

Seraya Giren Faydalı Işınım Enerjisini Hesaplamak İçin Bir Yöntem - II

Vedat DEMİR¹

Abdülkadir YAĞCIOĞLU²

Tuncay GÜNHAN³

Summary

A Computation Procedure for Estimating the Effective Transmitted Sun Radiation into the Greenhouse - Part II

The quantity of radiation in the greenhouses is the most important limiting factor for growing of plants. The quantity of this radiation mainly depends on the solar geometry and the structural components of the greenhouse. In this study, a model for estimating the transmitted direct and diffuse sun radiation inside a greenhouse which includes all factors mentioned above has been developed and also a computer code for simplifying the calculations has been written. This model has two modules. In first module, the quantity of transmitted radiation into the greenhouse has been calculated. In second module, the distribution of the transmitted radiation in the greenhouse has been analysed.

Key Words: Greenhouse, transmitted radiation, estimating PAR

Giriş

Sera içine giren ve bitkilere ulaşan ışınım seranın yapım özelliklerine, dünya üzerindeki konumuna ve bölgenin meteorolojik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, sera içine ulaşan günlük toplam ışınımına bağlı ısı kazancı ve fotosentetik aktif radyasyon (PAR) enerjisi ile yetiştirilecek bitkinin PAR gereksinimi bilinmeden, bir bölgenin seracılık açısından uygun olup olmadığı ve serada hangi bitkilerin yetiştirilebileceği konusunda doğru kararlar verilemez.

Bu çalışmada, sera içine girebilecek faydalı güneş enerjisini tahmin etmeyi sağlayacak bir hesaplama yöntemi geliştirilmeye çalışılmış

¹ Yrd.Doç.Dr. E.Ü.Z.F. Tarım Makineleri Bölümü, Bornova, demir@ziraat.ege.edu.tr

² Prof.Dr. E.Ü.Z.F. Tarım Makineleri Bölümü, Bornova

³ Arş.Gör. E.Ü.Z.F. Tarım Makineleri Bölümü, Bornova

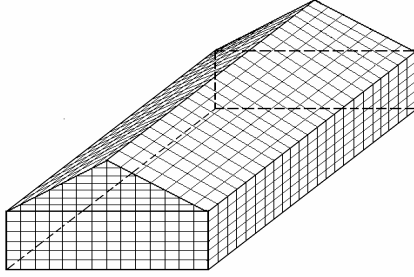
ve bu yöntemin gerektirdiği hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla bir bilgisayar programı yazılmıştır. Geliştirilen hesaplama yöntemi, birbirini tamamlayan iki ayrı bölüm şeklinde hazırlanan yayınlara tanıtılmaya çalışılmıştır. Birinci bölümde, sera yüzeylerine ulaşan ve örtüden geçen ışının hesaplanması için geliştirilen modeller incelenmiş ve bu çalışmada uygulanan mantık, kullanılan eşitlikler ve işlem adımları tanıtılmıştır (Manbeck and Aldrich (1967), Başçetinçelik (1981), Bowman (1970), Amsen (1985), Critten (1984, 1985, 1986, 1987, 1989, 1993), Critten and Legg (1987), Gueymard (1989), Baille and Baille (1990), He et al. (1990, 1991), Kurata (1990), De Zwart (1993), Li et al. (1995), Al-Shooshan (1997) ve Wang and Boulard (2000). İkinci bölümü oluşturan bu makalede seranın içine giren ışının sera içinde kalan bölümünü belirlemek için yapılan analizler ve seranın toplam faydalı ışınım enerjisi kazancının hesaplanması için izlenen yol açıklanmıştır.

Yöntem

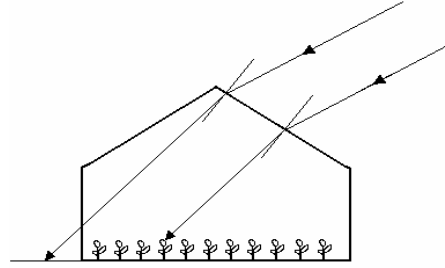
Sera örtü malzemesinden geçerek içeri giren ışının tümü, sera içinde kalmamaktadır. İçeri giren ışın demetlerinin bir bölümü, sera içinde izledikleri doğrultu nedeniyle, bitkilere ya da sera tabanına ulaşmadan, doğrudan doğruya karşı duvarın örtüsüne ulaşır. Bu ışınların, geliş açılarına bağlı olarak, bir bölümü geri yansıma ve polarizasyon nedenleriyle yeniden sera içine yönelirken, önemli bir bölümü de örtü malzemesinden geçerek dışarı çıkar (Yağcıoğlu, vd., 1998). Bitkilere ulaşmadan, sera dışına çıkan bu ışınım enerjisinin, seranın ısı kazancı ve bitkiye ulaşan PAR enerjisi belirlenirken dikkate alınmaması gerekir. Bu nedenle, ele alınan yüzeye ulaştıktan sonra içeri giren ışınların izledikleri doğrultular, kırılma açıları dikkate alınarak belirlenmiş ve ışının karşı duvara ulaşıp ulaşmadığı analiz edilmiştir. Karşı duvara ulaşan ışınlardan, duvarın iç yüzeyinden sera içine doğru meydana gelebilecek geri yansımaların günlük ortalama ışınım geçirgenliği içindeki payının %2; polarizasyonun payının ise % 0.1 gibi göz ardı edilebilecek değerlerde olmaları nedeniyle (Baille and Baille, 1990), bu çalışmada, karşı duvara ulaşan ışınların tümünün sera dışına çıktığı varsayılmıştır.

Işın demetinin sera içinde izlediği doğrultuyu belirlemek için, ele alınan seranın yüzeyleri, kenar boyutları seçimimize bağlı olacak şekilde karelenmiş (Şekil 1) ve her bir kare düğümünden geçen ışın demetleri için kırılma analizi yapılarak, ışının sera içinde kalıp kalmayacağı geometrik olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Sera içine girdikten sonra karşı duvara doğru yol alırken bitki örtüsüyle karşılaşan ışın demetleri sera içinde kalan ışınım olarak kabul edilmiştir.

Işın demetinin sera yüzeyine gelme açısı hesaplanırken güneşin konumu ve yüzeyin eğim açısı dikkate alınır (Duffie and Beckman 1980). İnceleme anında güneşin gökyüzündeki konumu, güneş geometrisiyle ilgili bağıntılarla bulunur (Kılıç ve Öztürk, 1983).

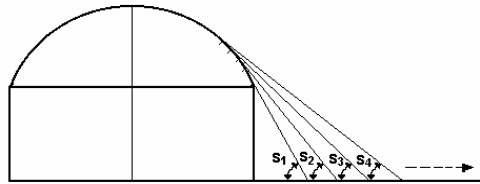


Şekil 1. Sera yüzeylerinin karelere ayrılması



Şekil 2. Sera içinde kalan ve kalmayan güneş ışınları

Yüzeyin eğimi ise yapıyla ilgilidir. Sera yüzeylerinden duvarların ve beşik çatılı olanlarda çatı yüzeylerinin eğimi sabittir. Bu nedenle hesaplamalar sırasında sera duvarları ve beşik çatılı seraların çatı yüzeyleri için bu unsurların sahip oldukları sabit eğim açıları dikkate alınmıştır. Ancak, yay ya da parabolik çatılı seralarda, sabit bir çatı eğiminden söz edilemez. Çatı yüzeyinin saçaktan tepe noktasına kadar her bir noktasının eğimi ve buna bağlı olarak güneşe göre konumu değişiktir. Bu tip çatılı seralarda, çatı yüzeyinden geçecek ışın demetiyle ilgili analizlerin yapılabilmesi için çatıyı oluşturan eğri, kırk eşit parçaya bölünüp her eğri parçasının giriş uzunluğu hesaplanmış ve çatının, genişlikleri giriş uzunluğu kadar olan, düz yüzeyli dilimlerden oluştuğu varsayılmıştır. Daha sonra, boyları sera uzunluğu kadar olan bu dilimlerinin yüzeylerinin eğimleri, kirişlerin yay üzerindeki konumu dikkate alınarak hesaplanmıştır (Şekil 3). Güneş ışınlarının çatı dilimlerine geliş açıları, ayrılan bu dilimlerin eğim açıları dikkate alınarak, her bir dilim için ayrı hesaplanmıştır.

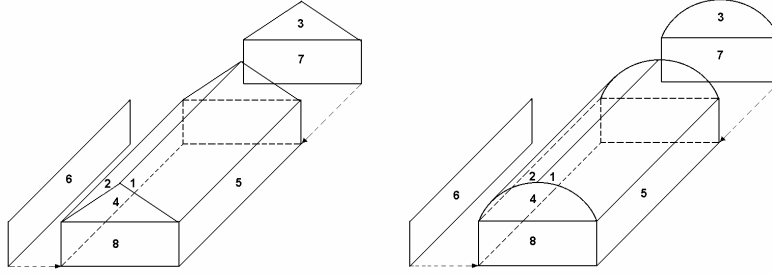


Şekil 3. Yay çatılı seralarda çatı dilimlerinin eğim açıları

İncelenen herhangi bir serada duvarların ve çatı yüzeylerinin eğimleri ve azimut açıları* farklı olduğundan, seranın tüm yüzeyleri, ilk ve son ışığı aynı anda almamaktadır. Bu nedenle analizler seranın her

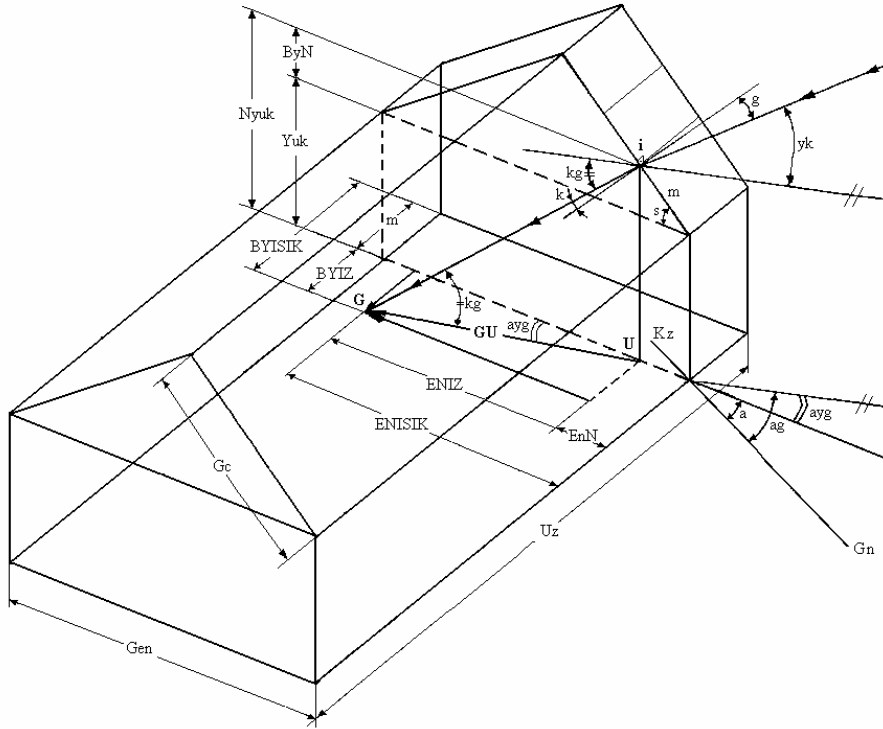
* Yüzey azimut açısı: Yüzeyin normalinin yatay düzlemdaki izdüşümünün güneyden batıya doğru (+) ölçülen açı değeridir.

yüzeyi için ayrı yapılmıştır. Hesaplamalar sırasında tanımlanan sera yüzeyleri Şekil 4 de gösterilmiştir.



Şekil 4. Beşik ve yay çatılı seralarda tanımlanan yüzeyler

Sera örtüsünden geçerek içeri giren ışın demetinin sera içinde kalıp kalmayacağını belirlemek amacıyla yapılan analizler sırasında izlenen mantık ve ışın demetiyle sera yapısı arasında dikkate alınan geometrik ilişkiler aşağıda sıralanmıştır. Sera yüzeyine ulaşan ışın demetinin kırılma ve sera içinde izlediği yolun analizi sırasında dikkate alınan öğeler Şekil 5 de gösterilmiştir.



Şekil 5. Sera yüzeyine ulaşan ışın demetinin sera içinde izlediği yol

- Karelenmiş her yüzeyin 1. karesinin düğüm noktasından (i) giren ışın demetinin, kırılma açılarına göre sera içinde (ya da dışında) zemine ulaştığı nokta belirlenir (G).
- Işın demetinin sera içine girdiği kare düğümünün (i) zemin üzerindeki izdüşüm noktası (U) bulunur.
- G ve U noktaları birleştirilerek iG ışın demeti doğrultusunun yatay düzlemdeki izdüşümü (GU) belirlenir.
- Işın demetinin yatay düzlemdeki izdüşümü olan GU nun seranın uzunluğu ve genişliği doğrultularındaki bileşenleri olan BYIZ ve ENIZ belirlenir.
- BYIZ, sera uzunluğunun U noktasından itibaren kalan parçasıyla; ENIZ, sera eninin U noktasından itibaren kalan parçasıyla karşılaştırılarak ışın demetinin sera içinde kalıp kalmadığı kontrol edilir.
- Yukarıda sıralanan işlemler her bir kare düğümünde direkt ve yayılı ışınım için tekrarlanır.
- Sera içinde kalan ışın demetlerinin geçtiği kare düğümlerinin belirlediği alanlar faydalı yüzey alanı olarak belirlenir.

Her bir yüzey için bilinen ve hesaplanarak belirlenen değerler:

- g, güneş ışınlarının geliş açısı
- d, deklinasyon açısı
- h, saat açısı
- e, enlem
- a, yüzeyin azimut açısı
- s, yüzeyin eğim açısı
- m, kare düğümler arasındaki mesafe (karenin kenar uzunluğu)

Her bir yüzey için hesaplanan açılar:

Güneş yükseklik açısı (yk) = zenit açısı (z):
 $\sin yk = \cos z = \cos d \cos e \cos h + \sin d \sin e$

$$nk = \sin yk / \sin kg \Rightarrow \sin kg = \sin yk / nk$$
$$kg = \arcsin kg$$

Güneş azimut açısı (ag):

$$\cos ag = (\sin e \cos d \cos h - \sin d \cos e) / \sin z$$

$$ag = \arccos ag$$

Güneş azimut açısı ile yüzey azimut açısı arasındaki açı:

$$ayg = | ag - a |$$

Her bir yüzey için ışın kontrolü:

1. Yüzey

$$ayg = | ag - a |$$

$$ByN = m \sin s$$

$$EnN = m \cos s$$

$$Nyuk = Yuk + ByN$$

$$GU = Nyuk / \tan kg$$

$$BYIZ = GU \sin ayg$$

$$BYISIK = BYIZ + m$$

$$ENIZ = GU \cos ayg$$

$$ENISIK = ENIZ + EnN$$

$$BYISIK > Uz \Rightarrow \text{Işın sera dışında}$$

$$ENISIK > Gen \Rightarrow \text{Işın sera dışında}$$

2. Yüzey

$$ayg = | ag - (-180 + a) |$$

İzdüşüm ve ışın kontrolü 1. yüzey ile aynı şekilde yapılır.

3. Yüzey

$$s = 90^\circ$$

$$ayg = | ag - (-90 + a) |$$

$$BYIZ > Uz \Rightarrow \text{Işın sera dışında}$$

$$ENISIK > Gen \Rightarrow \text{Işın sera dışında}$$

4. Yüzey

$$s = 90^\circ$$

$$ayg = | ag - (-270 + a) |$$

İzdüşüm ve ışın kontrolü 3. yüzey ile aynı şekilde yapılır.

5. Yüzey

$$s = 90^\circ$$

$$ayg = | ag - a |$$

$$BYISIK > Uz \quad \Rightarrow \quad \text{Işın sera dışında}$$

$$ENIZ > Gen \quad \Rightarrow \quad \text{Işın sera dışında}$$

6. Yüzey

$$s = 90^\circ$$

$$ayg = | ag - (-180 + a) |$$

İzdüşüm ve ışın kontrolü 5. yüzey ile aynı şekilde yapılır.

7. Yüzey

$$s = 90^\circ$$

$$ayg = | ag - (-90 + a) |$$

$$BYIZ > Uz \quad \Rightarrow \quad \text{Işın sera dışında}$$

$$ENISIK > Gen \quad \Rightarrow \quad \text{Işın sera dışında}$$

8. Yüzey

$$s = 90^\circ$$

$$ayg = | ag - (-270 + a) |$$

İzdüşüm ve ışın kontrolü 7. yüzey ile aynı şekilde yapılır.

Her bir yüzey için yüzeyden ışığın geçtiği alan, ışığın geçtiği kare alanların sayısı (x_i) ile kare alanı çarpılarak hesaplanır.

$$A = x_i m^2$$

1

Sera yüzeylerinde, içerde kalan ışınların geçtiği alan, ele alınan sera yüzeyinin faydalı alanı olarak tanımlanmıştır. Cam örtülü seralarda, sera iskeletinin ışınların içeriye girişi için önemli bir engel olduğu dikkate alınarak, yukarıda açıklanan faydalı yüzey alanı içinde kalan yapı elemanlarının ışınımına karşı projeksiyon alanları hesaplanıp,

hesaplamalarda faydalı yüzey alanı olarak, bu iki değer arasındaki fark dikkate alınmıştır. Sera yapı malzemelerinin projeksiyon alanı, çerçeve aralıkları ve çerçeve malzemesi kalınlıklarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Plastik örtülü seralarda sera iskeletinin gölge etkisi ihmal edilmiştir.

Birinci bölümde açıklanan 43 numaralı eşitlikle belirlenen birim yüzeyden seraya giren ışınım miktarı, yukarıda açıklanan faydalı alanla çarpılarak, o yüzeyden sera içine giren faydalı ışınım hesaplanmıştır. Bu işlem, gün boyu, her saat diliminde, seranın her yüzeyi için o saate ait ışınım enerjisi ve geliş açısı değerleriyle tekrarlanmıştır.

Her saat dilimi için her bir yüzeyden giren faydalı ışınım değerleri toplanarak, o saat diliminde seraya giren saatlik toplam faydalı ışınım (S_t) değeri hesaplanmıştır.

$$S_t = \sum_{i=1}^8 (A_i I_{sy_i}) \quad 2$$

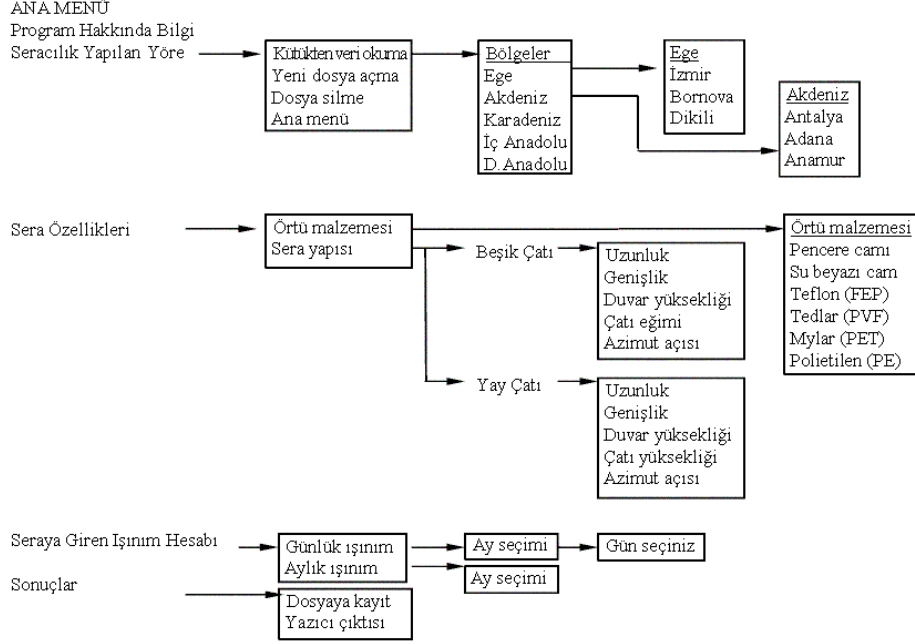
2 numaralı eşitlikte A_i , seranın i . yüzeyinde belirlenen faydalı alanı (m^2); I_{sy_i} , i . yüzeyin birim alanından giren ışınım enerjisini ($Wm^{-2} h^{-1}$) belirtmektedir. S_t enerjisi değerlerinin toplamı alınarak, günlük toplam faydalı ışınım (G_t) değeri hesaplanmıştır.

$$G_t = \sum_{i=1}^{t_g} S_{t_i} \quad 3$$

G_t değeri (Wd^{-1}) sera taban alanına bölünerek özgül günlük faydalı ışınım (q) değeri ($Wm^{-2} d^{-1}$) belirlenmiştir.

$$q = G_t / A_t \quad 4$$

Sera içine giren faydalı ışınım enerjisinin tahmini için geliştirilen modellerle ilgili hesaplamaları yapmak üzere hazırlanan bilgisayar programının ana akış şeması Şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 6. Sera içine giren faydalı ışınımın belirlenmesi amacıyla hazırlanan bilgisayar programı akış diyagramının özeti

Özet

Seraya giren ışığın miktarı, serada yetiştirilen bitkilerin gelişmelerini belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Seraya giren güneş ışınımının miktarı, güneşin gökyüzündeki geometrik konumuna, seranın bulunduğu yerin enlem derecesine, seranın yönlendirilmesine, çatı tipi ve eğimine, seranın boyutlarına, örtü malzemesinin ışık geçirgenliğine ve sera yapı unsurlarının gölgeleme etkisine bağlıdır. Bu çalışmada, sıralanan tüm etkenler dikkate alınarak, seraya giren güneş ışınımını hesaplamak için uygulanabilecek bir yöntem ve bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen hesaplama yöntemi iki bölümde açıklanmıştır. Birinci bölümde sera yüzeyine gelen ve yüzeyden içeri giren ışınımın hesaplanmasında uygulanan mantık belirtilmektedir. Bu makaleyi oluşturan ikinci bölümde ise sera içine giren ışın demetinin içeride kalan miktarının belirlenmesinde uygulanan yol açıklanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Sera, seraya giren ışınımın analizi

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılabilmesi için gereken parasal desteği sağlayan Ege Üniversitesi Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Al-Shooshan, A.A. 1997. Estimation of Photosynthetically Active Radiation Under an Arid Climate. *J.Agric.Eng.Res.*Vol.66.9-13.
- Amsen, M.G. 1985. A Simple Method to Calculate Improvements of Diffuse Light Distribution in Detached Greenhouse. *Acta Horticulturae*, 174, 105-109.
- Başçetinçelik, A. 1981. Sera Örtü Malzemelerinin Işık Geçirgenliği ile 37° ve 41° Enlemlerindeki Güneş Işınım Geçirgenliği Üzerinde Bir Araştırma. Doçentlik Tezi.
- Baille, M. and A. Baille. 1990. A Simple Model for the Estimation of Greenhouse Transmission: Influence of Structures and Internal Equipment. *Acta Horticulturae*. 281. 35-46.
- Bowman, G.E. 1970. The Transmission of Diffuse Light by a Sloping Roof. *Trans. of the ASAE*. Vol.15, No.2, 100-105.
- Critten, D.L. 1984. The Effect of Geometric Configuration on the Light Transmission of Greenhouses. *J.Agric.Eng.Res.*Vol.29, No.3, 199-206.
- Critten, D.L. 1985. A Theoretical Assessment of the Transmissivity of Conventional Symmetric Roofed Multispan E-W Greenhouses Compared With Vertical South Roofed Greenhouses Under Natural Irradiance Conditions. *J.Agric.Eng.Res.*Vol.32, No.2, 173-183.
- Critten, D.L. 1986. A General Analysis of Light Transmission in Greenhouses. *J.Agric.Eng.Res.*Vol.33, No.4, 289-302.
- Critten, D.L. 1987. An Approximate Theory for Reflective Losses From Infinitely Long Greenhouses and Plastic Tunnels Under Diffuse Light. *J.Agric.Eng.Res.*Vol.38, No.2, 47-56.
- Critten, D.L. and B.J. Legg. 1987. A General Theory of Light Transmittance of Complex Structures. *J.Agric.Eng.Res.*Vol.36, No.2. 125-140.
- Critten, D.L. 1989. Light Transmission Into Greenhouses. *Acta Horticulturae*. 245, 377-383.
- Critten, D.L. 1993. A Review of the Light Transmission Into Greenhouse Crops. *Acta Horticulturae*. Vol.328. 9-31.
- De Zwart, H.F. 1993. Determination of Direct Transmission of a Multispan Greenhouse Using Vector Algebra. *Trans. of the ASAE*. Vol.56, No.1, 39-49.
- Duffie, J.A. and W.A. Beckman. 1980. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and Sons. N.Y.
- Gueymard, C. 1989. An Atmospheric Transmittance Model for the Calculation of the Clear Sky Beam, Diffuse and Global Photosynthetically Active Radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 45, 215-229.
- He, L., T.H. Short and X. Yang. 1990. Theoretical Analysis of Solar Radiation Transmission Through a Double-Walled Acrylic Pelt-Insulated Greenhouse Glazing. *Trans. of the ASAE*. Vol. 33, No.2, 657-664.
- He, L., T.H. Short and X. Yang. 1991. Solar Radiation Transmittance of a Double-Walled Acrylic Pelt-Insulated Greenhouse. *Trans. of the ASAE* Vol. 34, No.6, 2559-2563.
- Kılıç, A. ve A. Öztürk. 1983. Güneş Enerjisi. İTÜ, Kipaş Dağıtımçılık. Çağaloğlu-İstanbul, 331 s.
- Kurata, K. 1990. Role of Reflection in Light Transmissivity of Greenhouses. *Agricultural and Forestry Meteorology*. 52, 319-331.

- Li, S., K. Kurata and T. Takakura. 1995. Solar Radiation Transmissivity Into a Lean-to Greenhouse. *Acta Horticulturae*. 399, 127-131.
- Manbeck, H.B. and R.A. Aldrich. (1967). Analytical Determination of Direct Visible Solar Energy Transmitted by Rigid Plastic Greenhouses. *Trans. of the ASAE*. Vol.10, No.4, 464-567,572.
- Wang, S. and T. Boulard. 2000. Measurement and Prediction of Solar Radiation Distribution in Full-Scale Greenhouse Tunnels. *Agronomic* 20, 41-50.
- Yağcıoğlu, A. V. Demir and T. Günhan. 1998. Türkiyenin Çeşitli Yörelerinde En Fazla Fotosentetik Aktif Radyasyonun İçeri Girmesini Sağlayacak Temel Sera Şekil ve Boyutlarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu. Proje No: 96-ZRF-045.

