

Araştırma Makalesi

Fan-Ped Serinletme Sisteminin Duyulur ve Gizli Isı Transferine Etkisi ve Sistem Etkinliğinin Belirlenmesi

Sedat BOYACI*

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir/Türkiye

*Sorumlu yazar: sedat.boyadi@ahievran.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.09.2018

Düzeltilme Geliş Tarihi: 12.12.2018

Kabul Tarihi: 18.12.2018

Özet

Bu çalışmada, seralarda yüksek sıcaklık değerlerinin bitki yetiştiriciliğine olanak tanımadığı dönemlerde kullanılan fan-ped serinletme sisteminin, duyulur ve gizli ısı transferine etkisi ve sistem etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sera içerisinde ve dışında 08:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçümler sonucunda, duyulur ısı transferi, 123.65 ve 809.31 W m⁻² arasında değişmiş ve ortalama değeri 394.26 W m⁻² olarak hesaplanmıştır. Serada duyulur ısı transferi, dış ortam ve sera ortamı arasındaki sıcaklık farkı artışına bağlı olarak artmıştır. Gizli ısı transferi, -103.86 ve -1430.81 W m⁻² değerleri arasında değişmiş ve ortalama değeri -696.41 W m⁻² olarak hesaplanmıştır. Serada Bowen oranı, -0.35 ve -1.19 arasında değişmiş ve ortalama Bowen oranı değeri -0.67 olarak hesaplanmıştır. Sistem etkinliğinin en büyük değeri %73 olarak gerçekleşmiş ve dış-ıç sıcaklık farkının en yüksek değeri 12.85 °C olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda, sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde serada kullanılan fan-ped serinletme sisteminin buharlaştırma etkisi nedeniyle sera içerisinde gizli ısı transferinin, duyulur ısı transferinden daha fazla olduğu ve bitki yetiştiriciliği için uygun iç ortam sıcaklık değerleri oluşturduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sera, serinletme, duyulur ısı, gizli ısı, Bowen oranı.

Effect of Fan-Pad Cooling System on Sensible and Latent Heat Transfer and Determination of System Efficiency

Abstract

In this study, it was aimed to determine the effect of fan-pad cooling system on sensible and latent heat transfer and system efficiency when high temperature values in greenhouses do not enable plant cultivation. As a result of measurements carried out between 08:00 and 16:00 inside and outside the greenhouse, sensible heat transfer ranged between 123.65 and 809.31 W m⁻² and its mean value was calculated as 394.26 W m⁻². In the greenhouse, the sensible heat transfer was increased based on the temperature difference between the external environment and the greenhouse environment. The latent heat transfer ranged between the values of -103.86 and -1430.81 W m⁻² and its mean value was calculated as -696.41 W m⁻². The Bowen rate in greenhouse ranged between -0.35 and -1.19 the average Bowen rate was calculated as -0.67. The maximum value of the system efficiency was found 73% and the highest value of the external temperature difference was found 12.85 °C. As a result of the study, it was determined that the latent heat transfer was higher than the sensible heat transfer in the greenhouse due to the evaporative effect of the fan-pad cooling system used in the greenhouse during the periods when the temperatures rise and it creates the indoor temperature values suitable for the plant cultivation.

Key words: Greenhouse, cooling, sensible heat, latent heat, Bowen ratio.

Giriş

Sera teknolojisi, olumsuz iklim koşullarının bulunduğu bölgelerde sürdürülebilir bir üretim için en uygun seçenektir. Sıcak mevsimlerde, seraya ısı girişi, iç sıcaklığı yükselterek, optimal değerlerin üzerine çıkmasına neden olur (Helmy, 2013). Sera içerisindeki yüksek sıcaklıkların azaltılması için günümüzde kullanılan en etkili çözüm yollarından biri evaporatif serinletme sistemlerinin kullanılmasıdır. Evaporatif serinletme eş zamanlı olarak sıcaklık ve buhar basıncı açığını düşürerek, sera iç sıcaklığının dış hava sıcaklığından daha düşük olmasını sağlar (Cohen ve ark., 1983; Arbel ve ark., 1999; Willits, 2000). Bu amaçla, kullanılan fan-ped sistemi, seralarda yaygın olarak kullanılan ve en etkili doğrudan nemlendirmeli serinletme sistemidir (Al-Helal, 2001). Fan ped serinletme sistemleri havadaki duyulur ısıyı gizli ısıya dönüştürerek ısı yükünü azaltır ve bitki gelişimi için uygun sera içi ortamı sağlar (Mutwiwa ve ark., 2007).

Serada duyulur ısı şeklinde ısı transferi (DIT), malzeme ve ortamın (sıcaklık, hava hareketi ve yüzey sıcaklığı vb.) özelliklerine bağlıdır ve serada iç ortamı ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak, duyulur ısı transferi gerçekleşir. Gizli ısı transferi (GIT), cisimlerin durum değiştirmeleri sırasında aldıkları veya verdikleri ısı miktarı olarak tanımlanır ve sera ortamında gizli ısı transferi gerçekleşen en önemli işlemler; transpirasyon, evaporasyon ve örtü iç yüzeyinde nem yoğunlaşmasıdır. Nemlendirmeli serinletme sistemleri, sera ortamında duyulur ve gizli ısı transferi arasındaki ilişkiye bağlı olarak değerlendirilebilir ve duyulur ısı transferinin gizli ısı transferine oranı, Bowen oranı (β) olarak adlandırılır (Öztürk, 2004).

Öztürk (2006), sisleme ile serinletilen plastik bir serada nemlendirmeli serinletme sisteminin duyulur ve gizli ısı transferine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, duyulur ve gizli ısı transferine bağlı olarak Bowen oranını (β) hesaplamıştır. Kesme gül üretimi yapılan ticari serada nemlendirmeli serinletme sistemi olarak, sisleme sisteminden yararlanılmıştır. Denemenin yürütüldüğü plastik serada duyulur ısı transferi 6.9-476.5 W m⁻² arasında değişmesine karşın, gizli ısı transferi -87.9 W m⁻² ve -825.8 W m⁻² arasında değişmiştir. Deneme süresince β , -0.07 ve -0.72 değerleri arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına bağlı olarak belirlenen β değerlerine göre, DIT bitki örtüsüne doğru gerçekleşmiş, bitki örtüsünden ise GIT gerçekleşmiştir. (Öztürk, 2004) fan-ped serinletme sisteminin DIT ve GIT ne olan etkisini belirlediği çalışmada, DIT, 32.8-81 W m⁻² değerleri arasında değişmiştir. Serada günün ilk yarısında, ortalama özgül nem farkının düşük olması nedeniyle, GIT ortalama -135 W m⁻²,

öğleden sonraki dönemlerde, buharlaşma oranı yüksek olduğundan GIT ortalama -263 W m⁻² olarak belirlenmiştir. β ise -0.17 ile -0.59 arasında değişim göstermiştir.

Fan ped sisteminin etkinliği, dış ortamdan sera içerisine giren havanın taşıdığı ve buharlaştırdığı su miktarına bağlı olup bağıl nem oranının düşük olduğu bölgelerde, iç ortam hava sıcaklığının, dış ortam havasının sıcaklığına göre 5-15 °C altına düşürülebileceğini ve sistem etkinliğini ise yaklaşık %80 olarak hesap etmişlerdir. (Baytorun ve ark., 1994; Kittas ve ark., 2003; Daives 2005; Fuchs ve ark., 2006).

Bu çalışmada, yüksek sıcaklıkların bitki yetiştiriciliğini sınırlandırdığı dönemlerde sera iç ortamını serinletmek amacıyla kullanılan fan-ped serinletme sisteminin, duyulur ve gizli ısı transferine olan etkisi ve serinletme etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma 2014 yılında, Kahramanmaraş ilinin Akdeniz iklimine sahip merkez ilçesinde bulunan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazisi üzerinde, taban alanı 150 m² (7.5x20 m) olan PE plastik örtü malzemesi ile örtülü yay çatılı serada yürütülmüştür. Serada serinletme amacıyla 7.5 m² lik (100x60x10 cm) mukavvadan yapılmış ped materyali ve ped üzerine gelen suyun düzgün dağıtılmasını sağlayan dağıtıcı petekler yerleştirilmiştir ve pedler sürekli ıslak tutulmuştur. Pedlere su pompası tarafından pedin 1 metresi için 10 lt/dakika (ASAE, 1994) debi ile su akışı sağlanmıştır. Sera kısa kenarına yerleştirilen pedlerinin karşı kenarına, 38000 m³ h⁻¹ lik bir adet fan yerleştirilmiştir. Pedlerdeki hava hızı 1.40 m sn⁻¹ dir. İlin uzun yıllık ortalama sıcaklık değeri 16.9°C, bağıl nem değeri %59 dur.

Serada iç ortamı ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak, duyulur ısı transferi gerçekleşir. Duyulur ısı transferi (DIT), ısı taşıyıcı akışkan olan havanın yoğunluğu ve özgül ısı ile ilişkilidir. Sera taban alanı başına duyulur ısı transferi Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Öztürk, 2004):

$$DIT = \left[\left(\frac{HO}{A_g} \right) \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot (T_o - T_i) \right] \quad (1)$$

Burada; DIT: duyulur ısı transferi (W m⁻²), HO: havalandırma verdisi (m³ s⁻¹), A_g: sera taban alanı (m²), ρ : havanın yoğunluğu (kg m⁻³), c_{pa}: sabit basınçta özgül ısı (J kg⁻¹ °C⁻¹), T_i: sera havasının sıcaklığı (°C) ve T_o: dış ortamdaki hava sıcaklığıdır (°C).

Sera ortamından uzaklaştırılması gereken gizli ısı miktarı (gizli ısı transferi); sıcaklık,

havalandırma verdisi, bağıl nem oranı ve bitki örtüsü üzerindeki hava hareketine bağlı olarak değişir. Gizli ısı şeklinde ısı transferi, buharlaşma gizli ısı ve havanın yoğunluğuna bağlıdır. Gizli ısı transferi (GIT), sera iç ortamı ve dış ortam arasındaki özgül nem farkına bağlı olarak Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanabilir (Öztürk, 2004).

$$GIT = \left[\left(\frac{HO}{Ag} \right) \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (W_o - W_i) \right] \quad (2)$$

Burada; GIT: gizli ısı transferi ($W m^{-2}$), h_{fg} : buharlaşma gizli ısı ($J kg^{-1}$), W_i : sera havasının özgül nemi ($kg kg^{-1}$) ve W_o : dış havanın özgül nemidir ($kg kg^{-1}$).

Duyulur ısı transferinin gizli ısı transferine oranı, Bowen oran (β) olarak adlandırılır ve Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanır (Öztürk, 2004):

$$\beta = \left(\frac{\text{Duyulur ısı transferi}}{\text{Gizli ısı transferi}} \right) = \frac{DIT}{GIT} \quad (3)$$

Seralarda kullanılan serinletme sistemlerinin etkinliğini (Bottcher ve ark., 1989; Al-Amri, 2000; Kittas ve ark., 2001) tarafından önerilen Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmıştır.

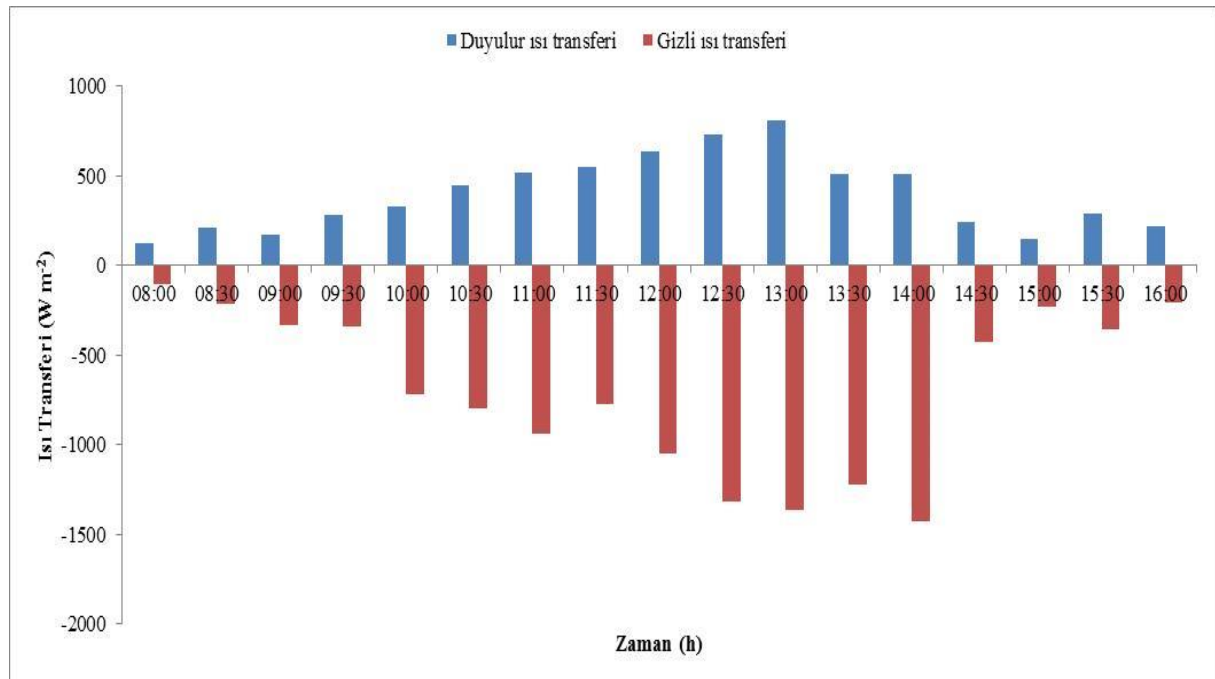
$$\eta = \left(\frac{T_o - T_i}{T_o - T_w} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

Bu eşitlikte; T_o : dış havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$), T_i : iç havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$) ve T_w : dış havanın yaş termometre sıcaklığıdır ($^{\circ}C$).

Sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri, sera dışında 1 adet, sera içerisinde ise ped önünde ve sera uzun eksenini boyunca her 5 m de bir 4 adet olmak üzere toplam 5 adet HOBO marka veri kaydedici ile 30 dakikada bir ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Veri kaydedicinin bağıl nem ölçüm aralığı %5-%95, sıcaklık ölçüm aralığı ise $-20^{\circ}C / +70^{\circ}C$ dir. Ölçüm sonucunda elde edilen değerler BoxCar Pro 4.3, programı yardımıyla Microsoft Excel programına aktararak grafikler oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, mevcut serada taban alanı başına duyulur ve gizli ısı transferinin ölçüm yapılan 08:00-16:00 saatleri arasında zamana bağlı olarak değişimi Şekil 1'de, duyulur ısı transferinin dış-ış sıcaklık farkı arasındaki ilişkiler ve gizli ısı transferinin özgül nem oranı arasındaki ilişkiler Şekil 2'de verilmiştir.



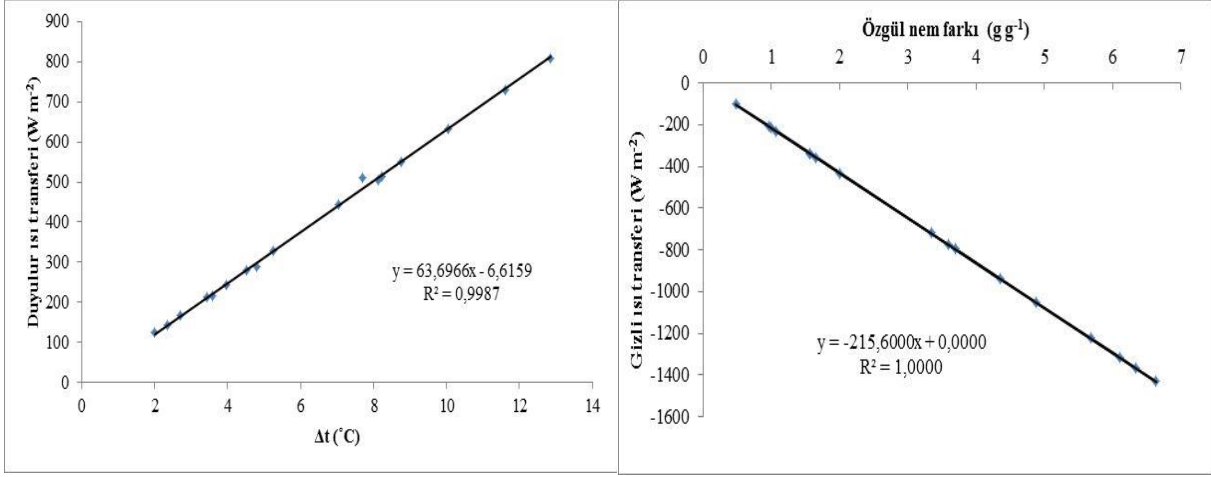
Şekil 1. Duyulur ve gizli ısı transferinin zamana bağlı değişimi

Şekil 1 ve Şekil 2'den de görüldüğü üzere DIT, sera dışı ve içi arasındaki sıcaklık farkı (Δt) artışına bağlı olarak artmıştır. DIT, sıcaklık farkının $2.01^{\circ}C$ olduğu sabah saat 08:00'de $123.65 W m^{-2}$ ile en düşük değerde iken, sıcaklık farkının $12.85^{\circ}C$ 'ye yükseldiği saat 13:00'da $809.31 W m^{-2}$

değerine yükselmiştir. Günün ilk yarısında (08:00-12:00), sıcaklık farkının düşük ($5.78^{\circ}C$) olması nedeniyle, belirtilen saatler arasındaki dönemde duyulur ısı transferi $361.67 W m^{-2}$ olarak gerçekleşmiştir. Öğleden sonraki dönemde (13:00-16:00), ortalama sıcaklık farkının $6.87^{\circ}C$ değerine

ulaşması nedeniyle, bu dönemde duyulur ısı transferi de ortalama 430.92 W m^{-2} olarak belirlenmiştir. DIT, sera ortamı ve dış ortam havası arasındaki özgül nem farkından da etkilenmiştir. Sabah saatlerinde özgül nem farkının düşük olması

nedeniyle, seradaki bitki örtüsü yüzeyi kuru olduğundan, deneme serasındaki ısı enerjisinin önemli bir bölümü duyulur ısı akışı şeklinde transfer edilmiştir.



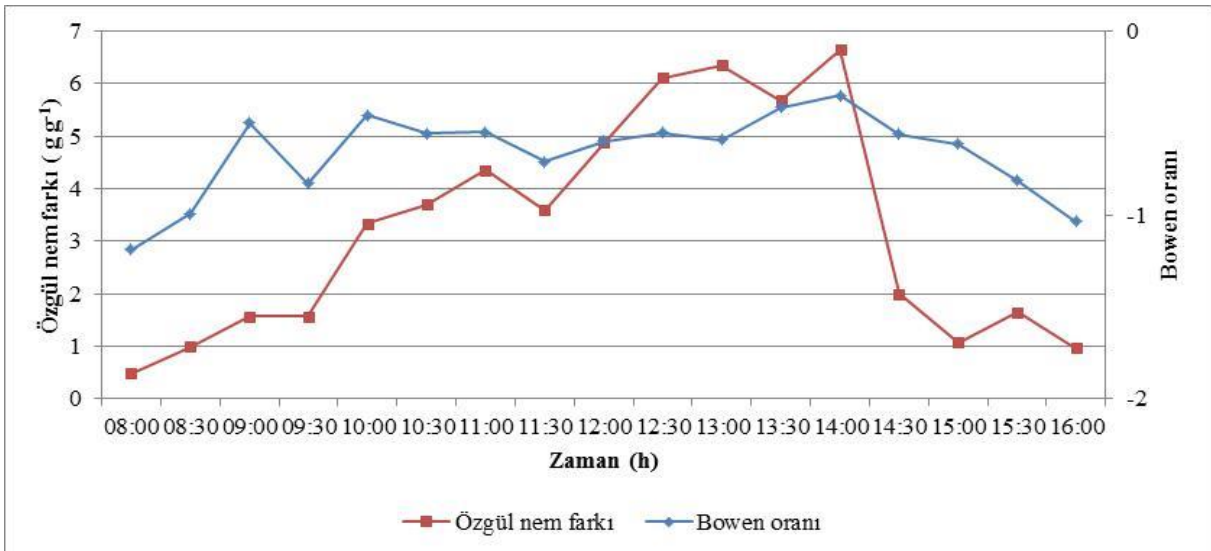
Şekil 2. Duyulur ve gizli ısı transferinin iç-dış sıcaklık ve özgül nem farkı ile ilişkisi

Serada gizli ısı transferi (Şekil 1 ve Şekil 2), sera ortamı ve dış ortam havası arasındaki özgül nem farkı artışına bağlı olarak artmıştır. GIT, özgül nem farkının 0.48 g g^{-1} kuru hava ile en düşük durumda olduğu sabah saat 08:00'de -103.86 W m^{-2} olarak hesaplanmıştır. Deneme serasındaki gizli ısı transferi, özgül nem farkının 6.64 g g^{-1} kuru hava değerine yükseldiği saat 14:00'de $-1430.81 \text{ W m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Günün ilk yarısında (08:00-12:00), ortalama özgül nem farkının düşük (2.72 g g^{-1} kuru hava) olması nedeniyle, belirtilen saatler arasındaki dönemde GIT ortalama -585.91 W m^{-2} olarak gerçekleşmiştir.

Öğleden sonraki dönemde (13:00-16:00), özgül nem farkı ortalama 3.81 g g^{-1} kuru hava

değerine ulaşmıştır. Bu dönemde, buharlaşma oranı yüksek olduğundan seradaki bitki örtüsünden enerjisinin büyük bir kısmı gizli ısı şeklinde transfer edilmiştir. Bu dönemde GIT ortalama -820.73 W m^{-2} olarak bulunmuştur. (Öztürk, 2004; Öztürk, 2006) serada duyur ısı transferi sıcaklık farkı ile, gizli ısı transferi de özgül nem farkı ile doğrusal olarak arttığını bildirmiştir. Yapılan çalışmada da benzer olarak DIT nin sıcaklık farkı ve GIT ninde özgül nem farkı ile doğrusal olarak arttığı görülmüştür.

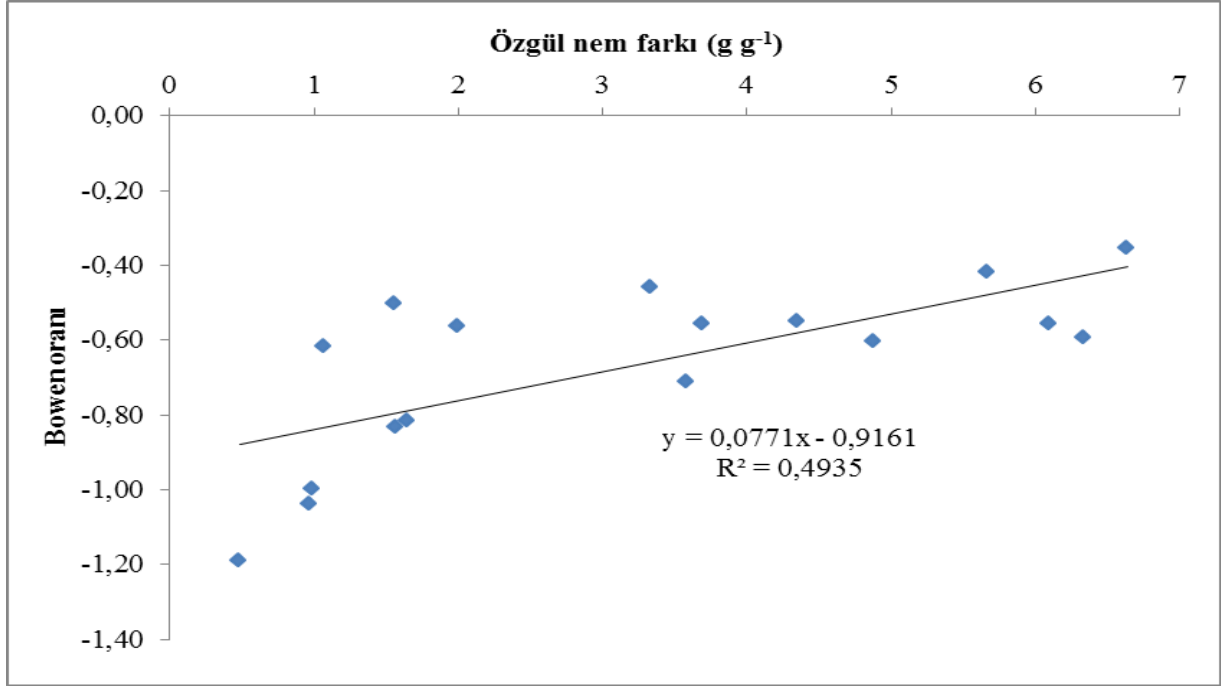
Çalışmada, Bowen oranı (β) değerleri ve sera ortamı ile dış ortam arasındaki özgül nem farkının zamana bağlı olarak değişimi Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Bowen oranı ve özgül nem farkının zamana bağlı değişimi

Şekil 3 ve Şekil 4'e bakıldığında, özgül nem farkının 0.48-6.64 g g⁻¹ kuru hava arasında değişmiştir. Sera ortamı ile dış ortam arasında özgül nem farkı ortalama 3.23 g g⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Şekil 3'te belirtilen saatler arasında β değeri, -0.35 ve -1.19 arasında değişim göstermiştir. Ölçüm yapılan saatler arasındaki ortalama β değeri ortalama -0.67 olarak

belirlenmiştir. Buna göre β , özgül nem farkının artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Sabah saatlerinde (08:00-12:00) β değeri (-0.71), öğleden sonraki (13:00-17:00) değerlere (-0.62) kıyasla daha yüksektir. Bu durum, günün ilk yarısında ortalama sıcaklık farkının düşük (5.78 °C) olması nedeniyle, duyulur ısı transferinin de günün ikinci yarısına kıyasla daha düşük olduğu anlamına gelir.



Şekil 4. Bowen oranı ve özgül nem farkı arasındaki ilişki

Öztürk (2004), yapmış olduğu çalışmasında, β değerleri dikkate alındığında, deneme serasında GIT nin DIT inden daha fazla olduğunu bildirmiştir. β 'nin (-) değerinde olmasının, sera içerisindeki hava sıcaklığının dış ortam hava sıcaklığından daha düşük ve özgül nemin dış ortamdan daha yüksek olduğunu gösterir. Bu koşullar altında, seradaki bitki örtüsüne doğru DIT gerçekleşmesine karşın, bitki örtüsünden ise GIT nin gerçekleştiğini bildirmiştir. (Mutwiwa ve ark., 2007) fan ped serinletme sistemleri havadaki duyulur ısıyı gizli ısıya dönüştürerek ısı yükünü azaltır ve bitki gelişimi için uygun sera içi ortamı sağlar. Yapılan çalışmada elde edilen verilere bakıldığında, yapılan çalışma ile benzer olarak sera içerisinde sistemlerin çalıştığı süre içerisinde GIT nin, DIT inden daha fazla olduğunu belirlenmiştir.

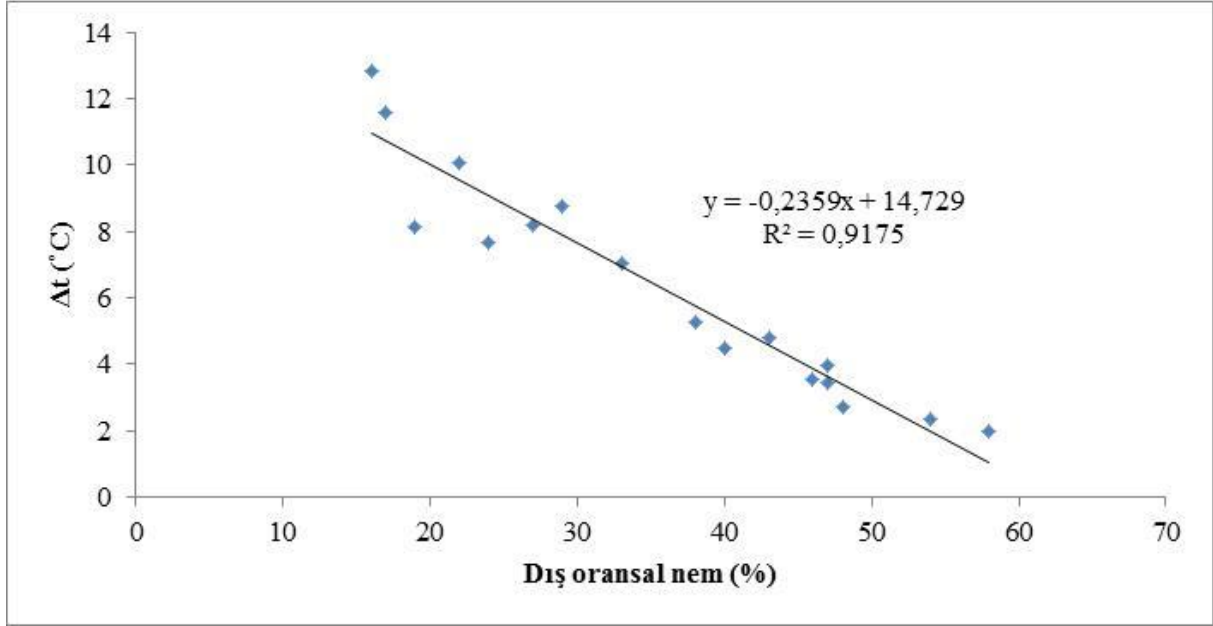
Denemenin yürütüldüğü serada, dış oransal neme bağlı olarak ulaşılan dış ve iç sıcaklık farkı Şekil 5'te verilmiştir.

Çalışmada, ulaşılan dış ve iç sıcaklık farkı, dış ortam havasının bağıl nem oranının azalmasına bağlı olarak artmıştır. Buna göre dış oransal nemin

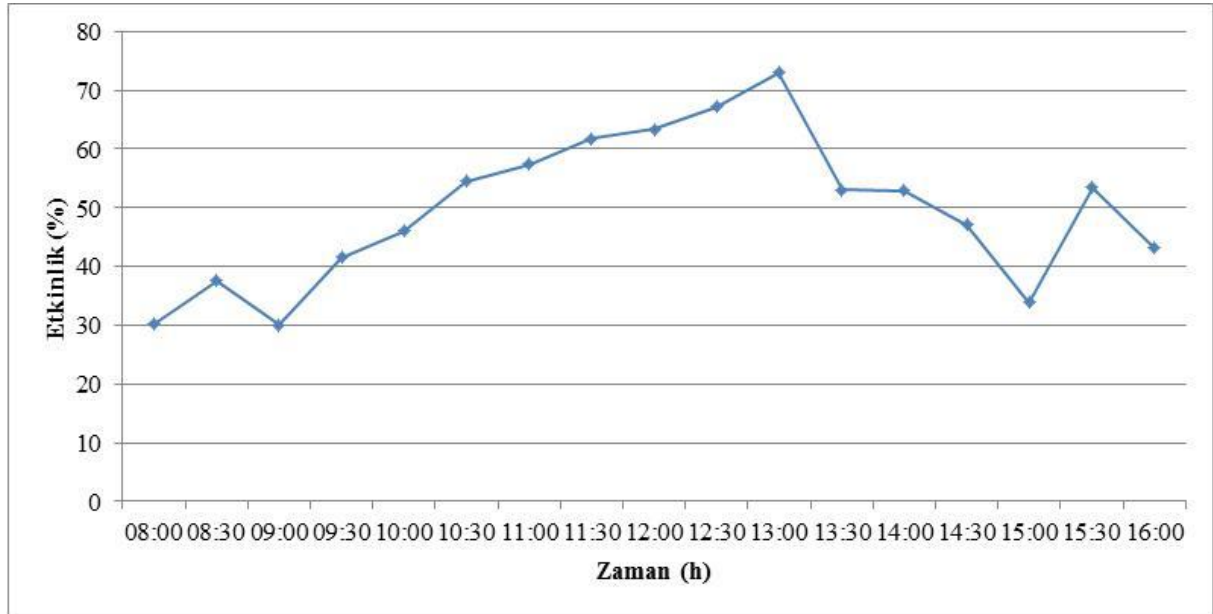
% 16 olduğu zamanda dış ve iç sıcaklık farkı 12.85 °C ile en yüksek, dış oransal nemin % 58 olduğu zamanda 2.01 °C ile en düşük değere ulaşmıştır.

Denemenin yürütüldüğü serada, fan-ped serinletme sisteminin etkinliğinin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 6'da verilmiştir.

Serinletme etkinliği, saat 08:00'de %30 ile en düşük ve saat 13:00'de %73 ile en yüksek değere ulaşmıştır. Deneme süresince, fan-ped sisteminin etkinliği ortalama %50 olarak hesaplanmıştır. Araştırmacılar fan-ped serinletme sisteminin etkinliğini %40-80, iç sıcaklık değerlerini ise yaklaşık 15 °C ye kadar azaldığını belirlemişlerdir (Arbel ve ark., 1999; Al-Amri, 2000; Kittas ve ark., 2001; Kittas ve ark., 2003; Davies 2005; Fuchs ve ark., 2006). Bu çalışmada fan-ped nemlendirmeli serinletme sisteminin etkinliği %30-73 arasında ortalama olarak % 50, dış-iç ortam arasındaki sıcaklık farkını ise 2.01-12.85 °C arasında ortalama 6.29 °C olarak bulunmuştur. Bu değer, daha önce farklı çalışmalarda belirlenen değerler ile uyum göstermektedir.



Şekil 5. Dış oransal neme bağlı olarak ulaşılan dış ve iç sıcaklık farkı



Şekil 6. Serinletme etkinliğinin zamana bağlı değişimi

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde yaygın olarak ekolojik koşullara bağlı olarak gelişen seracılık faaliyetlerinde teknoloji kullanımı kısıtlı olsa da son zamanlarda kurulan modern seralarda ısıtma ve serinletme sistemleri önem kazanmıştır. Serinletme yönünden ele alındığında, sıcaklıkların artmaya başladığı dönemlerde serinletme uygulamaları için gerekli enerji maliyetinin yüksek olması ve buna karşın açık tarla yetiştiriciliğinin bu döneme rast gelmesi ve pazar fiyatlarını düşürmesi, yaz dönemlerinde serinletme sistemlerinin kullanımını sınırlandıran en büyük etmenlerden biridir. Ancak, seralarda serinletme sistemlerinin kullanımında uygun fan seçimi, ped alanı boyutları, sera açıklıklarında

sızdırmazlıkların sağlanması, sistemin dış ortamla bağlı nem değerlerinin düşük olduğu yerlerde kurulması gibi proje hazırlık aşamasında yapılan işlemlerin doğru planlanması oldukça önemlidir. Bunun yanında sistemlerin enerji gereksinimlerinin güneş enerjisi yardımıyla karşılanması, fan ped sisteminin gölgelendirme tülleri ve dıştan boyama gibi enerji maliyeti olmayan malzemeler ile birlikte kullanılması serinletme etkinliğini arttıracak ve enerji maliyetlerini düşürerek yaz dönemlerinde de üretime devam edilebilecektir. Yapılan çalışmada, görüldüğü üzere fan-ped sisteminin buharlaştırma etkisi nedeniyle, çalışma yapılan serada GIT, DIT den daha fazladır ve iç sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerine göre yaklaşık 12.85 °C ye kadar

düşürülebilmekte ve bitki yetiştiriciliği için uygun iç ortam sıcaklık değerleri oluşturarak üretime devam edilebileceği görülmektedir.

Kaynaklar

- Al-Amri, A.M.S. 2000. Comparative use of greenhouse cover materials and their effectiveness in evaporative cooling systems under conditions in eastern province of Saudi Arabia. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 31(2): 61-66.
- Al-Helal, I. M. 2001. A survey Study of Cooling Pads Clogging Problem for Greenhouses and Poultry Buildings in Central Region of Saudi Arabia. *Research Bulletin. Research Bulletin No. 105. Agricultural research center, College of Agriculture, King Saud University. Riyadh, Saudi Arabia.*
- Arbel, A., Yekutieli, O., Barak, M. 1999. Performance of a fog system for cooling greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, (72): 129-136.
- ASAE, 1994. *Plants: Greenhouses, Growth Chambers and other Facilities. ASAE Fundamentals Handbook (SI).*
- Baytorun, A.N., Tokgöz, H., Üstün, S., Akyüz, A. 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. Adana, Türkiye. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, Mayıs 1994, Çukurova Üniversitesi, s. 303-313.
- Bottcher, R.W., Baughman, G.R., Kesler, D.J. 1989. Evaporative cooling using a pneumatic misting system. *Trans. ASAE.* (32): 671-676.
- Cohen, Y., Stanhill, G., Fuchs, M. 1983. An experimental comparison of evaporative cooling in a naturally ventilated glasshouse due to wetting the outer roof and inner crop soil surfaces. *Agricultural Meteorology*, 28(3): 239-251.
- Davies, P.A. 2005. A Solar Cooling system for greenhouse food production in hot climates. *Solar Energy*, (79): 661-668.
- Fuchs, M., Dayan, E., Presnov, E. 2006. Evaporative cooling of a ventilated greenhouse rose crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, (138): 203-215.
- Helmy, M. A., Eltawil, M.A., Abo-shieshaa, R.R., El-Zan, N.M. 2013. Enhancing the evaporative cooling performance of fan-pad system using alternative pad materials and water film over the greenhouse roof. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(2): 173-187.
- Kittas, C., Katsoulas, N., Baille, A. 2001. Influence of greenhouse ventilation regime on the microclimate and energy portioning of a rose canopy during summer conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79(3): 349-360.
- Kittas, C., Bartzanas, T., Jaffrin, A. 2003. Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*, 85(1): 87-94.
- Mutwiwa, N.U., Max, J.J.F., Tantau, H.J. 2007. Effect of greenhouse cooling method on the growth and yield of tomato in the tropics. *Conference on International Agricultural Research for Development*, October 9-11, Göttingen, p. 1-4.
- Öztürk, H.H. 2004. Venlo tip cam serada fan-ped serinletme sisteminin etkinliği ile duyulur ve gizli ısı transferi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(4): 381-388.
- Öztürk, H.H. 2006. Effect of a fogging system on sensible and latent heat transfer in a plastic greenhouse. *Agricultural Mechanization Asia, Africa and Latin America (AMA)*, 37(3): 52-61.
- Willits, D.H. 2000. Constraints and limitations in greenhouse cooling: challenges for the next decade. *Acta Hortic.*, 534: 57-66.