



Araştırma Makalesi/Reserach Article

Farklı Film Kalınlıklı ve Katkı Maddeli Sera Örtü Malzemelerinin Solar Radyasyon Geçirgenliği

Nefise Yasemin Tezcan * 

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya, Türkiye.
*Sorumlu yazar: nytezcan@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi: 22.01.2022

Kabul Tarihi: 15.06.2022

Öz

Bu çalışmada CO-EX teknoloji ile üretilen farklı film kalınlıklı ve katkı maddeli polietilen (PE) sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon ve fotosentetik etkin ışınım (PAR) geçirgenliğindeki değişimler araştırılmıştır. Deneme 270 m² taban alanlı 3 adet serada yürütülmüştür. Seraların örtü materyalleri 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE, 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE ve 200 mikron UV+EVA+IR katkılı PE'dir. Çalışmada 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE, 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE ve 200 mikron UV+EVA+IR katkılı PE sera örtü malzemelerinin başlangıç toplam ışınım geçirgenlik değerlerinin sırasıyla %79,9, %68,3 ve %66,0 olduğu saptanmıştır. Üç aylık bir periyotta sera örtü malzemelerinde geçirgenlik kaybının sırasıyla %9,9, %11,9 ve %13,5 olduğu belirlenmiştir. Çalışmada 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE, 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE ve 200 mikron UV+EVA+IR katkı maddeli polietilen sera örtü malzemelerinin başlangıç PAR geçirgenlik değerleri %71,1, %66,8 ve %64,9 olarak saptanmıştır. Işınım geçirgenliğinin düşük olduğu 200 mikron kalınlıklı PE serada en düşük iç ortam sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polietilen, Global solar radyasyon, PAR, Geçirgenlik, Sıcaklık

Solar Radiation Transmittance of Greenhouse Covering Materials with Different Film Thickness and Additives

Abstract

In this study, changes on global solar radiation and photosynthetically active radiation (PAR) transmittance of polyethylene (PE) greenhouse covering materials with different film layered and additives produced by CO-EX technology was investigated. The research was conducted at three greenhouses with 270 m² floor area. The cover materials of the greenhouses were 180 µm thickness UV+EVA+IR+LD+AF stabilised PE, 160 µm thickness PLUS UV+EVA+IR+LD+AF stabilised PE and 200 µm thickness UV+EVA+IR stabilised PE films. Initial total radiation transmittances were determined as 79.9%, 68.3% and 66.0% for 180 µm thickness UV+EVA+IR+LD+AF stabilised PE, 160 µm thickness PLUS UV+EVA+IR+LD+AF stabilised PE and 200 µm thickness UV+EVA+IR stabilised PE, respectively. The plastic films of 180 µm thickness UV+EVA+IR+LD+AF, 160 µm thickness PLUS UV+EVA+IR+LD+AF and 200 µm thickness UV+EVA+IR PE had losses of total radiation transmittances of 9.9%, 11.9% and 13.5% after 3 months, respectively. Initial PAR transmittances were determined as 71.1%, 66.8% and 64.9% for 180 µm thickness UV+EVA+IR+LD+AF stabilised PE, 160 µm thickness PLUS UV+EVA+IR+LD+AF stabilised PE and 200 µm thickness UV+EVA+IR stabilised PE, respectively. The lowest greenhouse indoor temperature values were obtained from a 200 µm thickness PE greenhouse with low radiation transmittance.

Keywords: Polietilen, Global solar radiation, PAR, Transmittance, Temperature

Giriş

Seralar bitki gelişimi için gerekli olan güneş ışınımı, sıcaklık, nem, havanın CO₂ konsantrasyonu vb. çevre koşullarının kontrollü sağlanabildiği tarımsal yapılardır. Seralarda bitkisel üretim için gerekli uygun mikro klimanın oluşturulmasında örtü malzemesi önemli bir yapı elemanı olmaktadır. Örtü malzemesi sera iç ve dış atmosfer koşullarını birbirinden ayırarak hem bu mikro klimayı sağlamakta hem de bitkileri olumsuz dış atmosfer koşullarından (rüzgâr, kar, yağmur, dolu vb.) korumaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de plastik sera alanları cam sera alanlarına göre daha fazla yer kaplamaktadır. Plastik sera alanlarının daha fazla yer kaplamasında plastik örtü malzemesinin boyutlarının cam panellere göre daha büyük olması böylece geniş açıklıkların kapatılabilmesine olanak sağlaması, plastik sera konstrüksiyonunun daha az yoğunlukta yapı elemanı



ile inşaatının yapılabilmesi böylece ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması, gelişen teknoloji ile polietilen sera örtü malzemesinin birçok olumsuz özelliğinin giderilmesi ve ucuz olması gibi faktörler sıralanabilir.

Türkiye'de 2020 yılı toplam sera alanı 482 574 da olup bu alanın 401 795 (%83,2) dekarı plastik seralar 80 779 (%16,8) dekarı cam seralardan oluşmaktadır (TUİK 2021). Yumuşak plastik sera örtü malzemeli seralarda genellikle polietilen (PE) malzeme kullanımı yaygındır (Briassoulis ve ark., 1997). PE malzeme düşük yoğunluklu (910-925 kg m⁻³) polietilen (LDPE) sınıfında olup oldukça iyi fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra ucuz olması ile günümüzde hala yaygın olarak kullanılan plastik gurubu olmaktadır (Giacomelli, 1999; Dilara ve Briassoulis, 2000). Gelişen teknolojinin sağladığı avantajlar ile mono teknoloji ile üretilen sera plastiğinin yerini CO-EX teknoloji almış bu teknoloji ile film kalınlığının ve üretim aşamasında kullanılan katkı maddelerinin daha üniform yayılımı sağlanmaktadır. CO-EX teknoloji ile üretilen sera plastiğinde UV katkısı (ömür), IR katkısı (ısı korunumu), EVA katkısı (esneklik), AF katkısı (damlama), AT katkısı (elektrostatik), LD katkısı (ışık difüzyonu) gibi birçok katkı maddesi üretim aşamasında daha üniform bir şekilde plastiğe uygulanabilmektedir. Sera plastiği için dikkate alınması gerekli en önemli optik özellikler malzemenin güneşin farklı dalga boylarında göstermiş olduğu performans ile malzemenin ısıl geçirgenlik değeridir. Sera içine ulaşan ışınımда örtü materyalinin farklı dalga boyundaki geçirgenliğinin yanı sıra sera yapı tasarımı, çatı eğim açısı, seraların uzun eksenine göre yönlendirme durumu vb. faktörler sıralanabilir. Kaplama malzemesinin farklı dalga bandındaki geçirgenlik değerleri gerek aynı özelliğe sahip gerekse farklı özellikli filmlerin performanslarını değerlendirmede önemlidir. Çünkü ışınım geçirgenliğindeki farklılıklar bitkisel üretim üzerinde önemli etkiye sahip olabilmektedir (Papadakis ve ark., 2000). Sera örtü malzemesinin farklı dalga boyundaki geçirgenlik özellikleri sera iç ortam mikro klimasını etkilemektedir (von Elsner ve ark., 2000). Sera örtü materyalinin ışınım geçirgenliğini ise malzeme üzerindeki kirlilik, yaşlanma, yoğunlaşma, malzeme kalınlığı, malzeme içindeki katkı maddeleri, sera yönü vb. birçok faktör etkilemektedir (von Elsner ve ark., 2000; Baxevanou ve ark., 2007). Bu faktörlerden özellikle kirlenme ve örtü malzemesinin iç yüzeyinde meydana gelen yoğunlaşma ışınım kayıplarını etkileyen başlıca faktörlerdir (Papadakis ve ark., 2000). Baytorun ve Başçetinçelik (1993) çalışmasında farklı katkı maddeleri içeren PE filmlerin ışınım geçirgenliğinin %84 ile %92 arasında değiştiğini bildirmiştir. Papadakis ve ark. (2000), çalışmasında tek kat PE filmlerin ışınım geçirgenliğini %70 ile %95 arasında değiştiğini belirtmiştir. Mastekbayeva ve Kumar (2000), 200 mikron UV PE sera örtü malzemesinin ışınım geçirgenliğinin 30 günlük periyotta toz birikimine bağlı olarak %87,9'dan %75,8'e düştüğünü bildirmiştir. Bu çalışmada farklı film kalınlıklı ve katkı maddeleri içeren polietilen sera örtü materyallerinin toplam ışınım ve PAR geçirgenliği ile ortam mikro klima koşulları araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma seraları ve sera örtü malzemeleri

Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisine inşa edilen 270 m² taban alanlı 3 adet yay çatılı plastik serada yürütülmüştür (Şekil 1). Seraların genişliği 10.0 m, uzunluğu 27.0 m, oluk altı yüksekliği 3.0 m, mahya yüksekliği 4.5 m olup uzun eksenini kuzey-güney yönünde yerleştirilmiştir. Seralarda konstrüksiyonunu oluşturan yapı elamanları galvanizli çelik ve alüminyum profillerdir. Sera yan duvar uzunluğu boyunca kolonlar arası mesafe 3 m olup çatı makası ile bir bütünlük oluşturmaktadır. Seraya giriş ve çıkışı sağlayan kapılar 2×3 m boyutlarında sürgülü tipte olup her bir serada 1 adet bulunmaktadır. Seralarda havalandırma doğal havalandırma şeklinde uygulanmakta havalandırma kapakları hem çatı hem de yan duvarlarda yer almaktadır. Doğal havalandırılmalı seralarda toplam pencere açıklık oranının (yan+çatı duvar) sera taban alanına oranı %40 olarak planlanmıştır.



Şekil 1. Deneme alanı araştırma seraları
Figure 1. Research greenhouses in the trial area

Araştırma seralarında CO-EX teknoloji ile üretilmiş katmanlı 3 farklı sera örtü malzemesi kullanılmıştır. Örtü malzemelerinin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemeleri
Table 1. Greenhouse cover materials used in the research

Örtü tipi	Örtü malzemesinin özelliği
Örtü 1	CO-EX 180 mikron kalınlıklı 36 aylık UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE
Örtü 2	CO-EX 160 mikron kalınlıklı 36 aylık PLUS UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE (PLUS UV standart bir sera UV katkı maddesine göre UV ışınımını biraz daha sera içine aktaran katkı maddesidir)
Örtü 3	CO-EX 200 mikron kalınlıklı 36 aylık UV+IR+LD+EVA katkılı

Örtü malzemelerinin farklı dalga boyunda geçirgenliklerinin belirlenmesi

Araştırmada sera örtü materyallerinin toplam ışınım ve PAR dalga boyunda geçirgenlik değerleri araştırılmıştır. Toplam ışınım geçirgenliğini belirlemede 300-2800 nm dalga boyuna duyarlı Kipp&Zonen marka 4 adet piranometre (hassasiyeti $5-20 \mu\text{V W}^{-1}\text{m}^{-2}$) PAR geçirgenliğini belirlemede ise 400-700 nm dalga boyuna duyarlı Kipp&Zonen marka 4 adet quantum algılayıcısı (hassasiyeti $4-10 \mu\text{V } \mu\text{mol}^{-1} \text{m}^{-2}$) kullanılmıştır. Piranometre ve quantum algılayıcılarının 3 adedi seraların içerisine 1 adedi ise dış atmosfer koşullarına (meteoroloji alet siperinin üstüne) yerleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Piranometre, Quantum algılayıcıları ile sıcaklık-nem sensörlerinin sera içi ve dışındaki konumları
Figure 2. Positions of pyranometer, quantum sensors and temperature-humidity sensors inside and outside the greenhouse



Sera içerisine yerleştirilen piranometre ve quantum algılayıcıları konstrüksiyonu oluşturan profillerin gölgeleme etkisinden etkilenmeyecek şekilde seranın orta noktasına gelecek şekilde 2.0 m yüksekliğindeki sehpa üzerine tesviyeli bir şekilde yerleştirilmiştir (Kittas ve ark., 2006) (Şekil 2). Denemede PE sera örtü malzemelerinin farklı dalga boylarındaki toplam ışınım ve PAR geçirgenlik değerleri aşağıda verilen eşitliklerle belirlenmiştir (Kittas ve ark., 1999).

$$\tau_T = \frac{T_i}{T_o} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte; τ_T : Sera örtü malzemesinin toplam ışınım geçirgenliği (%), T_i : Örtü malzemesinden geçerek seraya ulaşan ışınım ($W m^{-2}$), T_o : Dış ortama ulaşan ışınım ($W m^{-2}$).

$$\tau_P = \frac{P_i}{P_o} \times 100 \quad (2)$$

Eşitlikte; τ_P : Sera örtü malzemesinin PAR geçirgenliği (%), P_i : Örtü malzemesinden geçerek sera içine ulaşan PAR ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$), P_o : Sera dışına ulaşan PAR ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$).

Çalışma kapsamında farklı film kalınlıklı ve katkı maddeli PE sera örtü malzemelerinin farklı dalga boyundaki ışınım geçirgenliği saat 06:00-18:00 zaman aralığı dikkate alınarak açık gökyüzü koşulları için belirlenmiştir (Geoola ve ark., 1998; Geoola ve ark., 2004; Kittas ve ark., 2006). Çalışmada deneme süresi boyunca piranometre ve quantum algılayıcılarından sağlıklı verilerin alındığı güneşli günleri temsil eden 5 açık gün belirlenmiştir. Anılan günler için sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenlik yüzdeleri belirlenmiş bu günlerin ortalaması ise hesaplanan ay için geçirgenlik değeri olarak kabul edilmiştir (Cemek ve Demir, 2005; Emekli ve ark., 2016). Araştırma kapsamında farklı film kalınlıklı PE sera örtü malzemelerinin zamana bağlı olarak gerçekleşen ışınım geçirgenlik kayıpları Geoola ve ark. (1994) ile Geoola ve ark. (2004)'na göre hesaplanmıştır.

$$\text{Geçirgenlik Kaybı} = \left(\frac{T_{yeni} - T}{T_{yeni}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Eşitlikte; T_{yeni} : Yeni örtü malzemesinin ışınım geçirgenliği (%), T : Belli bir zaman periyodundan sonraki örtünün ışınım geçirgenliği (%).

Seralarda ortam iklimi

Çalışmada farklı film kalınlıklı sera örtü malzemelerinin ortam mikro iklimi üzerine etkilerini belirlemek için -10 °C ile $+50$ °C arası sıcaklıkta ve %0 - %100 arası bağıl nemde ölçüm yapabilen 4 adet sıcaklık ve nem algılayıcıları kullanılmıştır. Algılayıcıların 3 adedi seraların içerisine diğeri ise dış ortam koşullarına (meteoroloji alet siperinin içerisine) yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve nem algılayıcıları sera içerisinde konstrüksiyonu oluşturan profillerin gölgeleme etkisinden etkilenmeyecek şekilde seranın orta noktasına 1.5 m yüksekliğindeki sehpaların ayağına yerleştirilmiştir (Barroso ve ark., 1999) (Şekil 2). Farklı film kalınlıklı ve katkı maddeli filmlerin aylık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık ve nem değerleri örtülerin toplam ışınım ve PAR geçirgenlik değerlerini belirlemek amacıyla seçilen güneşli günler için (24 saatlik zaman periyodu) belirlenmiştir.

Veri kayıt cihazı

Çalışmada piranometre ve quantum algılayıcılarından her 10 dakikada bir alınan verilerin kaydedilmesinde 15/60 analog kanal ve 128.000 okuma hafızası olan Delta-T Devices marka DL2e veri kayıt cihazı kullanılmıştır. Veri kayıt cihazının toplam ışınım ve PAR algılayıcılarından her 30 dakikada veri alımı sağlanacak şekilde programlanması yapılmıştır. Çalışmada sıcaklık ve nem algılayıcılarının da benzer şekilde (30 dakika) kayıt yapması sağlanacak şekilde programlanması sağlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon ve PAR geçirgenliği

Farklı film kalınlıklı ve katkı maddeli PE sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon geçirgenliğinin Ekim 2021-Aralık 2021 süresince değişim ortalamaları Çizelge 2'de verilmiştir.

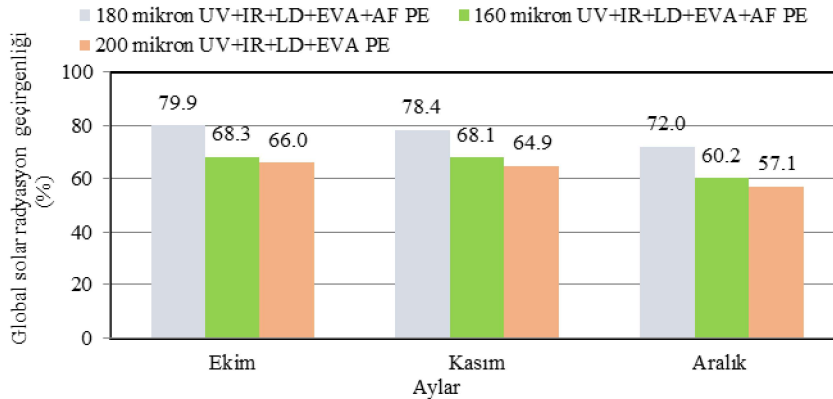


Çizelge 2. Farklı film kalınlıklı PE sera örtü malzemelerinin aylık ortalama global solar radyasyon geçirgenliği
Table 2. Monthly average global solar radiation transmittance of PE greenhouse cover materials with different film thicknesses

Aylar	Sera iç ortam ışınlam değerleri ($W m^{-2}$)			Dış ortam ışınlam ($W m^{-2}$)
	180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE	160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE	200 mikron UV+IR+LD+EVA PE	
Ekim	321.7*	275.1	265.7	402.6
Kasım	266.8	231.7	220.9	340.4
Aralık	156.9	165.5	175.3	275.0

*Tablodaki değerler seçilen 5 açık gün ortalamasıdır

Çizelge 2'de güneş ışınlarının geliş açısı, film kalınlığının ve kullanılan katkı maddelerinin PE sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon geçirgenliğini aylar itibariyle etkilediği görülmektedir. Çalışma kapsamında 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE filmin global solar radyasyon geçirgenliğinin 156.9 ile 321.7 $W m^{-2}$, 160 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE filmin 165.5 ile 275.1 $W m^{-2}$ ve 200 mikron UV+IR+LD+EVA PE malzemenin ise 175.3 ile 265.7 $W m^{-2}$ arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada sera dış ortama ulaşan solar radyasyon enerjisinin ise 275.0 ile 402.6 $W m^{-2}$ arasında değiştiği en düşük dış ortam global solar radyasyonun aralık ayında en fazla dış ortam global solar radyasyonun ise Ekim ayında gerçekleştiği belirlenmiştir.



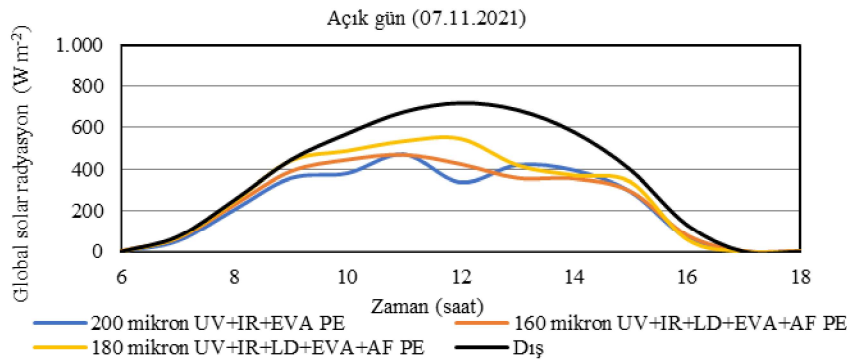
Şekil 3. Farklı film kalınlıklı PE sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon geçirgenliği (%)

Figure 3. Global solar radiation transmittance (%) of PE greenhouse cover materials with different film thicknesses

Şekil 3'de görüldüğü gibi deneme süresi boyunca en yüksek global solar radyasyon geçirgenliğini 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE film en düşük global solar radyasyon geçirgenliğini ise 200 mikron UV+IR+LD+EVA PE film göstermiştir. Sera örtü malzemelerinin başlangıç global solar radyasyon geçirgenliğindeki farklılıkta filmlerin kalınlığının etkili olduğu söylenebilir. Filmin kalınlığına bağlı olarak ışınlamın aldığı yol artmaktadır. Diğer iki sera örtü malzemesinde ise 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE serada 160 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE seraya göre daha yüksek global solar radyasyon değerlerinin elde edilmesinde malzemenin UV katkı maddesine bağlı olarak (formülasyonu, kullanılan UV katkı maddesinin özelliği) kısa dalga boylu ışınları daha fazla geçirmesi ile ilgili olduğu söylenebilir. Çalışmada 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE, 160 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE ve 200 mikron UV+IR+LD+EVA PE filmlerin başlangıç global solar radyasyon geçirgenlik değerleri (Ekim ayı) 3 aylık kullanım periyodunun sonunda tozlanma, kirlilik, yaşlanma vb. çevresel faktörlerle sırası ile %9,9, %11,9 ve



%13,5 oranında azaldığı belirlenmiştir (Eşitlik 3). Geoola ve ark., (2004) İsrail ekolojik koşullarında 140 mikron CO-EX UV+IR ve UV+IR+AF katkı maddeli polietilen sera örtü malzemesinin global toplam solar radyasyon geçirgenliğinin örtü malzemesinin dış yüzeyinde biriken toz ve kirlenme etkisiyle 3 aylık bir sürede yaklaşık % 9,3 ve % 10,4 oranında düşüş olduğunu bildirmiştir. Al-Helal ve Alhamdan (2009) 200 mikron kalınlıklı PE filmin toplam ışınım ve PAR geçirgenliğini araştırdığı çalışmada 3 aylık bir sürede global toplam solar radyasyon ve PAR kaybının tozlanma ve kirlenmeye bağlı olarak sırasıyla %9,0 ve % 15,3 oranında azaldığını bildirmiştir. Emekli ve ark. (2016) 175 mikron kalınlıklı 24 aylık CO-EX UV+IR+ EVA ve CO-EX UV+IR+EVA+AF katkılı PE sera örtü malzemelerinin başlangıç toplam ışınım geçirgenlik değerlerini sırasıyla %92,7 ve %83,6 olarak saptamış örtünün kullanım ömrünün bitiminde (24. ayın sonunda) toz, kirlilik, nem yoğunlaşma durumu ve yaşlanmaya bağlı olarak ışınım geçirgenliğinin sırasıyla %7,3 ve %13,2 oranında azaldığını bildirmiştir. Çalışmadan elde edilen bulguların literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir. Sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenliğini kalınlığın ve içerdiği katkı maddelerin etkilediği görülmektedir. Farklı film kalınlıklı PE sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon geçirgenliği günün saatine bağlı olarak değişmekte olup öğle saatlerinde pik yapmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı sera örtü malzemelerinin güneşli gün için global solar radyasyon geçirgenliğinin günün saatine bağlı değişimi (Kasım ayından örnek bir gün)

Figure 4. Time of day variation of global solar radiation transmittance of different greenhouse cover materials for a sunny day (sample day from November)

Farklı film kalınlıklı ve katkı maddeli PE sera örtü malzemelerinin 400-700 nm dalga bandındaki PAR geçirgenliğinin değişim ortalamaları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı film kalınlıklı PE sera örtü malzemelerinin aylık ortalama PAR geçirgenliği

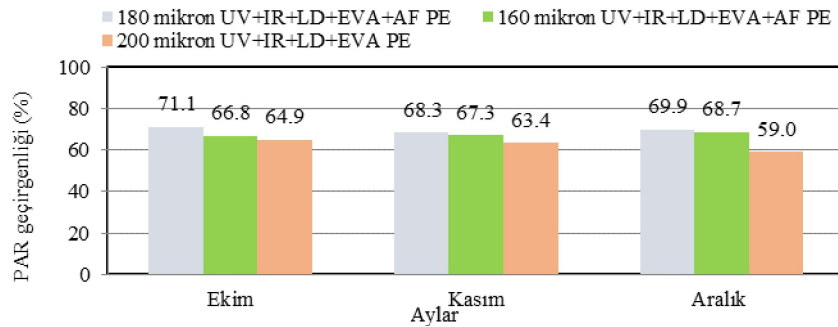
Table 3. Average monthly PAR transmittance of PE greenhouse cover materials with different film thicknesses

Aylar	Sera iç ortam PAR değerleri ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			Dış ortam PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
	180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE	160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE	200 mikron UV+IR+LD+EVA PE	
Ekim	248.0	233.0	226.3	348.6
Kasım	196.3	193.6	182.4	287.5
Aralık	121.6	144.1	140.0	206.3

*Tablodaki değerler seçilen 5 açık gün ortalamasıdır

Polietilen sera örtü materyallerinin PAR geçirgenliğini toplam ışınım bulgularında olduğu gibi güneş ışınlarının geliş açısı, film kalınlığı ve katkı maddelerinin etkilediği görülmektedir (Çizelge 3). Çalışma kapsamında 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE filmin PAR geçirgenliğinin 121.6 ile 248.0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 160 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE filmin 144.1 ile 233.0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve 200 mikron UV+EVA+IR PE filmin ise 140.0 ile 226.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır. Sera dış ortama ulaşan PAR ışınımının ise 206.3 ile 348.6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ arasında değiştiği en düşük dış

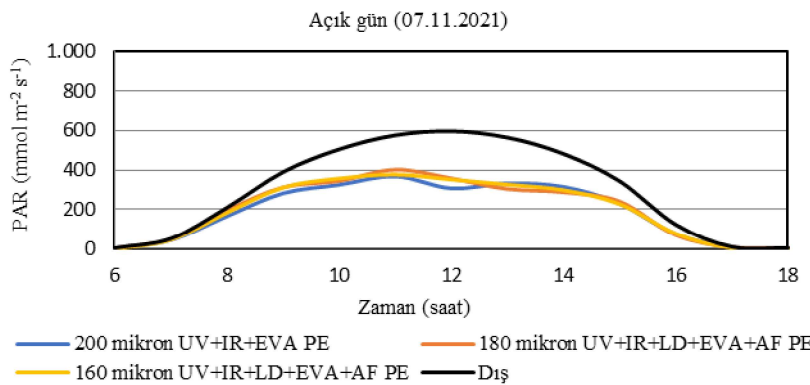
ortam PAR ışınımının aralık ayında en fazla dış ortam PAR ışınımının ise Ekim ayında gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 5. Farklı PE sera örtü malzemelerinin PAR geçirgenliği (%)

Figure 5. PAR transmittance (%) of different PE greenhouse cover materials

Farklı film kalınlıklı ve katkı maddeli polietilen sera örtü materyallerinin PAR geçirgenliği (%) ile zamana bağlı PAR geçirgenliğindeki kayıplar (%) Şekil 5'de gösterilmiştir. Deneme süresi boyunca en yüksek PAR geçirgenliğini 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE film en düşük PAR geçirgenliğini ise 200 mikron UV+IR+LD+EVA PE film göstermiştir (Şekil 5). 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE ve 200 mikron UV+IR+LD+EVA PE filmlerin başlangıç PAR geçirgenlik değerleri (Ekim ayı) 3 aylık bir periyodunun sonunda toz, kirlilik, yaşlanma vb. çevre koşullarının etkisiyle sırası ile %1,7 ve %9,1 oranında azaldığı belirlenmiştir (Eşitlik 3). 160 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE serada ise başlangıç değerine göre zamanla çevre koşullarının etkisiyle bir kayıp meydana gelmemiştir. Papadakis ve ark. (2000) sera örtü malzemelerinin toplam global solar radyasyon, PAR ve uzun dalga bandındaki geçirgenlik değerlerinin önemli olduğunu ve iyi bir sera örtüsünün özellikle PAR spektrumunda yüksek geçirgenliğe sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Mashonjowa ve ark. (2010) çalışmasında 250 mikron kalınlıklı UV katkı PE filmin PAR geçirgenliğini %75 olarak belirlemiştir. Elde edilen bulgular ve literatüre göre film kalınlığı ve katkı maddelerinin PE malzemenin PAR geçirgenliğini etkilediği söylenebilir. Katkı maddesi arttıkça filmlerin geçirgenlikleri etkilenmektedir. İyi bir sera örtü malzemesinde ise PAR geçirgenliğini önemli olup 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE filmin diğer PE sera örtü malzemelerine göre daha yüksek geçirgenliği göstermiştir. Farklı film kalınlıklı PE sera örtü malzemelerinin güneşli bir günde PAR geçirgenliği sabah saatlerinden öğlene doğru artan öğlen saatlerinden akşama doğru azalan bir eğri şeklindedir (Şekil 6).



Şekil 6. Farklı sera örtü malzemelerinin güneşli gün için PAR geçirgenliğinin günün saatine bağlı değişimi (Kasım ayından örnek bir gün)

Figure 6. Time of day variation of PAR transmittance of different greenhouse cover materials for a sunny day (sample day from November)



Seralarda ortam mikrokliması

Farklı özellikli polietilen sera örtü materyalleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilen sera iç ve dış ortam sıcaklık ölçüm değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Deneme seralarında sera iç ve dış ortam sıcaklık değerleri
Table 4. Inside and outside temperatures in trial greenhouses

Ay	Sera iç ortam sıcaklık (°C)									Dış ortam sıcaklık (°C)		
	180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE			160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE			200 mikron UV+EVA+IR PE			Min	Maks	Ort
	Min	Maks	Ort	Min	Maks	Ort	Min	Maks	Ort			
Ekim	11.1*	35.1	22.3	11.9	36.3	22.7	12.1	35.8	22.3	12.5	29.1	20.4
Kasım	9.3	37.8	20.0	10.1	39.3	20.4	10.0	36.6	19.7	10.4	30.6	18.6
Aralık	1.4	32.6	11.8	1.5	33.6	12.1	1.3	29.4	11.2	4.2	19.0	9.4

*Tablodaki değerler seçilen 5 açık gün ortalamasıdır

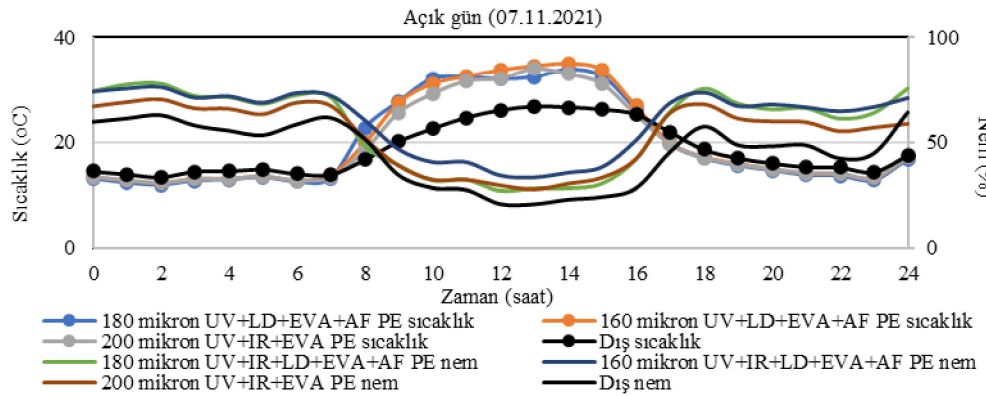
Araştırma seralarında sera iç ortam sıcaklığında ortalama sıcaklık değerlerinin tüm aylarda sera etkisiyle dış ortam sıcaklığından yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Sera iç ortam ortalama sıcaklık değeri 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE seralarda 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE ve 200 mikron UV+EVA+IR PE seralara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. En düşük sıcaklık değerleri 200 mikron kalınlıklı PE seradan elde edilmiştir. Nitekim 200 mikron kalınlıklı PE sera örtü malzemesinin ışınım geçirgenliği de diğer sera örtü malzemelerinden düşüktür (Şekil 3 ve Şekil 5). Bununla birlikte 200 mikron UV+EVA+IR PE sera örtü malzemesinde diğer sera örtü malzemelerine göre LD ve AF katkı maddesi bulunmamaktadır. LD katkı maddesinin ışık difüzyonu sağladığı dikkate alınırsa bu örtüde ışınım geçirgenliğinin düşük olmasının yanı sıra LD katkı maddesinin de bulunmamasının düşük sıcaklık değerinde etkili olabileceği söylenebilir. Cemek ve ark. (2005) denemelerinde IR+PE sera örtü malzemesinde ortalama sıcaklık (gündüz sıcaklığı) değerinin 1999, 2000 ve 2001 yılları için 29.1 °C ile 30.4 °C arasında değiştiğini ortalama gündüz sıcaklığının ise 29.8 °C olduğunu belirtmiştir. Cemek ve ark. (2006) çalışmalarında IR+PE sera örtü malzemesinde Kasım ve aralık aylarında ortalama sera iç ortam sıcaklık değerini 20.8 °C ve 18.2 °C olarak belirlemiştir. Sera iç ve dış ortam bağıl nem ölçüm değerlerinin deneme süresi boyunca aylık değişimi Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Deneme seralarında sera iç ve dış ortam bağıl nem değerleri
Table 5. Inside and outside relative humidities in trial greenhouses

Ay	Sera iç ortam bağıl nem (%)									Dış ortam bağıl nem (%)		
	180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE			160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE			200 mikron UV+EVA+IR PE			Min	Maks	Ort
	Min	Maks	Ort	Min	Maks	Ort	Min	Maks	Ort			
Ekim	24.3	99.9	61.3	15.3	99.9	54.8	17.7	75.3	48.7	26.3	83.4	56.0
Kasım	19.2	99.9	56.6	26.5	96.1	60.0	18.4	99.0	53.1	12.9	99.9	44.3
Aralık	40.3	99.9	86.3	41.8	99.9	86.8	37.5	99.9	82.7	18.7	99.9	54.9

*Tablodaki değerler seçilen 5 açık gün ortalamasıdır

Çalışmada ortalama bağıl nem değerleri dikkate alındığında en yüksek bağıl nem değerleri Ekim ayı hariç Kasım ve aralık aylarında 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE serada belirlenmiştir (Çizelge 5). Bunu sırası ile 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE ve 200 mikron UV+IR+EVA PE sera takip etmiştir. Denemede en yüksek bağıl nem değerleri bütün örtü tiplerinde aralık ayında elde edilmiştir. En düşük nem değerleri ise 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE ve 200 mikron UV+IR+EVA PE serada Ekim ayında 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE serada ise Kasım ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 7. Farklı sera örtü malzemelerinin tipik bir sonbahar gününde günlük saatlik ortalama sıcaklık ve nem değerlerinin zamana bağlı değişimi

Figure 7. Time of day variation of daily hourly average temperature and humidity values of different greenhouse cover materials on a typical autumn day

Sonuç

Araştırma kapsamında sera örtü malzemesi üretiminde mono teknolojinin yerini almış PC kontrol ve otomasyonlu son teknoloji olan CO-EX çok katlı sera örtü malzemesi üretim yöntemi ile üretilen 36 aylık CO-EX 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE, CO-EX 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE ve CO-EX 200 mikron UV+EVA+IR PE sera örtü malzemelerinin global solar radyasyon ve PAR geçirgenliğinin zamana bağlı değişimi ile sera iç ortam mikro kliması üzerine etkisi araştırılmıştır. Sera örtü malzemesinin seçimine birçok faktör (global solar radyasyon geçirgenliği, PAR geçirgenliği, UV geçirgenliği, yaşlanma özellikleri, mekanik özellikleri, ekonomi vb.) etki etmektedir (Waaijenberg, 1989; Zabeltitz, 2011). İyi bir sera örtü malzemesinde PAR bölgesinde maksimum geçirgenlik istenmektedir. Dolayısıyla çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF katkılı PE sera örtü malzemesinin bitkisel üretim için daha uygun olacağı söylenebilir. Bununla birlikte çalışmada film kalınlığının PE sera örtü malzemesinin ışınım geçirgenliğini azalttığı belirlenmiştir. Nitekim PAR geçirgenliğinde 200 mikron kalınlıklı UV+IR+EVA PE serada 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE seraya göre 3 aylık periyotta geçirgenlik farkı %4,9 ile %10,9 arasında değişmektedir.

Çalışmada en düşük sıcaklık değerleri 200 mikron kalınlıklı CO-EX UV+EVA+IR PE sera örtü malzemesinden elde edilmiştir. Nitekim bu örtü malzemesinin toplam ışınım ve PAR geçirgenlik değerleri de deneme süresince 180 mikron UV+EVA+IR+LD+AF PE ve 160 mikron PLUS UV+EVA+IR+LD+AF PE örtü malzemelerine göre düşüktür. Ülkemizde özellikle güz ve tek ürün yetiştiriciliğinde serada fide dikiminin ağustos ayı sonları Eylül ayı ortalarında yapılmaktadır. Kasım ve aralık aylarında ise çiçeklenme, meyve gelişimi ve ilk hasatların başladığı söylenebilir. Bu dönemlerde ayrıca ürün fiyatı yükselmekte olup ürün kalitesi fiyat üzerinde önemli olmaktadır. Güneş ışınlarının geliş açısının ise bu aylarda azalması sıcaklıkların düşmesi ve seralarda dondan koruma amaçlı ısıtma yapıldığı dikkate alınır serada sera örtü malzemesinin özellikleri önem arz etmektedir. Bu nedenle özellikle kullanılacak örtü malzemesinin seçiminde PAR geçirgenliği dikkate alınmalıdır. Bu durum hem ülke ekonomisine hem de çiftçi gelirine olumlu etki yapacağı söylenebilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Araştırmacının katkı oranı yüzde yüz (%100) olarak tanımlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışma kapsamında araştırmacının herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Al-Helal, I.M., Alhamdan, A.M., 2009. Effect of arid environment on radiative properties of greenhouse polyethylene cover. Solar Energy. 83 (6): 790-798.



- Anonim, 2021. Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara.
- Barroso, M.R., Meneses, J.F. and Mexia, J.T., 1999. Comparison between greenhouse type, and their effects on two lettuce cultivars yield, and botrytis incidence. *Acta Horticulturae*. 491: 137-142.
- Baytorun, N.A., Başçetinçelik, A., 1993. Seralarda Kullanılan Plastik Örtü Malzemeleri. Tarımda Plastik Kullanımı Konulu Panel. Antalya.
- Baxevanou, C., Bartzanas, T., Fidaros, D. and Kittas, C., 2007. Solar radiation distribution in a tunnel greenhouse. *Acta Horticulturae*. 801: 855-862.
- Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Gratraud, J. and von Elsner, B., 1997. Mechanical properties of covering materials for greenhouses, Part I: A general overview. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 67 (2): 1-81.
- Cemek, B., Demir, Y., 2005. Testing of the condensation characteristics and light transmissions of different plastic film covering materials. *Polymer Testing*. 24 (3): 269-404.
- Cemek, B., Demir, Y., Uzun, S., Ceyhan, V., 2006. The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine. *Energy*. 31 (12): 1780–1788.
- Dilara, P.A., Briassoulis, D., 2000. Degradation and stabilization of low-density polyethylene films used as greenhouse covering materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 76 (4): 309-321.
- Emekli, N.Y., Büyüктаş, K., Başçetinçelik, A., 2016. Changes of the light transmittance of the LDPE films during the service life for greenhouse application. *Journal of Building Engineering*. 6: 126-132.
- Geoola, F., Peiper, U.M., Geoola, F., 1994. Outdoor testing of the condensation characteristics of plastic film covering materials using a model greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 57 (3): 167-172.
- Geoola, F., Kashti, Y. and Peiper, U.M., 1998. A model greenhouse for testing the role of condensation, dust and dirt on the solar radiation transmissivity of greenhouse cladding materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 71 (4): 339-346.
- Geoola, F., Kashti, Y., Levi, A., Brickman, R., 2004. Quality evaluation of anti-drop properties of greenhouse cladding materials. *Polymer Testing*. 23 (7): 755-761.
- Giacomelli, G.A., 1999. Greenhouse glazings alternatives under the sun. Department of Bioresource Engineering Cook College Rutgers University. New Brunswick. New Jersey.
- Kittas, C., Baille, A., Giaglaras, P., 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 73(4): 341-351.
- Kittas, C., Tchamitchian, M., Katsoulas, N., Karaiskou, P., Papaioannou Ch., 2006. Effect of two UV absorbing greenhouse covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. *Scientia Horticulturae*. 110 (1): 30-37.
- Mashonjowa, E., Ronsse, F., Mhizha, T., Milford, J.R., Lemeur, R., Pieters, J.G., 2010. The effects of whitening and dust accumulation on the microclimate and canopy behaviour of rose plants (*Rosa hybrida*) in a greenhouse in Zimbabwe. *Solar Energy*. 84: 10-23.
- Mastekbayeva, G.A., Kumar, S., 2000. Effect of dust on the transmittance of low density polyethylene glazing in a tropical climate. *Solar energy*. 68 (2): 135-141.
- Papadakis, G., Briassoulis, D., Mugnozsa, G.S., Vox, G., Feuilloley, P., Stoffers, J.A., 2000. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 77 (1): 7-38.
- von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., Von Zabeltitz, C., Gratraud, J., Russo, G., Suay-Cortes, R., 2000. Review of structural and functional characteristics in European Union countries, Part I: Design requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 75 (1): 1-16.
- Waaijenberg, D., 1989. Standard For Film-Covered Greenhouses. Engineering and Economic Aspects of Energy Saving in Protected Cultivation. *Acta Horticulturae*. 245: 78-85.
- Zabeltitz, C., 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates. Springer Heidelberg Dordrecht. London, New York. pp 374.