasarrufu sağlamıştır. Kanatlı alüminyum ısıtma borularının bulunduğu serada toplam ısı iletim katsayısı ısı perdesiz koşullarda 7.0 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak belirlenirken, bu değer ısı perdeli

koşullarda 4.42 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu da yaklaşık %36 ısı tasarrufu anlamına gelmektedir.

Sonuç

Akdeniz sahil şeridinde Aralık ve Ocak aylarında günlük toplam radyasyon değerleri 2.34 $kWh m^{-2} gün^{-1}$ değerinin altındadır. Bu durum bitki gelişimi açısından pek arzu edilmemektedir. Belirtilen nedenle seraların çatı kısmında ışık geçirgenliğinin azalmasına neden olan çok katlı örtü yerine, tek katlı örtü ve gündüzleri açılan ve geceleri kapatılabilen ısı perdeleri tercih edilmelidir.

Yürütülen çalışmada ısıtılmayan plastik seralarda ısı perdelerinin açık olduğu durumlarda gökyüzü koşullarına bağlı olarak iç sıcaklık değerleri, dış sıcaklık değerlerinin altında seyretmiştir. Bu durum özellikle Akdeniz sahil şeridinde gökyüzünün çoğunlukla açık olması nedeniyle ciddi anlamda tehlike yaratmaktadır. Isıtılmayan plastik seralarda ısı perdelerinin kullanılması durumunda perde altı sıcaklık değerleri gökyüzü koşullarına bağlı olmadığından dış sıcaklık değerinin üstünde seyretmekte, ancak perde üstü sıcaklık değerleri, dış sıcaklık değerlerinin altına düşmektedir (Baytorun ve ark.,1993). Cam seralarda camın 3000 nm üzerindeki ısı ışınları için geçirimsiz olması nedeniyle bu tehlike ortaya çıkmamaktadır.

Yapılan çalışmada cam ve plastik serada hava üflemeli ısıtma sisteminin kullanılması durumunda ısı perdesiz koşullarda toplam ısı gereksinim katsayısı plastik sera için 7.2 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak belirlenirken, cam sera için bu değer 7.3 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Isı perdelerinin kapalı olduğu koşullarda plastik sera için toplam ısı gereksinimi 4.2 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak belirlenirken, cam serada ise 2.8 $W m^{-2} K^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Cam serada ortaya çıkan farkın büyük olması seranın özelliğinden kaynaklanmaktadır. Araştırmanın yapıldığı asimetrik yapıya sahip cam serada, perdenin altında kalan hacim çok küçük olduğundan toplam ısı gereksinim katsayısı düşük olarak hesaplanmıştır.

Isıtılan seralarda kullanılan farklı özelliklere sahip ısı perdeleri yardımıyla belirli oranlarda ısı tasarrufunun sağlanması mümkün olabilmektedir. Yapılan çalışmada plastik seralarda kullanılan sık dokulu polietilenden yapılmış beyaz renkli ısı perdesi yardımıyla, her iki ısıtma sisteminde (borulu ve üflemeli ısıtma sistemi) % 36-40 ısı tasarrufu sağlanabilmektedir. Isıtılan cam serada

kullanılan LS 17 ısı perdesi yardımı ile tasarruf edilen ısı enerjisi miktarı % 63 olarak belirlenmiştir. Bu kadar yüksek ısı enerjisi seranın tipinden, örtü malzemesinden kaynaklanmaktadır.

Isı perdelerinden beklenen ısı artırımının sağlanabilmesi için perdelerin özellikle yan ve ön cephede örtü malzemesi ile yalıtımının iyi olması zorunludur. Isı perdelerinde kurulan sistemin sızdırmazlığının test edilmesi amacıyla kullanılan V_{siz} katsayısının 0'a yakın olması arzu edilir. Yapılan çalışmada ısıtılmayan plastik serada, ısı perdesi üzerindeki sıcaklık değerleri, dış sıcaklık değerlerinden düşük olması nedeniyle, V_{siz} katsayısı hesaplanamamıştır. Isıtılmayan cam serada V_{siz} değeri 0.10-0.18 arasında belirlenmiştir. Isıtılan plastik serada bu değer 0.12, cam serada 0.31 olarak hesaplanmıştır.

Kaynaklar

- Bailey, B.J. 1975. Reducing glasshouse heat losses by internal blinds of different materials National Institute of Agricultural Engineering Silsoe. (DN/G/617/2105).
- Bailey, B.J. 1977. Thermal Screens for reducing heat losses from glasshouses. Acta Horticulturae, Nr. 70: 35-37.
- Bailey, B.J. 1978. Heat conservation in glashouses with aluminized thermal screens. Acta Horticulturae, Nr. 76: 275-278.
- Bailey, B.J. 1981. The evaluation of thermal screens in glasshouses on commercial nurseries. Acta Horticulturae, 115(2): 663-670.
- Baytorun, A.N. 1986. Bestimmung des Luftwechsels bei gelüfteten Gewachshausern. Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover.
- Baytorun, A.N., K. Abak, O, Tekinel and H. Tokgöz, 1993. Etude portant sur different types de serres plastiques et certains technologies mieux adaptées au climat méditerranéen de Turquie. Workshop on environmentally sound water management of protected agriculture under Mediterranean and arid climates. Bari/Italy. Pp: 3-30.
- Baytorun, N.A., K. Abak, H.Tokgöz, Y. Güler ve S.Üstün, 1995. Seraların kışın iklimlendirilmesi ve denetimi üzerinde araştırmalar. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araş. Kurumu. Proje no TOAG-993.
- Bosse, G. 1975. Das "Wie" ist problematisch. Deutsche Gartnerbörse 75:837-839.
- Karaman, S. ve İ. Yılmaz, 2006. Cam serada domates yetiştiriciliğinde Bombus arısı kullanımının üretim girdileri ve karlılık üzerine etkisi. Anadolu, J. of Aari 16(2): 90-109. MARA.
- Konradsen, P.A. 1978. The effect of internal thermal screens in glasshouses on heat loss and plant growth. Acta Horticulturae, Nr. 76:289-300.
- Leonardi, C. and S. De Pascale, 2010. Greenhouse production systems in Mediterranean area. 4th International Workshop "Agrospace: Controlled Environment Agriculture from Earth to Space and back" Sperlonga.
- Mackroth, K., 1975. Nur richtig montierte Folienunterzüge sparen Wärme. Taspo 109, Nr.43:10.
- Meyer, J, 1982. Bewertung von beweglichen Energieschiermen im Hinblick auf den Wärmeverbrauch von Gewachshausern. Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover.
- Meyer, J., K. Schockert, N. Laun, M.Schlipen and A. Kreuzpainter, 2014. Niedrigenergiegewachshaus mit CO₂-neutralen Heizsystem. Zukunft Initiative Niedrigenergie Gewachshaus (ZINEG). Ansätze und Ergebnisse.
- Müller, G., 1987. Energieschierme unter Praxisbedingungen Bewertung und Optimierung im Hinblick auf Energieverbrauch und Klimaführung. Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover.
- Nisen, A., M. Grafiadellis, R. Jiménez, G. La Malfa, P.F. Martinez-Garcia, A. Monteiro, H. Verlodt, O. Villele, C.V. Zabeltitz, J.C. Denis, W. Baudoin and J.C. Garnaud, 1988. Cultures protegees en climat mediterranean. FAO, Rome.
- Stanghellini, C., K. Kempkes and P. Knies, 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. Acta Hortic. 609: 277-289.
- Tantau, H.J. 1983. Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Tantau, H.J. 2012. Erfahrungen aus dem ZINEG-Projekt mit dem Einsatz unterschiedlicher Energieschirme. BGT kolloquium Berlin.
- Winkels, H., 1975. Regeln ohne Probleme. Deutsche Gartnerbörse 75:832-837.
- Zabeltitz, Chr.Von. 1986. Gewachshausern. Handbuch des Erwerbsgartner Verlag Eugen Ulmer.
- Zabeltitz, Chr.von. 1997. Umweltschönungundtechnicher Fortschritt-Wiederspruchoder Notwendigkeit. Farewelllecture, University of Hannover, Gartenbautechnische Informationen.
- Zabeltitz, Chr.von. 2011. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.