

Seraya Giren Faydalı Işınım Enerjisini Hesaplamak İçin Bir Yöntem - I

Abdülkadir YAĞCIOĞLU¹

Vedat DEMİR²

Tuncay GÜNHAN³

Summary

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

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, latitude and orientation of greenhouse, type and slope of roof and walls, dimensions of the greenhouse, light transmittance of covering materials and shading effect of the structural components of the greenhouse. In this study, a computation procedure which includes all factors mentioned above for estimating the quantity of the sun radiation inside a greenhouse was developed and also a computer code for simplifying the calculations was written. This calculation procedure has two modules. In first module, the quantity of transmitted radiation into the greenhouse has been estimated. In second module, the distribution of the transmitted radiation in the greenhouse has been analysed.

Key Words: Greenhouse, transmitted radiation, estimating PAR

Giriş

Seralar, özellikle doğal olarak sıcak mevsimlerde yetişen bitkilerin hava koşullarının uygun olmadığı dönemlerde yetiştirilmesi amacıyla geliştirilmiş ışık geçiren malzemeyle örtülmüş, özel yapılardır. Bu yapılarda bitkilerin büyüüp gelişebilmeleri için besin maddeleri ve suyun yanı sıra çevre unsurlarının da yeterli ölçülerde sağlanması gerekir. Işınım enerjisi, sera içindeki hava ve toprak sıcaklığı, karbondioksit konsantrasyonu ve bağıl nem, çevre unsurlarının başlıcaları olarak sayılabilir. Bitkilerin normal gelişme gösterebilmesi için bu unsurların her birinin uygun değerlerde bulunması gerekir.

Yukarıda sıralanan çevreyle ilgili etkenlerden sera içi hava sıcaklığı ve sera havasının bağıl nemi, sera içine giren ışınım enerjisiyle

¹ Prof.Dr. EÜZF Tarım Makineleri Bölümü, Bornova, yagcioglu@ziraat.ege.edu.tr

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

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

doğrudan ya da dolaylı ilişkilidir. Işınım enerjisinin sera içindeki bitkiler açısından esas önemi, yaşadıkları ortamın ısınmasını sağlayan bir kaynak olmasından çok, onlar için hem fotosentez işlemini ve hem fotoperiodik, fototropik, fotomorfogenetik vb. diğer davranışları başlatıp bitirecek tek kaynak olmasıdır.

Seranın iç ortamına giren ışınım enerjisi, üretim bölgesinin enlem derecesinin yanı sıra, bölgenin bulutluluk durumuna, hava kirliliğine, sera örtüsünün ışın absorpsiyonuna, örtünün kirlilik durumuna ve seranın çatı eğimine göre yansıma miktarına bağlıdır (Yağcıoğlu vd., 1998). Sıralanan bu ve benzeri unsurlar, bitkilere ulaşacak enerji miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Sıralanan bu nedenlerden ötürü, bazı durumlarda, bulunulan bölge, enlem açısından yeterli güneş ışınımı enerjisine sahip gibi görünse de, sera içindeki ışınımsal aydınlık, yetiştirilmek istenen bitkinin iyi bir gelişme göstermesi için yeterli olmayabilir. Bu nedenle, sera içine ulaşan günlük fotosentetik aktif radyasyon (PAR) ile yetiştirilecek bitkinin PAR gereksinimi bilinmeden, bir bölgenin seracılık açısından uygun olup olmadığı, ek ışık gereksinimi doğup doğmayacağı ve serada hangi tür ya da çeşit bitkilerin yetiştirilebileceği konusunda doğru kararlar verilemez.

Seraların içine giren ışık enerjisi, seranın konumuna, boyutlarına, örtü malzemesine ve yönlendirilmesine doğrudan bağlı olduğundan, araştırmalarda kullanılacak güvenilir verilerin elde edilebilmesi için gerekli olan yeterli sayıda model seranın temini pahalı ve zordur. Bu nedenle, deneysel çalışmalara yön vermek ve bazı durumlarda önceden tahmin yapabilmeyi kolaylaştırmak amacıyla, seraların ışık geçirgenliğini belirlemeye yönelik teorik model çalışmaları önem kazanmaktadır. Seraların içine giren güneş ışınımının belirlenmesi amacıyla teorik model geliştirmeye yönelik olarak yapılan çalışmalar arasında Manbeck and Aldrich (1967), Bowman (1970), Amsen (1985), Critten (1984, 1985, 1986, 1987), 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) ın çalışmaları sayılabilir.

Bu çalışmada, ülkemizin seracılık yapılan ve yapılma olasılığı yüksek olan bölgelerinde, sera içine girebilecek güneş ışınım enerjisini hesaplayarak, gündüz saatlerinde seranın ısı enerjisi kazancını ve PAR değerinin etkin bir fotosentez için yeterli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla, sera boyutları ve yapım özellikleri ile güneş geometrisini dikkate alarak tahmin etmeyi sağlayacak bir hesaplama yöntemi geliştirilmeye çalışılmış ve bu yöntemin gerektirdiği tekrarlamalı

hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla bir bilgisayar programı yazılmıştır. Bu hesaplama yöntemi ve bilgisayar programı yardımıyla, sera içine girecek güneş enerjisinin en yüksek değerinde olabilmesi için seranın konumlandırılmasında, boyutlarında, çatı yapısı ve örtü malzemesinde ne gibi değişikliklerin yapılması gerektiği de seranın planlanması döneminde önceden belirlenebilecektir.

Bu çalışmada geliştirilen hesaplama yöntemi iki bölüm olarak yayına hazırlanmıştır. Birinci bölümde, sera yüzeylerine ulaşan ve örtüden geçen ışınımın hesaplanmasında güneş ve seranın geometrisine dayanarak uygulanan mantık ve eşitlikler, ikinci bölümde ise seranın içine giren ışınımın sera içinde kalan bölümünün analizi ve seranın toplam faydalı ışınım enerjisi kazancının hesaplanması ele alınmıştır.

Yöntem

Geliştirilen hesaplama yöntemi, ele alınan seranın yapısal özelliklerine ve konumuna bağlı olarak, incelenmek istenen dönem içinde seraya giren doğal ışınım enerjisini, o yöreye gelen güneş ışınımı değerlerinden yararlanılarak hesaplayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu yöntemde seranın şekli, kullanılacak örtü malzemesi, kurulu bulunduğu yöre ve yön seçilmekte, o yöreye gelen güneş ışınımı değerleri ile seranın bulunduğu yerin enlem ve rakımı, ölçülmüş değerlerden yararlanılarak hazırlanmış kaynaklardan alınmaktadır.

Geliştirilen hesaplama yöntemi ve ona bağlı olarak hazırlanan bilgisayar programında izlenen ana işlem adımları aşağıda belirtilen şekildedir:

- Seranın çatı tipi, boyutları, yönü, örtü malzemesinin cinsi vb. yapısal özellikleri seçilir.
- Seranın bulunduğu yerin enlemi ve rakımı belirlenir (Kılıç ve Öztürk,1983).
- Sera yüzeylerine analizin yapıldığı günler için güneş ışınımının geldiği ilk ve son saatler hesaplanır.
- İncelemenin yapılacağı zaman diliminde yatay bir düzleme gelen saatlik ortalama toplam güneş ışınım değerleri, uzun yıllar ortalamalarını içeren meteoroloji verilerinden bulunur.
- Sera yüzeylerine güneş ışınlarının geldiği ilk ve son saatler arasındaki günlük zaman dilimi içindeki her saat bölümü için ayrı olmak üzere, yüzeylerin her birine gelen, direkt ve yayılı güneş ışınımı değerleri ve bu ışınların her saat diliminin ortası için geliş açıları hesaplanır.

- Güneş ışınlarının geldiği her saat dilimi için ayrı ayrı olmak üzere, sera yüzeylerine ulaşan direkt ve yayılı ışınların örtü malzemesine ve ışınların geliş açısına bağlı olarak sera içine geçme oranları hesaplanır.
- Seranın her bir yüzeyinden seranın içine giren direkt ve yayılı güneş ışınlarından sera içinde kalan miktar hesaplanır.
- Sera içinde kalan saatlik güneş ışınımı miktarları toplanarak toplam günlük ışınım kazancı belirlenir.

Sera Yüzeylerine Güneş Işınlarının Geliş Süresi

Sera içine giren güneş ışınımı miktarını belirlemek için öncelikle sera yüzeylerine ışınların geldiği ilk ve son anları ve bu aradaki süreyi belirlemek gerekir. Bu iki sınır an ile saat açısının sıfır değerini aldığı güneş öğlesi anı arasındaki saat açısı değerleri, aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla bulunur (Duffie and Beckman,1980; Kılıç ve Öztürk,1983).

$$\cos H = -\frac{\sin d \sin e}{\cos d \cos e} = -\tan d \tan e \quad 1$$

1 numaralı eşitlikte H, güneşin, lokal güneş öğlesine göre saat açısını (derece); d, deklinasyon açısını (derece); e, bulunulan noktanın enlemini (derece) belirtmektedir. H, sabah saatleri için negatif, öğleden sonrası için pozitif değerler alır.

Deklinasyon açısı az bir hata payı ile aşağıda verilen eşitlikle bulunabilir (Duffie and Beckman,1980; Kılıç ve Öztürk,1983).

$$d = 23.45 \sin \left(360 \frac{N + 284}{365} \right) \quad 2$$

2 numaralı eşitlikte N, incelemenin yapıldığı günün 1 Ocaktan itibaren yılın kaçınıcı günü olduğunu göstermektedir.

Güneş ışınlarının incelenen yüzeye paralel geldiği saat açıları $D^2 > 0$ olmak üzere aşağıdaki eşitliklerle bulunur (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$H_{1p} = 2 \arctan \frac{C_1 - D}{C_2 - C_3} \quad 3$$

$$H_{2p} = 2 \arctan \frac{C_1 + D}{C_2 - C_3} \quad 4$$

$$C_1 = \sin a \cos d \sin s \quad 5.1$$

$$C_2 = \cos d (\cos e \cos s + \cos a \sin e \sin s) \quad 5.2$$

$$C_3 = \sin d (\sin e \cos s - \cos a \cos e \sin s) \quad 5.3$$

$$D^2 = C_1^2 + C_2^2 - C_3^2 \quad 6$$

5 ve 6 numaralı eşitliklerde a, azimut açısını (derece), s, yüzeyin eğim açısını (derece) belirtmektedir. Hesaplama yöntemimizde güneyden itibaren batı yönünde ölçülen azimut açısı değerleri pozitif (+) olarak kabul edilmiştir.

Hesaplama yöntemimizde güneş ışınının eğik düzleme paralel geliş saat açısı, mutlak değerce, gün doğuşu saat açısından daha büyükse, ilk gelişin gün doğuşunda olduğu kabul edilmiştir.

Güneş öğlesinde saat açısı sıfır derece olduğundan bu andaki güneş geliş açısı aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$\cos g_o = C_2 + C_3 \quad 7$$

Yukarda açıklanan eşitliklerden yararlanarak Türkiye'nin bulunduğu kuzey yarıkürede, herhangi bir eğik düzleme güneş ışınının ilk ve son geliş saat açılarının belirlenmesi için yararlanılacak eşitlikleri belirleyen sınır şartlar Çizelge 1'de özetlenmiştir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Çizelge 1. Eğik düzleme güneşin ilk geliş ve son düşüş saat açıları

Sınır değerler		İlk geliş saat açısı H ₁	Son düşüş saat açısı H ₂
cos g _o > 0 (g _o < 90°)	D ² > 0 D ² < 0	H _{1p} ve -H; hangisi büyükse -H	H _{2p} ve H; hangisi küçükse H
cos g _o < 0 (g _o > 90°)	D ² > 0 D ² < 0	H _{2p} ve -H; hangisi büyükse	H _{1p} ve H; hangisi küçükse
güneş ışını yüzeye gelmez			

İncelemenin yapıldığı yöredeki eğik düzleme güneş ışınının gelme süreleri; aşağıda belirtilen eşitliklerden bulunabilmektedir (Duffie and Beckman, 1980).

$$d > 0 \text{ için, } t_g = \frac{2}{15} H = \frac{2}{15} \arccos (- \tan d \tan (e - s)) \quad 8$$

$$d < 0 \text{ için, } t_g = \frac{2}{15} H = \frac{2}{15} \arccos (- \tan d \tan e) \quad 9$$

İncelenen serada duvarların ve çatı yüzeylerinin eğimleri ve azimut açıları farklı olduğundan, seranın tüm yüzeyleri, ilk ve son ışığı aynı anda almamaktadır. Bu nedenle incelenen seranın her bir yüzeyinin ışık alma süreleri ayrı hesaplanmıştır.

Sera Yüzeylerine Gelen Güneş Işınımının Geliş Açıları

Sera içine girecek net ışınım miktarlarının belirlenmesiyle ilgili kırılma ve yansıma hesaplamalarının yapılabilmesi için direkt ve yayılı ışınım bileşenlerinin sera yüzeylerine gelme açılarının bilinmesi gerekir.

Gün içinde güneşin konumu sürekli değiştiğinden, bu çalışmamızda, seranın yüzeylerine güneş ışınlarının ilk ve son geldiği saatler arasındaki her saat dilimi için, o saat diliminin orta noktasındaki güneş ışınımının geliş açısı, aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmış ve hesaplamalar her bir yüzey için tekrarlanmıştır.

$$\begin{aligned} \cos g = & \cos d \cos e \cos h \cos s + \sin a \cos d \sin h \sin s \\ & + \cos a \cos d \sin e \cos h \sin s + \sin d \sin e \cos s \\ & - \sin d \cos e \sin s \cos a \end{aligned} \quad 10$$

Yayılı ışınım sera yüzeylerine, yüzeyin gökyüzünü gördüğü hacimsel açı içinde her doğrultuda gelir. Bu nedenle hesaplamalarda kolaylık sağlayabilmek için “yayılı ışınımın eğik yüzeye eşdeğer geliş açısı (g_d)” 11 numaralı eşitlik yardımıyla her bir yüzey için belirlenmiştir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$g_d = 59.68 - 0.1388 s + 0.001497 s^2 \quad 11$$

Yatay Düzleme Gelen Güneş Işınımı

Seranın bulunduğu yörede yatay bir düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı değerleri uzun yıllar ortalamalarından yararlanılarak hazırlanmış bulunan güneş enerjisi ölçüm değerlerinden alınmıştır (EİEİ, 1983).

Sera Yüzeylerine Gelen Direkt ve Yayılı Işınım Değerlerinin Hesaplanması

Seranın bulunduğu yörede yatay bir düzleme gelen toplam ışınım değerleri, sera yüzeylerine gelen ve bu yüzeylerden içeri geçen ışınım enerjisi miktarının hesaplanmasında doğrudan kullanılamaz. Öncelikle bu değerlerin içerdiği direkt, yayılı ve yansıyan ışınım bileşenlerinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada yansıyarak sera yüzeyine gelen ışınım miktarı dikkate alınmamıştır (Kılıç ve Öztürk, 1983)

Yatay düzleme gelen toplam ışınımın direkt ve yayılı ışınım bileşenlerinin belirlenmesi için aşağıda belirtilen yöntem uygulanmıştır ((Duffie and Beckman,1980; Kılıç ve Öztürk, 1983; Hsieh, 1986).

Yatay bir düzleme bulutsuz gökyüzü koşullarında gelen saatlik teorik ışınım, yüzeye gelen direkt ve yayılı ışınım bileşenlerinin toplamı olacağından aşağıda belirtilen eşitlikler yazılabilir.

$$I_c = I_{cb} + I_{cd} \quad 12$$

$$I_{cb} = I_o \tau_b \quad 13$$

$$I_{cd} = I_o \tau_d \quad 14$$

12, 13 ve 14 numaralı eşitliklerde I_{cb} ve I_{cd} sırasıyla direkt ve yayılı ışınım miktarını (Wm^{-2}); I_o , atmosfer dışındaki yatay bir düzleme gelen toplam güneş ışınımını (Wm^{-2}); τ_b , direkt ışınımın atmosferden geçiş oranını ve τ_d , atmosfer dışından yatay düzleme gelen yayılı ışınım oranını belirtmektedir.

Atmosfer dışındaki yatay bir düzleme gelen toplam güneş ışınımının saatlik değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur.

$$I_o = 3600 I_{gs} f \cos z \quad 15$$

15 numaralı eşitlikte I_{gs} , güneş sabitini ($1353 Wm^{-2}$); f , güneş sabitini düzeltme faktörünü; z , zenit açısını belirtmektedir (Duffie and Beckman,1980). Güneş sabitini düzeltme faktörünün değeri aşağıda verilen eşitlikle bulunur.

$$f = 1 + 0.033 \cos (0.986 N) \quad 16$$

Zenit açıları, aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\cos z = \cos d \cos e \cos H + \sin d \sin e \quad 17$$

17 numaralı eşitlikte d , deklinasyon açısını; e , enlem açısını; H , analizin yapıldığı saatteki saat açısını belirtmektedir. Saat açısının değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur.

$$H = 15 (t-12) \quad 18$$

18 numaralı eşitlikte t , hesaplamaların yapıldığı andaki yerel saati göstermektedir (saat).

13 numaralı eşitlikte τ_b , aşağıda verilen eşitlik yardımıyla bulunmuştur (Kılıç ve Öztürk, 1983; Duffie and Beckman,1980).

$$\tau_b = a_0 + a_1 e^{\frac{-k}{\cos z}} \quad 19$$

19 numaralı eşitlikte a_0 , a_1 ve k değerleri, rakımı 2500 m den daha az olan yöreler için, aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla bulunur.

$$a_0^* = 0.4237 - 0.00821 (6 - A)^2 \quad 20$$

$$a_1^* = 0.5055 + 0.00595 (6.5 - A)^2 \quad 21$$

$$k^* = 0.2711 + 0.01858 (2.5 - A)^2 \quad 22$$

Yukarda verilen eşitliklerde A , km olarak rakım değerini belirtmektedir. 20, 21 ve 22 numaralı eşitlikler yardımıyla bulunan a_0^* ,

a_1^* ve k^* değerleri, iklim tiplerine göre değişiklik gösterdiğinden, aşağıda verilen eşitlikler ve Çizelge 2'de verilen, ülkemizin de yer aldığı orta enlem kuşağı için belirlenmiş düzeltme faktörlerinden yararlanılarak düzeltilirler (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$a_o = r_o a_o^* \quad 23$$

$$a_1 = r_1 a_1^* \quad 24$$

$$k = r_k k^* \quad 25$$

Çizelge 2. İklim tipleri için düzeltme faktörleri

İklim tipi	r_o	r_1	r_k
Orta enlem - yaz	0.97	0.99	1.02
Orta enlem - kış	1.03	1.01	1.00

23, 24 ve 25 numaralı eşitlikler yardımıyla elde edilen a_o , a_1 ve k değerleri 19 numaralı eşitlikte yerine koyularak τ_b bulunur. τ_b nin değeri aşağıdaki eşitlikte yerine koyularak τ_d değeri hesaplanır.

$$\tau_d = 0.2710 - 0.2939 \tau_b \quad 26$$

τ_b ve τ_d hesaplandıktan sonra, I_o , I_{cb} , I_{cd} ve I_c nin değerleri, sırasıyla 15, 13, 14 ve 12 numaralı eşitliklerden yararlanılarak hesaplanır.

$$0 \leq I/I_c < 0.48 \quad \text{için} \quad I_d/I = 1.00 - 0.1 I/I_c \quad 27$$

$$0.48 \leq I/I_c < 1.10 \quad \text{için} \quad I_d/I = 1.11 + 0.0396 I/I_c - 0.789 I/I_c^2 \quad 28$$

$$1.10 \leq I/I_c \quad \text{için} \quad I_d/I = 0.2 \quad 29$$

27, 28 ve 29 numaralı eşitliklerde I , rasat değerlerinden alınan gerçek toplam güneş ışımasını (Wm^{-2}); I_c , bulutsuz gökyüzü şartlarında yatay düzleme gelen saatlik teorik toplam ışımasını ve I_d , yayılı ışımasını (Wm^{-2}) belirtmektedir.

I_d/I belirlendikten sonra, I bilindiği için I_d kolayca hesaplanır. Direkt ışıma miktarı (I_b), aşağıda verilen bağıntıdan yararlanılarak hesaplanır.

$$I_b = I - I_d \quad 30$$

Güneş ışınlarının ulaştığı seranın duvar ve çatı yüzeyleri yatay düzlemler olmadığından, I_b ve I_d değerleri, hesaplamalarda doğrudan kullanılamaz. Eğik yüzeylere gelen direkt ve yayılı ışımanın hesaplanması için aşağıda belirtilen eşitliklerden yararlanılmıştır ((Duffie and Beckman,1980; Kılıç ve Öztürk, 1983; Hsieh, 1986).

$$R_b = \frac{I_{Tb}}{I_b} \quad 31$$

$$R_d = \frac{I_{Td}}{I_d} \quad 32$$

31 ve 32 numaralı eşitliklerde R_b ve R_d , sırasıyla direkt ve yayılı ışınım bileşenleri için geometrik oranları, I_{Tb} ve I_{Td} sırasıyla eğik düzlemdeki direkt ve yayılı ışınım bileşenlerinin miktarlarını belirtmektedir.

Yatay ve eğik yüzeye gelen direkt ışınım için Şekil 1 den yararlanıp gerekli kısaltmalar yapılarak aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$R_b = \frac{\cos g}{\cos z} \quad 33$$

33 numaralı eşitlikte g , güneş ışınının yüzeye geliş açısını, z yüzeyin zenit açısını belirtmektedir.

17 numaralı eşitlik yardımıyla bulunan “ $\cos z$ ” ile 10 numaralı eşitlik yardımıyla bulunan geliş

açısı (g) değerleri 33 numaralı eşitlikte yerine konulduktan sonra bulunan R_b , 31 numaralı eşitlikte yerlerine konularak eğik düzleme gelen saatlik direkt ışınım bileşeni (I_{Tb}) miktarı hesaplanır. Eğik yüzeye gelen saatlik yayılı ışınım bileşeninin miktarı ise aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$I_{Td} = I_d \frac{1 + \cos s}{2} \quad 34$$

Sera Yüzeylerinden İçeri Giren Işınım

Sera yüzeyine ulaşan ışınımın önemli bölümü sera içine girerken, geri kalan bölümünün bir kısmı örtü ve iskelet malzemeleri tarafından yutulur bir kısmı da yansiyarak uzaklaşır. Sera örtü malzemesinin gelen direkt ve yayılı ışınımını yansıtma, yutma ve geçirme oranları, her biri için ayrı ayrı olmak üzere, aşağıda belirtilen şekilde hesaplanmıştır.

Kırma indisi n_1 olan ortamda ilerleyen ışınım, kırma indisi n_2 olan bir ortamla ara yüzeyine geldiği zaman, gelen ışınımın geliş açısı (g) ve kırılma açısı (k) olmak üzere Snell kırma kanununa göre aşağıda belirtilen eşitlikler yazılabilir. Geliş açısı ve n değerleri yerlerine konularak kırılma açısı hesaplanır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin g}{\sin k} \Rightarrow \sin k = n \sin g \quad 35$$

Direkt ışınının yansıtılma oranı belirlenirken, polarize olan ışınının dik ve yatay bileşenlerinin yansıtılma oranlarını veren Fresnel eşitliklerinden yararlanılabilir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$\rho_{\perp} = \frac{\sin^2(g - k)}{\sin^2(g + k)} \quad 36$$

$$\rho_{\parallel} = \frac{\tan^2(g - k)}{\tan^2(g + k)} \quad 37$$

Hesaplamalar sırasında ışınım geliş açısı (g), direkt ışınım şartları için 10, yayılı ışınım şartları için 11 numaralı eşitlikten yararlanılarak bulunmuştur. Ayrıca, sera örtüsünden geçerken yutulan ışınım oranı, Bouger-Lambert (Beer) kanunundan yararlanılarak, aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$y = e^{-K L} \quad 38$$

38 numaralı eşitlikte K, homojen ışınımın sönmüleme katsayısını; L, ışınımın örtü içinde ilerlediği mesafeyi belirtmektedir. Işınımın bir tabaka saydam örtüde ilerlediği mesafe aşağıda belirtilen eşitlikle bulunur.

$$L = L_0 / \cos k \quad 39$$

39 numaralı eşitlikte L_0 , ışınımın geçtiği örtünün kalınlığıdır (m). Seralarda kullanılan saydam örtü malzemelerinin kırma indisleri ve sönmüleme katsayıları çeşitli kaynaklardan alınmıştır (Başçetinçelik, 1981; Kılıç ve Öztürk, 1983).

Bir tabaka saydam örtünün, polarize ışınımın dik ve yatay bileşenlerini geçirme oranları aşağıdaki eşitliklerle belirlenir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$\tau_{\perp} = \frac{y(1 - \rho_{\perp})^2}{1 - \rho_{\perp}^2 y^2} \quad 40$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{y(1 - \rho_{\parallel})^2}{1 - \rho_{\parallel}^2 y^2} \quad 41$$

40 ve 41 numaralı eşitlikler yardımıyla belirlenen, dik ve yatay bileşenlerin ortalaması alınarak, örtü malzemesinin direkt ışınım toplam geçirme oranı (τ_{eb}) aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$\tau_{eb} = \frac{1}{2}(\tau_{\perp} + \tau_{\parallel}) \quad 42$$

Örtü malzemesinin yayılı ışınımı geçirme oranı (τ_{ed}) belirlenirken, direkt ışınımın geçirgenlik oranının belirlenmesinde kullanılan yukarıdaki işlemler, geliş açısı olarak eşdeğer geliş açısı değeri kullanılarak aynen tekrarlanmıştır.

Seranın konumu ve yapısıyla ilgili tüm özellikleri bilindiğinden gün boyunca güneşi gören sera yüzeylerine gelen direkt ışınım (I_{Tb}) 31 numaralı eşitlik ve her bir yüzeye gelen yayılı ışınım (I_{Td}) 34 numaralı eşitlik yardımıyla belirlenmiştir. Seranın bütün yüzeyleri saydam örtü malzemesi ile kaplı olduğundan, her bir yüzeye gelen güneş ışınimleri sera örtü malzemesinin geçirgenlik oranları ile düzeltilmiş ve bu amaçla her bir yüzeyin birim alanından seraya giren ışınım (I_{sy} ; $Wm^{-2}h^{-1}$) aşağıda verilen eşitlik yardımıyla bulunmuştur:

$$I_{sy} = (I_{Tb} \tau_{eb} + I_{Td} \tau_{ed}) \quad 43$$

Özet

Seraya giren ışığın miktarı, serada yetiştirilen bitkilerin gelişmelerini belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Seraya giren güneş ışınımının miktarı, güneşin hareketlerine, seranın özelliklerine ve iklime bağlıdır. Bu çalışmada, sıralanan tüm etkenler dikkate alınarak, seraya giren güneş ışınımını tahmin etmek için uygulanabilecek bir yöntem ve bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen hesaplama yöntemi iki bölümde açıklanmıştır. Bu bölümde sera yüzeyine gelen ve yüzeyden içeri giren ışınımın hesaplanmasında uygulanan mantık açıklanmıştır. İkinci bölümde sera içine giren ışın demetinin içerde kalan miktarının belirlenmesinde uygulanan yol açıklanacaktır.

Anahtar sözcükler: Sera, seraya giren ışınım

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.
- 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.

- Başçetinçelik, A. 1981. Sera Örtü Malzemelerinin Işık Geçirgenliği ile 37° ve 41° Enlemlerindeki Güneş Işınım Geçirgenliği Üzerinde Bir Araştırma. Doç. Tezi.
- 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.
- 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 Pellet-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 Pellet-Insulated Greenhouse. Trans. of the ASAE Vol. 34, No.6, 2559-2563.
- Hsieh, J.S. 1986. Solar Energy Engineering. Prentice-Hall Inc. 553 pg.
- 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.
- EİEİ Genel Direktörlüğü. 1983. Türkiye Güneş Enerjisi Işınım Şiddetleri Saatlik Ortalama Değerleri Bilgi Bankası. Yayın No.83-25. Ankara.