

SERA ÖRTÜ MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Nefise Yasemin EMEKLİ Kenan BÜYÜKTAŞ
Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

ÖZET

Bir sera planlaması esas olarak tüm yapısal tasarım, örtü malzemesinin mekanik ve fiziksel özellikleri ve bitkiye özgü yetiştirme gereksinimleri arasında bir denge sağlamalıdır. Seralarda bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenleri; ışık, sıcaklık, nem ve havanın CO₂ konsantrasyonudur. Sera içi çevre koşullarının ve serada yetiştirilen bitkilerin dış etkenlerden korunmasını sağlayan örtü malzemesinin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Sera örtü malzemesinin mekanik dayanımı, çeşitli yükleme durumlarında seranın tüm yapısal davranışıyla ilişkisi bakımından çok önemlidir. Mekanik özelliklerinin belirlenmesi ile örtü malzemesinin hem kısa hem de uzun zaman periyotlarındaki davranışı ortaya çıkarılabilmektedir. Bu çalışmada, seralarda kullanılan örtü malzemeleri ve bu malzemelerin mekanik özellikleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sera, Örtü malzemeleri, Mekanik özellikler

MECHANICAL PROPERTIES OF GREENHOUSE COVERING MATERIALS

ABSTRACT

The ultimate design of a greenhouse has to present a balance between the overall structural design, the mechanical and physical properties of the cladding materials and the specific agronomic requirements of the crop. The factors effecting plant growth in greenhouses are light, temperature, humidity and CO₂ concentration. Greenhouse cladding materials should have some properties to provide appropriate inside environment and plant protection against outside effects. The mechanical properties of greenhouse coverings are very important in relation to their mechanical behaviour under various loading conditions and to the overall structural behaviour of the greenhouse. Behaviour of covering materials in short and long time period could be determined with mechanical properties. This study was carried out to investigate greenhouse covering materials and their mechanical properties.

Keywords: Greenhouse, Covering materials, Mechanical properties

1. GİRİŞ

Ülkemizde tarım alanlarının azalması buna karşılık nüfusun hızlı bir şekilde artması ve birim alandan alınan ürün miktarının yeterli olmaması nedeni ile verimi artırıcı birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemler, tarımsal üretimde çağdaş teknolojinin gerektirdiği girdilerin sağlanması ve dağıtılmasının yanı sıra, sebze ve meyve üretiminin geliştirilmesi için seracılığın yaygınlaştırılmasıdır.

Seralar, iklimle ilgili çevre koşullarına tamamen veya kısmen bağlı

kalmadan gerektiğinde sıcaklık, nem ve havalandırma gibi faktörleri kontrol altında tutarak bütün yıl boyunca çeşitli kültür bitkileri ile bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek, bitkilerini sağlamak, sergilemek amacıyla cam, plastik vb. ışık geçirebilen maddelerle kaplanarak değişik şekillerde inşa edilen yüksek sistemde bir örtüaltı yetiştiriciliği olarak tanımlanmaktadır (TSE, 1996).

Bitkisel üretimin ihtiyaç duyduğu çevre koşullarını koruyucu yapılarla sağlama girişimi yani seracılık Avrupa'da antik çağa dayanmaktadır. Roma imparatorluğunun yıkımı ile bu

döneme ait teknikler ortadan kalkmasına rağmen seralar, 15., 18. yüzyıllar arasında İngiltere, Fransa ve Hollanda'da tekrar görülmeye başlanmıştır. Bunun yanı sıra, seraların ticari amaçlı üretimi 19. yüzyılın ortasında başlamış ve 1945'ten sonra hızlı bir şekilde yayılmıştır. Son yıllardaki ekonomik ve teknik gelişmelerde Avrupa'daki sera alanlarının hızlı bir şekilde artmasını sağlamıştır (von Elsner ve ark., 2000a).

Çizelge 1. Bazı Avrupa Ülkelerinde Sera Alanları (Baytorun, 1988, Zabeltitz, 1988).

Ülke	Plastik Sera Alanı (ha)	Cam Sera Alanı (ha)
İtalya	15400	1600
Fransa	400	2000
İspanya	12000	50
Portekiz	1100	20
Hollanda	100	8900
Almanya	250	2900
Yunanistan	3000	100
İrlanda	20	150

Avrupa'da cam sera alanlarının büyük bir kısmı Hollanda, Belçika, Danimarka, İrlanda ve Batı Almanya gibi kuzey Avrupa ülkelerinde yoğunlaşmıştır. Son zamanlarda bu ülkelerde yapılan girişimler sayesinde camın yerini sert plastik örtü materyali almaktadır. Güney Avrupa ülkelerinde ise plastik sera alanları daha belirgin olup sera yatırımları bu ülkelere nispeten daha hızlı bir artış gösterir. Bu artışın en önemli nedeni bu bölgelerin ekolojik koşulları ve çoğu zaman seraların ısıtılmasına gereksinim duyulmamasıdır (Briassoulis ve ark., 1997a).

Ülkemizde, dünya seracılığının tam tersine, kısa bir geçmişe sahip olan sera tarımımız 1940'lı yıllarda Antalya yöresinde kurulan seralarla başlamıştır. Ancak esas gelişimini 1970'li yıllarda

plastığın örtü malzemesi olarak kullanımı ile hızla büyümeye başlamıştır. Doğasında sağladığı ekolojik avantajlar ile gün geçtikçe kendini gösteren daha bilinçli bir entansif işletmecilikle seracılığımız büyük ilerlemeler kaydetmektedir (Yüksel, 1992). Ülkemizde seracılık Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde dağılıma ve gelişme göstermektedir. Bu dağılım içerisinde yer yer yoğun üretim alanları doğmuştur. En kuzeyde Yalova çevresindeki iklimde görülen seracılık batıda İzmir ve Muğla çevresinde, güneyde Mersin ve Antalya dolaylarında yoğunlaşmakta ve Hatay ilinin Samandağ ilçesine kadar uzanmaktadır (Olgun ve ark., 1997). Son yıllardaki sıcak su kaynaklarının sağladığı ucuz ısıtma nedeniyle Kütahya-Simav, Aydın-Nazilli gibi iç bölgelerde; sulamaya açılması nedeniyle GAP yöresinde seracılıkta hızlı gelişmeler görülmektedir (Çolak, 2002).

Türkiye'de örtü altı alanlarında (Çizelge 2) 1988-1991 yılları arasında yükselme görülürken, 1991-1992 üretim döneminde alçak tünel alanlarının azalması dolayısıyla toplam alanda ani bir düşüş görülmektedir. 2000 yılından itibaren alanlardaki artış belirli bir seyir izlemektedir. Son yıllarda ise Türkiye'deki alçak plastik tünel alanları, yüksek plastik tünel ve plastik sera alanlarına kaymıştır (Anonim, 2002).

Seralarda yetiştirilen ürünlerin %96'sını sebze bitkileri, %3'ünü kesme çiçek ve iç mekan bitkileri ve %1'inide meyve türleri oluşturmaktadır. Seralarda üretimi yapılan sebze bitkileri içerisinde %47'lik üretim payı ile domates ilk sırayı almakta bunu hıyar (%32), biber (%9) ve patlıcan (%7) izlemektedir. Fasulye, marul, kavun ve kabak gibi diğer sebze türlerinin üretimdeki payları ise %5'dir (Tüzel ve ark., 2004).

Çizelge 2. Yıllar İtibariyle Örtü-Altı Alanlarının Türkiye Geneline Dağılımı

Yıllar	Cam Sera Alanı (da)	Plastik Sera Alanı (da)	Yüksek Plastik Tünel Alanı (da)	Alçak Plastik Tünel Alanı (da)	Toplam Kapalı Alan (da)
1988-1989	15.859	69.523	-	210.613	259.995
1989-1990	17.223	60.998	-	270.990	343.946
1990-1991	30.601	63.916	-	256.891	341.408
1991-1992	23.649	84.793	-	247.222	355.664
1992-1993	29.919	94.250	-	176.084	300.253
1993-1994	31.215	99.549	-	171.112	301.876
1994-1995	32.085	113.119	-	202.761	347.965
1995-1996	35.972	118.624	-	214.243	368.839
1996-1997	39.512	131.676	-	193.322	364.511
1997-1998	47.102	121.129	41.783	217.372	427.386
1998-1999	52.989	140.561	41.553	175.514	410.616
1999-2000	56.814	148.089	44.380	172.690	421.973
2000-2001	60.876	153.610	52.899	167.088	434.472
2001-2002	63.513	210.094	159.971	32.236	466.815

2. SERA ÖRTÜ MALZEMELERİ

Seralarda en önemli gelişim etmenleri sırasıyla sıcaklık, nem, ışık ve havanın CO₂ içeriğidir. Bitki gelişimi için en önemli faktör olan ışığın sera içine yeterli oranda ulaşabilmesi için seralar ışık geçirebilen saydam malzeme ile örtülürler. Seralar önceleri yeterli ışık geçirmesi amacıyla saydam cam ile örtülmüş sonraları seracılığın ve teknolojinin gelişimi ile birlikte plastik malzeme ile örtülmeye başlanmıştır. Seralarda değişik özelliklerde cam malzeme kullanılmaktadır. Bunlar normal cam, buzlu cam ve özel işleme tabi tutulmuş selektif camlardır. Eskiden camın plastik malzemeye göre oldukça fazla avantajları bulunmaktaydı ancak plastik teknolojisindeki hızla gelişme günümüzde plastiğin camla rekabeti edebilir düzeye getirmiştir (Kohlmeier ve Baytorun, 1990).

Sera örtü malzemelerinin seçimine etki eden bir çok faktörler vardır.

Bunların başında bitki gelişimini doğrudan etkileyen solar radyasyonun tipi ve miktarı gelmektedir. Buna ek olarak havanın nemi, CO₂ konsantrasyonu gibi mikroklimatolojik faktörlerde örtü sistemini dolaylı olarak etkiler (Giacomelli, 1999). Örtü malzemesi veya sera yapısından ekonomik olarak yararlanmak için değişik özelliklere bağlı olarak seçim yapılmalıdır. Bunlar; ışık geçirgenliği, rüzgar, kar ve dolu yüklerine karşı dayanım, yalıtım değeri, ısı geçirgenlik (3000 nm'nin üzerinde kızılaltı ışınım), UV geçirgenliği (400 nm'ye kadar morötesi), yıpranmaya ve yırtılmaya karşı direnç, lekelenmeye karşı duyarlılık, malzeme özelliklerinin kimyasal etkilerle değişimi, yoğunlaşma özelliği ve malzeme boyutlarıdır (Waaijenberg, 1988).

Seralarda kullanılan örtü malzemelerini 3 grup altında toplamak mümkündür (Günay, 1985, Baytorun, 1995, Filiz, 2001):

1. Cam
 - 1.1. Çekme düz cam
 - 1.2. Float cam
 - 1.3. Buzlu (Desenli) cam
2. Yumuşak Plastikler
 - 2.1. PE (Polyethlen)
 - 2.2. PVC (Polyvinylchloriod)
 - 2.3. Polyester (Mylar)
 - 2.4. PVF (Polivnylfluorid)
 - 2.5. EVA (Ethlvinylacetat)
 - 2.6. Monarfleks
3. Rijit (Sert) Plastikler
 - 3.1. GRP (Cam Elyafı Polyester)
 - 3.2. PMMA (Polimetilmetakrilat)
 - 3.3. PVC(Polyvinylchloriod)
 - 3.4. PC (Polycarbonate)
 - 3.5. Fiberglass

Cam tüm dünyada geleneksel olarak kullanılan en eski örtü malzemesidir. Camın önemli iki özelliği, tarımda kullanılan kimyasal maddeler ile çevresel (dış) koşullardan çok az etkilenmesi ve içeriye doğru ışık geçirgenliğinin yüksek, içerden dışarıya doğru olan ısı geçirgenliğinin düşük olmasıdır (von Elsner ve ark., 2000b). Sera örtülmesinde kullanılan camların kalınlıkları, dolu yağışı olmayan yerlerde 3 mm, dolu yağışı olan yerlerde ise 4-5 mm olmalıdır. Yan yüzeylerde ise rüzgar hızına bağlı olarak 2-3 mm kalınlıkta olan cam kullanılmalıdır. Genellikle seraların yan yüzeylerinde 3 mm'lik, çatıda 4 mm'lik cam kullanılmalıdır (Yüksel, 2004). Cam örtü materyali plastik ile karşılaştırıldığında cam daha etkin bir kullanım sağlamaktadır. Plastik örtü materyalleri, cama oranla iklim koşullarından daha fazla etkilenmektedir. Cam yanıcı olmayan bir materyal olup hava kirleticilerine ve UV ışınımına karşı dayanımı yüksek ve ışık geçirgenliği zamanla azalmayan bir malzemedir. Camın ışık geçirgenliği tipine bağlı olarak %71-92 arasında olup kullanım ömrü 25 yıl veya daha fazla olabilmektedir. Ancak camın esnek

olmaması, ağır, kolay kırılabilir (şiddetli bir dolu yağışında) ve pahalı olması çoğu üreticiyi plastik materyal kullanmaya yöneltmiştir (Giacomelli, 1999). Abak ve ark. (1986), düz ve mat camla kaplı seralarda iki farklı cam tipinin sera içi iklim değerlerine ve sera sebzelerinin verimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, kontrollü koşullarda yaptıkları ışık geçirgenlik testleri ile görünen ışık spektrumundaki ışınları geçirme oranının düz cam için %91.9, mat cam için %87.8 olduğunu bildirmişlerdir.

Kültür bitkilerinin daha iyi gelişmelerini sağlayan bir sera etkisinin oluşturulmasında, seraların örtülmesinde kullanılan plastik malzemenin esnek özelliğe sahip olmasının büyük rolü vardır. Buna göre seraların gün boyunca sera içerisine girebilecek maksimum ışığa ve gece boyunca sera içinden çıkabilecek minimum ısıya izin vermesi gerekmektedir (Briassoulis ve ark., 1997b).

Normal plastiklerin ömrü 6-12 ay kadardır. Ancak içlerine çeşitli maddeler katarak güçlendirilir. Serada örtü olarak kullanılan plastikler güneşin ultraviole ışınlarını bünyelerinde tuttukları için. moleküler yapıları bozularak çabuk dekompoze olurlar. Fenol salisilat, benzotriazol, benzofenon gibi maddeler ultraviole ışınların stabilizatörleridir. Plastik içine katıldıklarında plastiğin ömrünü 1-4 yıl arasında uzatırlar (Günay, 1985).

PE (Polyethylen) filmler yaygın olarak kullanılan sera örtü malzemeleridir. Genellikle 1 yıllık bir kullanım ömürleri olup son zamanlarda 3-4 yıllık kullanım ömrü olanlarda geliştirilmiştir. PE'nin ultraviole ışınlarla fiziksel özelliklerinin azalması kullanım ömürlerini sınırlayan temel problemdir. PE'nin daha uzun ömürlü olabilmesi için üretim aşamasında UV dayanımını arttırıcı katkı maddelerinin eklenmesi

gerekir. Polietilen örtü materyali 0.15-0.30 mm kalınlıkta olup ucuzdur Dış koşullara özellikle rüzgara karşı dayanımı azdır ve kolay yırtılıp, çabuk kirlenen bir materyaldır (Giacomelli, 1999).

Türkiye’de örtü malzemesi olarak kullanılan polietilen plastik çeşitleri aşağıda verilmiştir (Baytorun ve Başçetinçelik, 1993).

Normal PE Plastik: Güneş ışınlarına karşı dayanımı 1 yıldır. Aynı zamanda ülkemizde şiddetli güneş ışınımı nedeniyle bir üretim sezonundan sonra bu plastikler değiştirilmelidir. Sonbaharda seralara örtülerek kışın mümkün olduğu kadar fazla ışık geçirimi sağlanır.

UV Katkılı PE Plastik: İçine UV katkı maddesi katıldığından dayanım ömrü 2 yıldır. UV katkı maddesinden dolayı sarı bir renge sahiptir. Plastik’in kuru olduğu koşullarda IR ışınlarını geçirirler.

IR Katkılı PE Plastik: İçerisine üretim esnasında IR katkı maddesi katıldığından uzun dalgalı ışınları belli oranda geçirir.

Antifog PE Plastik: Antifog katkı maddesi plastik’in iç yüzeyinde yoğunlaşan su buharının damlacıklar halinde değil, camda olduğu gibi ince bir film şeklinde yayılmasını sağlar. Bu da ışık geçirgenliğini olumlu yönde etkilediğinden diğer plastiklere göre daha fazla ışınımın sera içine ulaşmasını sağlar.

Cemek ve ark. (2005), farklı sera örtü malzemelerinin (normal PE, UV katkılı PE, IR katkılı PE ve çift katlı PE) patlıcan bitkisinin büyümesi, gelişmesi ve verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarda erkencilik açısından en uygun sera örtü malzemesinin, sera içi sıcaklık, doygun

buhar basıncı açığı(VPD), bitki büyüme hızı ve verim gibi parametreler göz önüne alındığında, çift katlı PE örtü malzemesi olduğunu bildirmişlerdir.

PVC örtü malzemesi soğuk havada büzülerek kırışan, hatta çatlayarak yırtılabilecek kadar soğuğa hassas malzeme olarak tanımlanmaktadır. Toz, elektriksel yolla tutulduğu için, yıkama ile temizlenemez. İlk kullanımda ışık geçirgenlikleri %85-96 iken, kirlendiklerinde %50-70’e kadar düşebilmektedir. Genellikle 0.1-0.2 mm kalınlıkta olanları tercih edilmektedir. 50 °C’den sonra yumuşama, 70 °C’den sonra erime başlamaktadır. Sıcaklığın – 10 °C’nin altına düşmesi durumunda büzülme ve yırtılmalar görülmektedir. PE örtülere oranla ısı geçirme oranı düşüktür. Kullanım süreleri 1-4 yıl arasında değişmektedir. Maliyeti PE’e oranla daha yüksektir (Filiz, 1988).

Son yıllarda sera örtü malzemesi olarak film halinde çekilen polyesterler de kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzeme, yapımcı firmaların vermiş olduğu Mylar ve Melinex gibi ticari adlarla anılmaktadır. Kritik sıcak ve soğuk hava koşullarına dayanıklılığı fazla olan bir örtü malzemesidir. Doluya karşı dayanıklılığı yüksektir. Çatı örtüsü üzerindeki ömrü 4-5 yıl, yan duvarlardaki ömrü 6-7 yıl kadardır. Işık geçirgenliği %85-95 ile cama yakın olan plastik malzemedir (Öneş, 1986).

Rijit (sert) plastikler düz veya dalgalı olarak tabakalı levhalar şeklinde veya kıvrılarak top şeklinde piyasaya çıkarılan örtü malzemeleridir (Yüksel, 1985).

Polycarbonat (PC), çift katlı veya çok katlı olarak imal edilen, arasında hava boşluğu bulunan saydam tabakalar halinde bulunan sera örtü malzemesidir. Kalınlıkları çift katlı olanlarda 4-16 mm, üç katlı olanlarda 10-16 mm arasında değişmektedir. Solar radyasyon geçirgenliği camdan az olmak üzere, boyutlarına bağlı olarak %70-80

arasında değişmektedir. Çift katlı PC camdan on kat daha hafiftir dolayısıyla daha az yoğunlukta destek yapısı kullanılır. PC örtü malzemesinin ışık geçirgenliği, nem yoğunlaşması ve toz birikmesi gibi faktörlere bağlı olarak yılda %1 oranında azalır (Papadakis ve ark., 2000).

GRP (cam takviyeli polyester), polyester malzemenin cam lifleriyle güçlendirilmesi ile elde edilir. GRP örtü malzemesi yüzeyi renk değişimine karşı korunmuş ve polivinyl florid (PVF veya Tedlar) veya polietilen terephtalate (Melinex) ile kaplanmış oluklu tabakalardan meydana gelmiştir. Solar radyasyon geçirgenliği %80 düzeyindedir. Plakaların kalınlığı 0.8-1.5 mm arasında değişir ve genellikle 1 mm kalınlığındadır. Plakaların genişliği profile bağlı olarak 0.8-1.0 m arasında değişmektedir (Baytorun, 1995, Papadakis ve ark., 2000).

Çolak ve Şahin (1995), seralarda yaygın olarak kullanılan cam, CTP (cam takviyeli polyester) ve polietilen örtü malzemelerinin sera içi sıcaklığına etkisini araştırmışlardır. Araştırmada cam, CTP ve PE örü malzemesi kullanılan model seralar ile dışarıda ölçülen sıcaklıklar karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, cam örtü malzemesinin daha yüksek sera içi sıcaklıklarının oluşmasını sağladığını bildirmişlerdir.

Fiberglass örtü malzemesi belirli yönlerden popülerliğini kanıtlamıştır. Oluklu paneller halinde ya da düz rulolar şeklinde bulunur. İşçiliğinin kolay olmasından dolayı basit bir sera 1-2 günde fiberglass panellerle kaplanabilir. Malzemenin az miktarda genişmesini önlemek ve ışık geçirgenliğini önemli ölçüde azaltan toz birikimini engellemek için mutlaka katkı maddeleri kullanılmalıdır. Sera planlayıcılarının çoğu dayanıklı olması ve kolay uygulanabilmesinden dolayı çatıda

oluklu fiberglass panelleri, yan duvarlarda ise düz fiberglassı ya da camı tercih ederler (Cartoğlu, 1990).

3.SERA ÖRTÜ MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Sera örtü malzemesi olarak kullanılan malzemenin istenilen en önemli mekanik özellikler; dolu darbesine benzer darbelere dayanıklılık ile rüzgar ve kar yükü etkisine benzer yükü anormal eğilme, yırtılma, kopma ve kırılma göstermeden çekebilme özelliğidir (Alkan, 1977).

Cam örtü için verilen mekanik özellikler genellikle; panel genişliği, uzunluğu, kalınlığı, kenar düzgünlüğü ve yoğunluğu olmaktadır. Rijit plastikler için verilen özellikler kalınlık, yoğunluk, boyutlar, sertlik ve çarpma direnci değerleri olmaktadır. Plastik filmler için verilen özellikler de ise ışık geçirgenliği, yırtılma direnci, dolu çarpma direnci, sünme, yoğunluk, kalınlık, genişlik ve kopma dayanımları gibi değerler söz konusudur. Bu değerlerin büyük bir kısmı üretici firmalar tarafından verilmektedir (Briassoulis ve ark., 1997b).

Cam anorganik maddeden elde edilen sert, ışık geçiren ve kristalleşmemiş bir kütledir. Yapılarda kullanılan camlarda olduğu gibi sera camı da tabakalar halinde ya çekme ya da dökme yöntemiyle elde edilir (Baytorun 1995)

Cam materyalin önemli özellikleri (Günay, 1994, Baytorun,1995):

Hacim Ağırlığı: $\rho=2500 \text{ kg/m}^3$

Elastiklik Modülü: $E=6.10^6-8.10^6 \text{ N/m}^2$

Isı İletim Katsayısı: $\lambda=0.8-1.0 \text{ W/m}_\circ\text{K}$

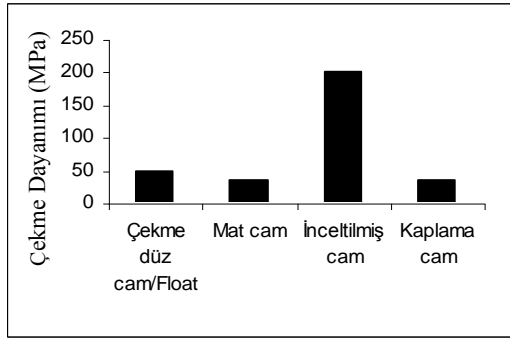
Doğrusal Genleşme Katsayısı:
 $\alpha=7.5 \times 10^{-6} - 9.5 \times 10^{-6} \text{ m/m}_\circ\text{K}$

Bükülme Mukavemeti: 30 N/mm^2

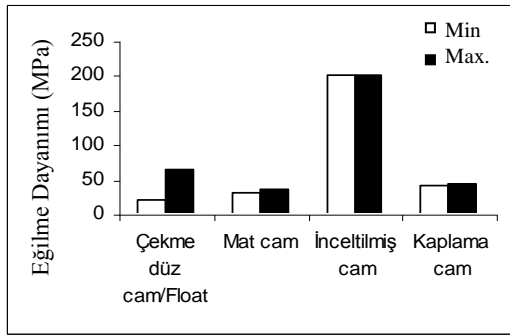
Işık Geçirgenliği: %89-92

Ağırlığı: 3 mm kalınlık için 7.0 kg/m^2
4 mm kalınlık için 10.0 kg/m^2
5 mm kalınlık için 13.0 kg/m^2

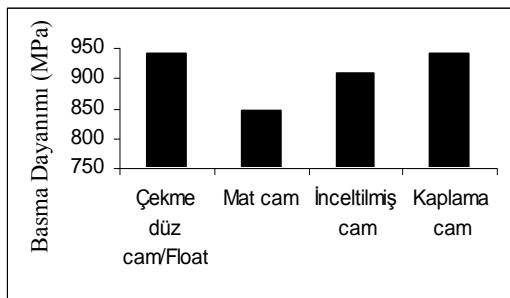
Değişik mekanik özelliklere sahip olan camların önemli mekanik özelliklerinden olan çekme dayanımı, eğilme dayanımı, basma dayanımı ve elastiklik modülü değerleri Şekil 1’de verilmiştir.



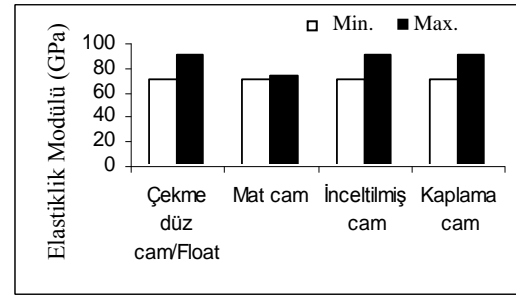
(a)



(b)



(c)

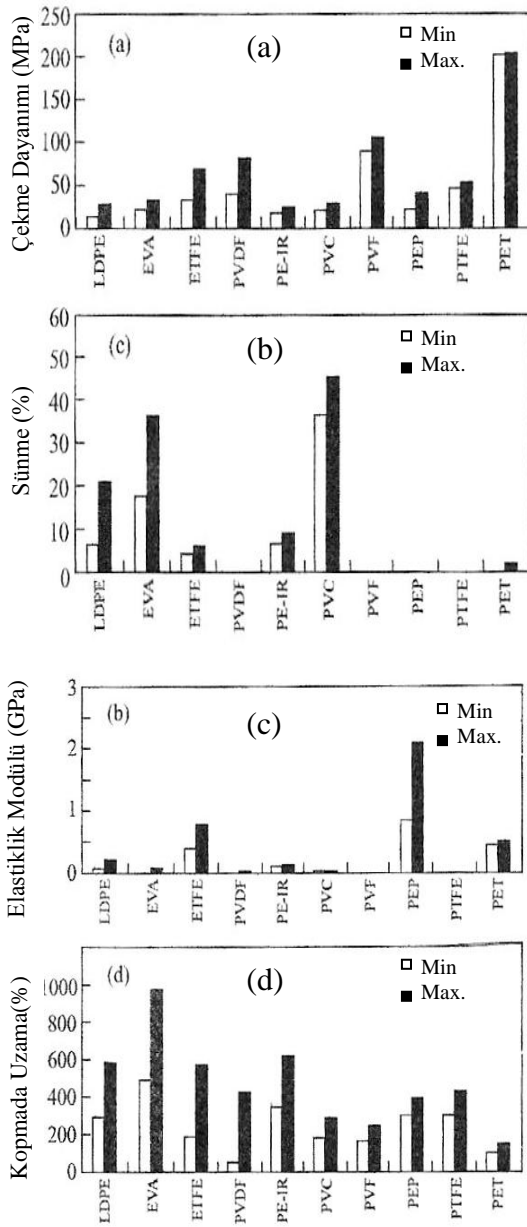


(d)

Şekil 1. Camların mekanik özellikleri: (a) Çekme dayanımı, (b) Eğilme dayanımı, (c) Basınç dayanımı, (d) Elastiklik modülü (Briassoulis ve ark., 1997b).

Sera örtü malzemeleri içinde, plastik malzeme son zamanlarda daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yaygınlığın nedenleri; inşaatta kullanılmasının kolay ve ilk maliyetinin ucuz oluşu, geçici amaçla kullanılmaya daha uygun oluşu ve ışık geçirgenliğinin bitki gelişimine uygun bulunması gibi özellikleridir (Alkan, 1977). Bilinen diğer malzemelere göre plastiğin üstünlükleri ise özgül ağırlıklarının az, ağırlıklarına oranla mukavemetlerinin fazla olması, aşınma ve korozyona dayanıklılığı genellikle asit, baz ve tuzlardan etkilenmemesi, kolaylıkla renklendirilmesi, ısı, ses ve elektrik yalıtımının yüksekliği, bazı türlerinin optik özelliklerinin iyi olması, cama göre daha az kırılma olmalarıdır (Öneş, 1986). Belirtilen bu üstünlüklere karşın, mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişmesi, kuvvet uygulandığında şekil değiştirmesi, sünme özelliği göstermesi, bazı organik çözücülere duyarlı olması plastiklerin olumsuz yanlarıdır (Briassoulis ve ark., 1997b).

Farklı özellik ve adlar altında üretilen plastik filmlerin mekanik özelliklerinden, çekme dayanımı, elastiklik modülü, sünme ve kopmada uzama değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Plastik Filmlerin Mekanik Özellikleri: (A) Çekme Dayanımı, (B) Sünme, (C) Elastikiyet Modülü, (D) Kopmada Uzama (Briassoulis ve ark., 1997b).

Sera örtü malzemelerinin mekanik özellikleri, cam ve plastik ile ilgili genel veya özel deney yöntemleri kullanılarak test edilebilirler. Avrupa'da cam ve plastik malzemelerin spesifik olarak sera örtü malzemesi olarak kullanılması nedeniyle mekanik özelliklerinin

belirlenmesinde mevcut bir standart bulunmamaktadır. Bu özelliklerin belirlenmesinde mevcut cam veya plastik ile ilgili olan standartlardan (ASTM, ISO, BS ve DIN) yararlanılmaktadır. Ancak sadece Fransız (NFT 54 190) ve İtalyan (UNI 9298) standartları spesifik olarak kullanılan plastik filmlerin bazı mekanik özelliklerini kapsamaktadır (Briassoulis ve ark., 1997b).

Türkiye'de kullanılan sera örtü malzemelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için de mevcut cam ve plastik filmlerle ilgili standartlardan yararlanılmaktadır. Cam gibi kırılğan malzemeler yalnızca çekme gerilimi altında kırıldığından, bu konuyla ilgili olan TS_{pr}-EN 1288, DIN 52303, ASTM C 158 ve ISO 7884 grup standartlarından, plastik örtü malzemesi olarak kullanılan polietilen filmlerle ilgili olan TS 3782 ve plastik filmlerin çekme özelliğiyle ilgili olan TS 8784, DIN 53455, ASTM D 882 ve ISO/R 1184 standartları kullanılmaktadır (Özçelik, 2000).

4. SERA ÖRTÜ MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

4.1. Yükleme Koşulları

Sera yapı elemanları üzerindeki en önemli yük faktörleri kar yükü, rüzgar yükü, doludan kaynaklanan yükler, bitki ve ekipmanları desteklemekten kaynaklanan yükler, servis yükleri ve bunların bileşimi olan yüklerdir (Aldrich ve Bartok, 1989). Yük koşulları örtü malzemesinin dizaynına bağlı olarak doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Doğrudan etki eden yükler, yük taşıyıcı yapı bileşeni olarak örtü malzemesi tarafından taşınırlar. Bu yüzden; dolu yükü malzemenin darbe direnciyle,

rüzgar ve kar yükleri malzemenin esnekliğiyle; kopma, yırtılma ve gerilme dayanımları da malzemenin dinamik özellikleriyle ilgili olmaktadır. Dolaylı yükler, örtü malzemesi ile yapı iskeleti tarafından yük taşıyıcı ve dağıtıcı mekanizmalarla taşınmaktadır. Örtü malzemesinin sera konstrüksiyonu üzerine yerleştirilmesi, sera sisteminin taşıyacağı yük miktarını önemli ölçüde etkilemektedir (Briassoulis ve ark., 1997a).

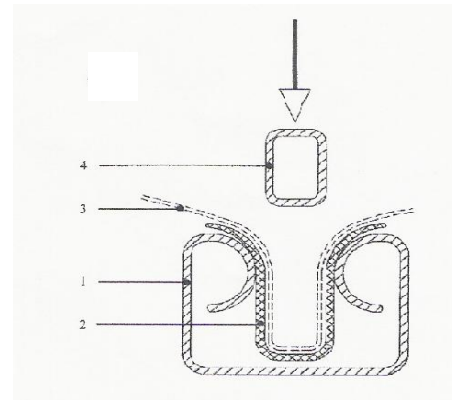
4.2. Yapı Tasarımı

Seralarda bitki gelişimi için gerekli olan güneş ışığını; sera yapı elemanları, örtü malzemesi, topoğraf, kültürel işlemler ve seranın yönü gibi faktörler etkilemektedir (Aldrich ve Bartok, 1989). Bu nedenle, düşük doğal ışık seviyesine sahip bölgelerde seraların içerisine maksimum doğal ışık girebilecek şekilde tasarımı yapılmalıdır. Seraların ışık geçirgenliğinin iyileştirilmesi için yapı elemanları mümkün olduğu kadar minimum boyutlarda tutulmalı, bireysel seralar doğu-batı yönünde kurulmalı, ışık geçirgenliği yüksek olan örtü malzemesi seçimine ve yay çatılı seralarda basık olmayan çatı tipine dikkat edilmelidir (Zabeltitz, 1992; Baille 1989).

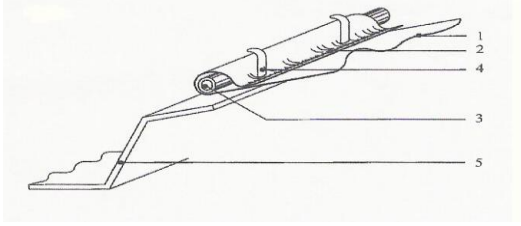
4.3. Örtü Malzemesinin Montajı

Örtü malzemesinin sera konstrüksiyonu üzerine montajı örtünün tüm mekanik performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Bu yüzden, örtü malzemesinin mekanik özellik değerleri aynı zamanda örtü malzemesinin montaj detaylarını da içermektedir (Briassoulis ve ark., 1997a).

Plastik filmler yapıya çeşitli araçlar vasıtasıyla serilebilmektedir. Genelde, örtü filmi, yapı (alüminyum profiller) üzerine plastik kelepçelerle veya klipsler ile monte edilmektedir. Plastik kelepçelerle veya klipsler ile monte edilen örtü malzemeleri için potansiyel problemler, kelepçe ile klipslerin dayanıksız veya kelepçenin tam olarak kilitlenmemiş olmasıdır. Ayrıca, bazı klipslerdeki keskin köşeler filmin yırtılmasının ana nedenini oluşturmaktadır. Şekil 3'de gösterilen özel dizayn edilmiş dayanımlı kelepçeler filmin her iki yanına kaynaklanmayı gerektirir. Bu kaynaklama için lehim kullanılmaktadır. Ancak bu tür yerleşimler daha pahalı olmaktadır. Standart olmayan ahşap konstrüksiyonlu seralarda, plastik filmler ahşap yapı elemanlarına çiviler yardımı ile monte edilmektedir. Ancak yüksek rüzgar yükü koşulları altında filmin çivilendiği yerden yırtılmalar görülmektedir (Briassoulis ve ark., 1997a).



1. Klips desteği
2. Klipsin dış kısmı
3. Plastik film
4. Klipsin erkek kısmı



1. Plastik film
2. Lehim
3. Filmin kaynaklandığı yerde çelik boru
4. Oluğa yerleştirilmiş kanca
5. Oluk

Şekil 3. Plastik Filmlerin Montajında Kullanılan Kelepçeler.

4.4. Çevresel Etkiler

Örtü malzemesi üzerinde çevre koşullarının etkisi malzemenin özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterir. Sera uygulamalarında örtü materyali olarak cam kullanıldığında kullanılan camın 15 yıl sonra daha kırılğan olduğu ortaya çıkmıştır. Özelde camın kimyasal etkili bir malzeme olduğu ve zirai ilaçlardan etkilenmediği kabul edilmektedir. Ancak, sera içi iklim koşulları (nem, sıcaklık, kimyasal maddeler, vb.) bazı durumlarda, camın yapısal sağlamlığını etkileyecek kadar zararlı olabilmektedir. Ayrıca, cam zamanla kirlendiğinden dolayı ışık geçirgenliğinde bir azalma meydana gelmektedir. Ancak kirlilik, toz vb. haller cam malzemenin ışık geçirgenliğini olumsuz yönde etkilese de uzun yıllık bir kullanımdan sonra bile yıkama ile temizlendiğinde ışık geçirgenliği iyileştirilebilir. Örtü malzemesi olarak plastik film kullanıldığı takdirde, mekanik özelliklere etki eden en önemli faktörler UV ışınlarıdır. UV ışınlar, plastiğin moleküler yapısını bozarak parçalanma meydana getirmektedir. Zamanla UV ışınlarının bir direkt etkisi, kopma noktasında malzemenin uzanımının azalmasını ilgilendirmektedir. UV stabilize filmlerin geliştirilmesi ile UV

yaşlanması problemi ortadan kaldırmıştır (Briassoulis ve ark., 1997a).

5. SONUÇ

Seralarda kullanılan örtü malzemeleri cam ve plastik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Cam; ışık geçirgenliği yüksek, kullanım ömrü uzun olmasına rağmen ilk yatırım giderlerinin yüksek ve kırılğan bir yapıya sahip olması camın seralarda kullanımını sınırlandırmıştır. Fakat cam güneş ışınlarının eğik açıyla geldiği yani doğal ışığın yetersiz olduğu bölgelerde hala yaygın olarak kullanılan bir materyaldir. Günümüzde artık seralarda örtü materyali olarak yaygın bir şekilde plastik kullanılmaktadır. Sera örtü malzemesi olarak plastiğin yaygınlaşmasının en önemli nedeni ucuz olmasıdır. Ayrıca plastik örtülerin; ömrünün kısa olması, örtü malzemesinin iç yüzeyinde yoğunlaşan nemin bitkiler üzerine damlaması ve özellikle havanın açık olduğu gecelerde sabaha karşı sera içi sıcaklığının dış sıcaklığın altına düşmesi gibi önemli olumsuzlukları UV (Ultraviole) +IR (Infrared) +AV (Antifog) katkı maddelerinin ilavesi ile düzeltilmiştir. Artık günümüzde UV katkı maddesi sayesinde plastiğin ömrü 3 yıla kadar uzatılabilmektedir.

Sera örtü malzemelerinin mekanik özellikleri ele alındığında kullanılan örtü malzemesinin servis ömrü boyunca deforme olmaması, havalandırma mekanizmaları tarafından etkilenmemesi, yıpranmaması, kırılma, yırtılma vb. olaylar meydana getirmemesi için gerekli dayanıklılığı göstermesi istenmektedir. Camın diğer malzemelerden farklı olan mekanik özelliği kalıcı (plastik) deformasyona izin vermeyen bir yapıya sahip olmasıdır. Camın mekanik dayanımı,

yüzeyinde bulunan mikro çatlakların yoğunluğu ve derinliğiyle belirlenmektedir. Bu materyallerin mekanik dayanımlarının güvenilir olması için, üretimden kullanım sonuna kadar yüzey zedelenmelerinden korunmaları gerekmektedir.

Diğer malzemelere göre plastiğin üstünlükleri ise; özgül ağırlıklarının az, ağırlıklarına oranla mukavemetlerinin fazla olması, aşınma ve korozyona dayanıklılığı, genellikle asit, baz ve tuzlardan etkilenmemesi, kolaylıkla renklendirilmesi ve cama göre daha az kırılma olmasıdır. Belirtilen bu üstünlüklere karşın, mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişmesi, kuvvet uygulandığında şekil değiştirmesi, sünme özelliği göstermesi plastiklerin dezavantajlarıdır. Plastik, mekanik özellikleri bakımından esnek deformasyona izin veren bir yapıya sahiptir. Plastiğin mekanik dayanımı gösteren en önemli özellik onun çekme dayanımıdır. Örtü malzemesi olarak plastik film kullanıldığında, mekanik özelliklere etki eden en önemli faktörler UV ışınlar ve montaj şekli olmaktadır. UV ışınlar, plastiğin moleküler yapısını bozarak parçalanma meydana getirmektedir. Günümüzde güneş ışığının UV bölgesindeki ışınları UV-stabilizatörleri yardımıyla azaltılarak örtünün uzun ömürlü olması sağlanabilmektedir.

Sera örtü malzemesi olarak cam malzeme plastiğe göre ışık geçirgenliği yüksek, kırıldığında yıkama ile ışık geçirgenliği iyileştirilen, çevresel(dış) koşullardan az etkilenen, yanıcı olmayan ayrıca UV ışınımına karşı dayanımı yüksek olan bir materyaldir. Bunun yanı sıra ise plastiğin cama göre daha ekonomik, esnek bir yapıya sahip olması, gelişen teknoloji ile içlerine ilave edilen çeşitli katkı maddeleri ile özelliklerinin iyileştirilmeleri önemli avantajlarıdır.

Sonuç olarak; sera örtü malzemelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ile, örtü malzemesinin hem kısa, hem de uzun zaman periyotlarındaki davranışı ortaya çıkabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abak,K., C.Çetin ve Ü.Ertekin, 1986. Düz ve Mat Sera Camlarının Sera İçi Klimatik Değerler İle Önemli Sera Sebzelelerinin Verimi Üzerine Etkisi. Türkiye 3. Seracılık Sempozyumu "bildiriler", Yalova, 85-97.
- Aldrich,R.A., J.W.Bartok, 1989. Greenhouse Engineering. The Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 152 Riley-Robb Hall Cornell University Ithaca, New York 14853, p203.
- Alkan,Z., 1977. Sera Planlama ve İnşa Tekniği. Ege Üniv. Müh.Bil.Fak.Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu, Denizli, 205s.
- Anonim, 2002. İl Tarım ve Kırsal Klakınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi Antalya Tarım Master Planı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Antalya.
- Baille, A., 1989. Greenhouse Microclimate and Its Management in Mild Winter Climates. Acta Hortic., 246:23-37.
- Baytorun, N., 1995. Seralar. Çukurova Üniv.Zir.Fak.Yay.29, Adana, 402s.
- Baytorun,N., A.Baştañçelik, 1993. Seralarda Kullanılan Plastik Örtü Malzemeleri. Tarımda Plastik Kullanımı, 2 Nisan 1993, Antalya
- Baytorun, N., 1988. Dünya ve Ülkemizde Plastik Sera Konstrüksiyonundaki Gelişmeler. 3. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri,20-23 Eylül 1988,İzmir,Cilt II:527-538.
- Briassoulis,D., D.Waaijenberg, J.Gratraud and B.Elsner, 1997a. Mechanical Properties of Covering Materials for Greenhouses, Part I: General Overview. J. of Agric. Eng. Res.,67(2):81-96.
- Briassoulis,D., D.Waaijenberg, J.Gratraud and B.Elsner, 1997b. Mechanical Properties of Covering Materials for Greenhouses, Part II: Quality Assessment. J. of Agric. Eng. Res., 67(3):171-217.
- Cartoğlu,B., 1990. Bahse & Sera Uluslar arası Meyvecilik, Sebzeçilik ve Çiçekçilik Dergisi, Aralık, 1990/1.

- Cemek,B., Y.Demir, S.Uzun, 2005. Effects of Greenhouse Covers on Growth and Yield of Aubergine. *Europ. J. Hort. Sci.*,70(1):16-22.
- Çolak,A., 2002. Sera İçi Kliması ve Otomasyon. *Muğla Üniv.Yay.*,31, Ortaca Meslek Yüksek Okulu Yay.,01, Muğla.
- Çolak, A., A.Şahin, 1995. Örtü Malzemesinin Sera İç Sıcaklığına Etkisi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniv.Zir.Fak.Dergi.*, 32:1
- Filiz,M., 1988. Sera Yapım Tekniği Ders Notları. *Ege Üniv.Zir.Fak.*,İzmir,232s.
- Filiz,M., 2001. Sera İnşası ve Kliması. *Üniversite Kitapları, Akademi Kitabevi*,İzmir,266s.
- Giacomelli,G.A., 1999. Greenhouse Glazings Alternatives Under The Sun: Department of Bioresource Engineering Cook College Rutgers University New Brunswick, New Jersey.
- Günay,A., 1985. Seracılıkta Kullanılan Örtü Malzemeleri ve Karşılaştırılması. *Türkiye Seracılık Sempozyumu Bildirileri*, 1985/2, Ankara,33-46.
- Günay,A., 1994. Alternative Cover Materials and Their Usage in Protected Growing. *Acta Hortic.*,366:99-105.
- Kohlmeier,D., N.Baytorun, 1990. Seralarda Kullanılan Değişik Örtü Malzemesinin Dış İklim Koşullarında Zamana Bağlı Olarak Işık Geçirgenliğinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. *Türkiye V Seracılık Sempozyumu*, 17-19 Ekim 1990,İzmir,35-45.
- Olgun,M., B.Kendirli, M.Y.Çelik, 1997. Yalova İlinde Farklı Özelliklerdeki Seralar İçin Isıtma Gereksinimlerinin Belirlenmesi. *Ank.Üniv.Zir. Fak.Derg.*, 3(3):1-7.
- Öneş,A., 1986. Sera Yapım Tekniği. *Ank.Üniv.Zir.Fak.Yay.*970, Ankara, 123s.
- Özçelik,S., 2000. Sera Örtü Malzemelerinin Mekanik Özellikleri ve Bu Özelliklere Etki Eden Faktörler. *Y.Lisans Tezi, Atatürk Üniv.Fen Bil.Enst.*,Erzurum,82s.
- Papadakis,G., D.Briassoulis, G.S.Mugnozza G.Vox, P.Feuilloley, J.A.Stoffers, 2000. Radiometric and Thermal Properties of, and Testing Methods for, Greenhouse Covering Materials, *J. of Agric.Eng.Res.*,77(1):7-38.
- TSE, 1996. Sera-Terimler ve Tarifler. *Türk Standartları Enstitüsü. ICS 65.040.30,I.Mütalaa*, Ankara,10s.
- Tüzel,Y., A.Gül, H.Y.Daşgan, M.Özgür, N.Özçelik, H.F.Boyacı, A.Ersoy, 2004. Örtüaltı Yetiştiriciliğinde Gelişmeler Özet. *Türkiye Ziraat Müh. V. Teknik Kongresi*, Ankara, CiltII:679-707.
- von Elsner, B., D.Briassoulis, D.Waaijenberg, A.Mistriotis, von Chr.Zabeltitz, J.Gratraud, G.Russo and R.Suay-Cortes, 2000a. Review of Structural and Functional Characteristics in European Union Countries, Part I: Design Requirements. *J. of Agric. Eng. Res.*,75(1):1-16.
- von Elsner,B., D.Briassoulis, D.Waaijenberg, A.Mistriotis, von Chr.Zabeltitz, J.Gratraud, G.Russo and R.Suay-Cortes, 2000b. Review of Structural and Functional Characteristics in European Union Countries, Part I: Design Requirements. *J. of Agric. Eng. Res.*,75(2):111-126.
- Waaijenberg,D., 1988. Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating. *Food and Agriculture Organization of The United Nations, Reur Technical Series 3, Roma, Italy*, p107.
- Yüksel,A.N., 1985. Eski ve Yeni Sera Örtü Malzemeleri. *Hasad Dergisi*, Eylül 1985, 24-28.
- Yüksel,A.N., 1992. Ülkemiz Seracılığının Durumu ve Gelişme Olanakları. *Topraksu. Ocak 1992/1*, 27-29.
- Yüksel,A.N., 2004. *Sera Yapım Tekniği*. Hasad Yayıncılık, ISBN 975-8377-09-4,İstanbul,287s.
- Zabeltitz,C., 1988. Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating. *Food and Agriculture Organization of The United Nations, Reur Technical Series 3, Roma, Italy*, p107.
- Zabeltitz,C., 1992. Technologies For Climate Control In Greenhouses. *Expert Consultation Workshop on Greenhouses in The Antalya Region. Greenhouse Crop Research Institute, Antalya*, p68.