

Derleme Makalesi/Review Article

Seralarda soğutma pedi olarak yerel malzemelerin kullanımı olanaklarının araştırılması

Sedat BOYACI^{1*}, Adil AKYÜZ², Merve Nur EREN³

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, TÜRKİYE
²⁻³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, TÜRKİYE

¹Orcid:0000-0001-9356-1736,²Orcid:0000-0002-2120-0680,³Orcid:0000-0002-4221-6120

Alınış tarihi: 17 Aralık 2020

Düzeltilme tarihi: 31 Aralık 2020

Kabul tarihi: 31 Aralık 2020

Özet: Seralarda yaz aylarında sera iç ortamında meydana gelen aşırı sıcaklık yükselmeleri bitki yetiştiriciliğini sınırlandırmaktadır. Bu dönemlerde uygulanan doğal havalandırma ve zorunlu havalandırma uygulamaları yetersiz olmaktadır. Ancak iç sıcaklık değerlerini düşürmek amacıyla kullanılan evaporatif serinletme yöntemleri havanın duyulur ısısını gizli ısıya dönüştürerek iç ortam sıcaklık değerlerini düşürmenin yanında ortamdaki bağıl nem değerlerini arttırarak yetiştiriciliğe imkân tanımaktadır. Bu evaporatif serinletme yöntemlerinden biri de fan ped serinletme yöntemidir. Bu sistemde ticari olarak kullanılan selüloz esaslı ped malzemesinde iç ortam hava sıcaklığının, dış ortam havasının sıcaklığına göre 5-15°C altına düşürülebileceğini ve sistem etkinliğinin ise yaklaşık %80 olabileceği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Ancak ped maliyetinin yüksek olması sistemin kullanılmasını sınırlandıran en büyük etmenlerden biridir. Bu amaçla kırsal bölgelerde atık olarak değerlendirilecek birçok yerel malzeme (kabak lifi, saman, çuval bezi, kavak talaşı, hindistan cevizi lifleri, odun talaşı, samar, japon şemsiyesi, topalak, kenevir, palash ağacı, pomza taşı, volkanik tüf) araştırmacılar tarafından denenmiştir. Araştırmacılar, bu malzemelerin ticari olarak kullanılan pedlere alternatif olarak düşük maliyet ile kullanılabilmesi ve iç ortam hava sıcaklığının, dış ortama göre 3-13°C düşürülebileceğini ve sistem etkinliğinin ise yaklaşık %80 olduğunu bildirmektedirler. Yapılan bu çalışmada, Türkiye'deki örtü altı alan ve üretim miktarları, seralardaki serinletme ihtiyacı, yerel olarak kullanılacak malzemelerin verimlilikleri ve ped malzemesinde aranacak özellikler literatür verileri ile tartışılarak kullanım olanakları hakkında bilgiler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Sera, evaporatif serinletme, fan ped, yerel ped malzemesi

Investigating the possibilities of using local materials as cooling pads in greenhouses

Received: 17 December 2020

Received in revised: 31 December 2020

Accepted: 31 December 2020

Abstract: In the greenhouses, the excessive temperature increases that occur in the greenhouse indoor environment during the summer months limit the cultivation of plants. Natural ventilation and compulsory ventilation practices applied during these periods are insufficient. However, evaporative cooling methods used to reduce these internal temperature values allow cultivation by converting the sensible heat of the air into latent heat, reducing the indoor temperature values as well as increasing the relative humidity values in the environment. One of these evaporative cooling methods is the fan pad cooling method. In this system, it has been determined by the researchers that the indoor air temperature can be reduced below 5-15°C according to the temperature of the outdoor air in the cellulose-based pad material used commercially, and the system efficiency can be approximately 80%. However, the high cost of pads is one of the biggest factors limiting the use of the system. For this purpose, many local materials that will be considered as waste in rural areas (luffa, straw, sackcloth, aspen shavings, coconut fibers, wood shavings, samar, purdy, Nut-grass or Se'd, khus, palash tree fibers, pumice stone, volcanic tuff) are tried by researchers. They calculated that these materials can be used at low cost as an alternative to commercially used pads and that the indoor air temperature can be reduced to 3-13°C below the temperature of the outdoor air, and the system efficiency is approximately 80%. In the study, information about the greenhouse area and production amounts in our country, the need for cooling in the greenhouses, the efficiency of the materials that can be used locally and the features to be sought in the pad material are discussed with the literature data and information about the usage possibilities.

Anahtar Kelimeler: Greenhouse, evaporative cooling, fan pad, local pad material

To Cite: Boyacı S, Akyüz A, Eren MN 2020. Seralarda soğutma pedi olarak yerel malzemelerin kullanımı olanaklarının araştırılması. Biosystems Müh Derg 1(2): 87-98.

1. Giriş

Seralar, bitkileri olumsuz iklim etkilerinden korumak ve bitkisel üretim için tüm yıl boyunca elverişli bir ortam sağlamak için kullanılan yapılardır. Bu yapılar, yüksek yağış, güneş ışınımı, yabancı ot rekabeti gibi açık alan üretiminin yüksek tehlikelerinin yanı sıra hastalıklar, böcekler, yüksek sıcaklık ve bağıl nemden kaynaklanan zararların üstesinden gelmek için kullanılırlar (Sharma ve Salokhe, 2006). Yetiştiricilik açısından olumsuz iklim koşullarının yaşandığı bölgelerde, başarılı bir bitkisel üretimi için, seranın içindeki hava sıcaklığının düşürülmesi veya sıcaklığın yaz aylarında ortam sıcaklığına daha yakın bir şekilde düzenlenmesi gereklidir. Bir sera sistemindeki büyüme koşulları genellikle karbondioksit, sıcaklık, bağıl nem, ışık ve ışınım gibi etkili büyüme faktörlerinin izlenmesiyle elde edilir. Bu sayede seralar, birçok bitkisel ürünün mevsim dışı üretimi için daha iyi bir yetiştiricilik imkânı sunar (Al-Amri, A., 2000). Serada yetiştirilen bitkiler genel olarak 17-27°C arasındaki sıcaklıklara adapte olmuşlardır (von Zabeltitz, 2011). Bu sıcaklık değerlerinin üzerinde, bitki gelişmesi devam eder, çiçeklenme meydana gelir, ancak polen çimlenmesi kötüleşir, polen tüpü meydana gelse de yeterli derecede uzayamaz ve dölleme oluşmadığı için çiçek dökülür ve partenokarpik küçük meyveler meydana gelmesiyle verim azalır (Vural ve ark., 2000). Bu nedenle, Akdeniz iklimine sahip ülkelerde bitki stresini önlemek ve pazara kaliteli ürün sunabilmek için seraların serinletilmesi gereklidir (Hanan ve ark., 1978). Akdeniz ülkelerinde yaz aylarında seralarda yüksek sıcaklık ($T > 35^{\circ}$) ve buhar basıncı açığı ($VPD > 3$ kPa) meydana gelmektedir. Bu koşullar seralarda üretilen ürünlerin kalite ve miktarının düşmesine neden olmaktadır. Sera ortamının serinletilerek, bitkilerin daha uygun koşullarda yetiştirilebilmesi için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Daha ucuz ve daha kolay bir işlem olduğundan doğal havalandırma genellikle ilk adım olarak düşünülse de bu yöntem genelde güneşli yaz günlerinde içerideki aşırı enerjinin dışarı atılmasında yeterli değildir (Baille, 1999). Bu nedenle, diğer serinletme yöntemlerinin havalandırma ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Sera içerisinde optimum iklim koşullarının sağlanması için en etkili çözüm yollarından biri evaporatif serinletme sistemlerinin kullanılmasıdır. Bu sistemin çalışma prensibinin temelinde hissedilir ısının gizli ısıya dönüştürülmesi vardır. Bu işlem için gerekli olan su, sera ortamına doğrudan sisleme veya ıslak pedler ile verilir. Evaporatif serinletme eş zamanlı olarak sıcaklık ve buhar basıncı açığını düşürür ve sera iç sıcaklığının dış hava sıcaklığından daha düşük olması sağlar (Cohen ve ark., 1983; Arbel ve ark., 1999; Willits, 1999). Serinletme sistemleri kuru hava sıcaklıklarında çok etkili olmasına rağmen, nemli kıyı iklimlerinde de etkili sonuçlar verebilmektedir (Montero ve ark., 1990; Montero ve Segal, 1993). İklim değişiklikleri ve artan nüfus nedeniyle seralar önümüzdeki yıllarda giderek daha fazla önem kazanacaktır (Saltuk 2019; Saltuk ve Mikail, 2019). Güney Avrupa'da seracılık sektörü Afrika'nın kuzeyi gibi üretim maliyetlerinin, işgücü maliyetleri dahil, önemli ölçüde daha

düşük olduğu bölgelerle güçlü bir uluslararası rekabetle karşı karşıyadır. Sera ürünlerinin sürdürülebilirliğini iyileştirmek için nihai üretim kalitesini iyileştirmek, mahsul verimini artırmak ve maksimum üretim dönemlerini değiştirmek gerekir. Bu gereksinimler, sera teknolojisinde sürekli ilerlemelere yol açmıştır. Bu teknolojinin bir sonucu olarak, Akdeniz havzası gibi ilkbahar-yaz sıcaklıklarının yüksek olduğu bölgelerde seralara evaporatif soğutma sistemleri kurulmaktadır. Bu sistemler, hava nem içeriğini artırarak sera içindeki sıcaklığı düşürür. Böylelikle, az yapraklı ve yüksek evapotranspirasyon gereksinimi olan bitkilerin gelişme aşamalarında uygun nem seviyeleri korunarak, bazı sonbahar-kış mahsullerinin ekim tarihi Ağustos ortasına getirilebilir. Sonuç olarak mahsul, ürünün daha yüksek fiyatlar getirdiği bir zamanda hasat edilebilir (Franco ve ark., 2011). Evaporatif soğutma pedlerinin kullanımı güvenilir bir yöntemdir ancak yüksek miktarda güç tüketimini gerektirir. Evaporatif serinletme sistemleri, buharlaştırılmış suyun hissedilir ısıdan gizli ısıya değiş tokuşuna dayanır. Hava sıcaklığındaki düşüş, havadaki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Böylece nem arttıkça sıcaklık düşer, işlem sırasında havanın entalpisi sabit kalır. Fan ped, sisleme ve çatı buharlaştırmalı serinletme sistemleri, mevcut evaporatif serinletme yöntemlerinden bazılarıdır (Ganguly ve Ghosh, 2011). Sıcak dönemlerde sera içerisini serinletmek için kullanılan serinletme sistemleri sıcaklık ve nemi kabul edilebilir sınırlar içerisinde azaltmaya yardımcı olmasına rağmen uygun işletilen iklimlendirme ekipmanları ve serinletme miktarını belirlemeye yararlı olacak güvenilir model ve hesaplamalara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Kittas ve ark., 2003). Bazı ülkelerde, tarımsal yapılarda fan-ped buharlaştırmalı soğutma sistemleri kullanma eğilimi artmaktadır, ancak bu artışın oranı ticari ped malzemelerinin yüksek maliyetleri tarafından engellenmektedir (Liao ve Chiu, 2002). Ticari olarak kullanılan pedlerin yüksek maliyetli oluşu, düşük gelirli çiftçilerin bu pedleri kullanmasını sınırlandıran en büyük etmenlerden biridir. İyi bir ped malzemesinde, hava hareketine karşı az direnç göstermesi, geniş bir yüzey alanı oluşturarak iyi bir nemlendirme sağlaması, nemi üzerinde uzun süre tutabilme özelliklerine sahip olması gibi özellikler aranır (Boyacı ve Akyüz, 2019). Ticari olarak kullanılan serinletme pedlerinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle özellikle kırsal kesimde bulunan tarımsal yapılar için uygun yerel malzemelerin performansını değerlendirme çalışmalarına ihtiyaç vardır (Elmsaad ve Omran, 2015).

Bu çalışmada, sera iç sıcaklıkları düşürerek iç ortam bağıl nem değerlerini yükseltmek amacıyla kullanılan ticari pedlerin yüksek maliyetli olması nedeniyle serinletme pedlerine alternatif olarak kullanılacak bazı yerel malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar incelenerek yerel malzemelerin performansları ortaya konulmuştur. Aynı zamanda bu malzemelerin seçiminde ve kullanılması sırasında dikkat edilecek hususlar için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

2. Türkiye’de Seraların Mevcut Durumu ve Serinletme Gereksiniminin Belirlenmesi

Türkiye’de 1940’lı yıllarda ekolojik koşullara bağlı olarak gelişim gösteren örtü altı yetiştiriciliği her geçen gün alan ve üretim miktarı bakımından gelişim göstererek dünyanın önemli örtü altı merkezlerinden biri haline gelmiştir. Son yıllarda, havalandırma, ısıtma ve serinletme uygulamalarının mevcut olmadığı düşük teknolojiye sahip seralar yerini modern yapılara bırakmaktadır. Bu yapılarda doğal havalandırma, zorunlu havalandırma, serinletme uygulamaları, ısıtma ve karbondioksit gübrelemesi gibi uygulamalar yapılmakta ve birim alan başına verim arttırılmaktadır. Türkiye’de niteliklerine göre tarım alanları Çizelge 1 ve örtü altı sebze ve meyve üretimi Çizelge 2 de verilmiştir. Buna göre Türkiye’de plastik sera alanı %48, cam sera alanı %10, alçak tünel %28 ve yüksek tünel alanı %14 tür. Türkiye’nin bölgelere göre örtü altı tarım alanlarına bakıldığında Akdeniz bölgesi %86 ile ilk sırada olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Niteliklerine göre örtü altı tarım alanlarının bölgesel dağılımı (dekar)

BÖLGE ADI	Cam sera	Plastik sera	Yüksek tünel	Alçak tünel	Toplam
Akdeniz	68769	311992	78137	216711	675608
Ege	6065	47930	12160	6449	72605
Marmara	284	10152	8939	220	19596
Karadeniz	6	3218	10873	814	14912
Güneydoğu Anadolu	172	2285	32	78	2567
Doğu Anadolu	51	1924	223	28	2226
İç Anadolu	148	1169	674	100	2090
Toplam	75495	378670	111038	224400	789603

Alan bakımından ilk sırada bulunan Akdeniz bölgesinin örtü altı sebze ve meyve üretimine bakıldığında Türkiye’deki toplam üretimin yaklaşık %82’sinin Akdeniz bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu üretim içerisinde domates 4083681 ton (%48) ile ilk sırayı almaktadır.

Çizelge 2. Türkiye’de örtü altı sebze ve meyve üretimi (ton)

Bölge Adı	Toplam	Biber	Çilek	Domates	Fasulye (Taze)	Hıyar	Kabak (Sakaz)	Karpuz	Kavun	Marul	Muz	Patlıcan	Diğer
Akdeniz	6881837	729002	153000	3137800	44961	797051	183850	862483	203604	48964	421645	293341	6136
Ege	1057838	6278	41861	734472	9916	172884	27026	14985	1711	17966	3192	26516	1031
Güneydoğu Anadolu	34509	2999	-	15273	90	14817	-	-	25	35	-	1240	30
Doğu Anadolu	34771	398	90	11788	0	22208	0	0	0	98	0	45	144
Marmara	189838	4027	255	67845	1877	68703	0	37	0	29448	0	110	17536
İç Anadolu	27250	235	0	21243	31	4697	12	0	0	904	0	39	89
Karadeniz	210573	6830	0	95260	2418	76637	1065	0	0	20173	0	1718	6472
Toplam	8436616	749769	195206	4083681	59293	1156997	211953	877505	205340	117588	424837	323009	31438

Akdeniz bölgesinde yoğunlaşan seracılık faaliyetlerin son yıllarda tüm bölgelerde yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Akdeniz sahil şeridinde yoğunlaşan seracılık

faaliyetlerinde ise Mayıs ayından itibaren yüksek iç sıcaklık görülmekte ve yaz aylarında bu 40°C'ye kadar çıkmakta ve bu yüksek iç sıcaklık bitki yetiştiriciliğine olanak tanımamaktadır. Çünkü seralarda yetiştirilen domates biber, hıyar gibi sebzelerin 17-27°C'ye adapte oldukları dikkate alınacak olursa, iç ortam sıcaklıkları 27°C'nin üzerine çıktığında soğutma yapılmalı veya seralar boş bırakılmalıdır. Serada mutlak maksimum sıcaklık 35-40°C'nin üstüne çıkmamalı ve bağıl nem değerleri % 60-70 arasında olmalıdır (von Zabeltitz, 2011). Seralarda en ucuz iklimlendirme yöntemi doğal havalandırmadır. Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz sahil şeridinde uzun yıllık ortalama sıcaklık ve günlük toplam radyasyon değerleri incelendiğinde, seraların Ekim-Kasım, Mart-Mayıs dönemlerinde düzenli olarak havalandırılması, Kasım-Şubat döneminde havalandırılması ve ısıtılması, Haziran ve Eylül aylarında ise havalandırılması ve soğutulması gerekmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında ise yüksek sıcaklıktan dolayı (>27°C) seralar bu dönemde boş bırakılmaktadır (Baytorun ve ark., 2017). Atılğan ve Öz, (2007) yaz aylarında serin iklime sahip yörelerimizde dış sıcaklık 30-33°C'ye kadar yükselirken, sera içi sıcaklığı dış hava sıcaklığının üzerine çıkmaktadır. Bu dönemlerde seraların fan ped sistemiyle 10-12°C soğutulurken, sera içi sıcaklığı dış hava sıcaklığının altına düşürülerek yazın da seralarda üretime devam edilebilmektedir. Daives (2005) domates, biber ve hıyar yetiştirilen serada fan ped sisteminin etkinliğini araştırdığı çalışmada, fan ped sistemini kullanarak sera iç ortam sıcaklığını dış ortam sıcaklığına göre 15°C serinlettiğini ve bu sistemin diğer geleneksel serinletme sistemlerine göre 5°C kadar farkla daha iyi bir serinletme etkinliğine sahip olduğunu, domates ve hıyar gibi bitkilerin yetiştirme döneminin 7-12 ay arasına yayılabileceğini belirtmiştir.

Araştırmacıların bildirmiş olduğu gibi yüksek sıcaklıkların bitki yetiştiriciliğine uygun olmadığı dönemlerde düşük teknolojiye sahip seralar boş bırakıldığından üretim yıl boyu devam edememekte ve birim alandan alınan verim azalmaktadır. Ancak modern seralarda son yıllarda uygulanan evaporatif serinletme uygulamaları ile birlikte üretim, dış ortam sıcaklıklarının yüksek olduğu dönemlerde de devam etmektedir. Ancak evaporatif serinletme yöntemlerinden biri olan fan ped sisteminde selülozik esaslı ticari pedlerin maliyetinin yüksek olması özellikle düşük teknolojiye sahip seralarda kullanılmasını sınırlandıran etmenlerden biridir. Ancak ticari olarak kullanılacak pedlerin yerine mevcut yerel malzemelerin kullanılması amacıyla araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalarda ticari ped malzemesinin yerine kullanılacak malzemelerin serinletme etkinlikleri incelenmekte ve aynı zamanda çevresel atık oluşturacak bu malzemelerin kullanım olanakları son zamanlarda önem kazanmaktadır.

3. Yerel Malzemelerin Seralarda Soğutma Padi Olarak Kullanım Olanakları

Fan-ped sistemi için kabul edilen yöntem bir duvara fanlar, karşı kenara da pedlerin yerleştirilmesidir. Dışarıdaki hava sera içerisine ıslak pedden geçerek çekilir ve böylece hava nemlendirilerek serinletilir. Islak pedden geçen bu hava sera içerisindeki karşı kenarda bulunan fanlar yardımıyla çekilir. Böylece sera içerisinde aşırı ısı birikimi olmaz (Arbel ve ark., 2003). Araştırmacıların ticari olarak kullandıkları selüloz esaslı pedler ile yapılan çalışmalara bakıldığında, iç ortam hava sıcaklığının, dış ortama 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; Oz ve ark., 2009; Boyacı ve Akyüz, 2018; Boyacı, 2019). Araştırmacıların ticari olarak kullandıkları selüloz esaslı serinletme pedlerinde başarı düzeyleri oldukça yüksek olmasına rağmen bu pedlerin yüksek maliyetli olması (350 TL/m²) bu sistemin kullanılmasını sınırlandıran en büyük etmenlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak seralarda kullanılan bu pedlere alternatif olacak yerel malzemelerin kullanılması serada sıcaklıkların azaltılıp bağıl nem oranını artırılması yanında atık olarak değerlendirilen materyallerin değerlendirilmesi bakımından da son derece önemlidir.

Yerel malzemelerle yapılan çalışmalardaki başarı düzeylerine bakıldığında; (Elmsaad ve Omran, 2015) alternatif ped malzemeleri olarak ticari olarak kullanılan celdek pedlerin, yerel olarak bulunan kabak lifi pedlerinin, saman fiber pedlerin ve çuval pedlerin uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, evaporatif soğutma pedlerinin 3 farklı ped kalınlığı (50, 100 ve 150mm) ve 4 farklı hızda (0.7, 1.0, 1.5, 1.75 m s⁻¹) denemeye alınmıştır. Kabak lifi ped ortalama % 73.67 doygunluk verirken, saman lifi ped %71.87, celdek ped %70.33 ve çuval ped % 69 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, kabak lifi pedlerinin diğer buharlaştırılmalı soğutma pedlerinden daha iyi performans gösterdiğini ve ıslatılmış ped malzemesi olarak daha yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. (Vala ve ark., 2016) yerel olarak ucuza temin edilebilen pedleri ticari olarak satılan pedlerle karşılaştırmak için yapmış oldukları çalışmada, biri ticari celdek pedi, üçü yerel ped malzemesi, kavak talaşı, hindistan cevizi lifi, ve odun talaşı pedlerini, hava hızı, su akış hızı ve ped kalınlığı tüm ped malzemeleri için 11.6 ms⁻¹, 3 l/d ve 100 mm olarak alınmıştır. Çalışma sırasında dış hava koşulları 28-35°C sıcaklık ve %33-67 bağıl nem arasında değişim göstermiştir. Çalışmada, celdek ve odun talaşı pedde ortalama sıcaklık düşüşü 8°C ve 9.75°C olarak belirlenmiştir. Hindistan cevizi lifi ve odun talaşı pedler sırasıyla 3.5°C ve 3.25°C sıcaklık düşüşü elde edilmiştir. Celdek ve odun talaşı ile sıcaklıktaki düşüş yüzdesi, kavak talaşı ve hindistancevizi lifi ile karşılaştırıldığında sırasıyla %40 ve %43 daha yüksek olarak bulunmuştur. Bağıl nem tüm pedlerde %80'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. (Helmy ve ark., 2013) Mısır'da alternatif ped materyali kullandıkları çalışmalarında, 3 farklı bitkisel ped materyali *Cyperus Alopecuroides Rottb* (Samar), *Cyperus Alternifolius* (japon şemsiyesi) ve *Cyperus Rotundus l* (topalak) kullanmışlardır. Serinletme etkinliklerini 15 cm ped kalınlığı ve 0.45 m/s lik hızlarda topalak, japon şemsiyesi ve samar da

sırasıyla 88.4, 83.1 ve 79.6% olarak belirlemişlerdir. Gün ortasında 15 cm ped kalınlığı ve 0.45 m s^{-1} hava hızında topalak ped ile maksimum soğutma etkisi değeri 13°C olarak belirlenmiştir. Ped materyali olarak Topalak'ın yüksek etkinlik göstermesinden dolayı alternatif ped materyali olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda kullanılan pedlerin sera içerisindeki ısı stresini azalttığı belirlenmiştir. Bu durum sadece paradan tasarruf etmekle kalmamış, aynı zamanda tarımsal atıkların birikmesinden kaynaklanan sorunları da çözmüş ve herbisitlerin su tüketimini azalttığı bildirilmiştir Abdel-Rahamn, (2006) buğday samanı ve kavak talaşı kullanarak yaptıkları çalışmalarında, evaporatif soğutma malzemelerinden kaynaklanan hava sıcaklığı düşüşü $5-10^{\circ}\text{C}$ arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar, iki soğutma malzemesinin kullanılmasından kaynaklanan sıcaklık farklılıklarının $2-4^{\circ}\text{C}$ olduğunu göstermiştir. Her iki malzeme için de soğutma verimlerinin %45-75 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. (Kulkarni ve ark., 2015) Hindistan'da serinletme materyallerini araştırdığı çalışmalarında, hindistan cevizi lifi ve kenevir bitkisine kil karıştırarak ticari olarak kullanılan celdek pedler ile karşılaştırma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, hindistan cevizi lif ve kil karışımının celdek pedlere göre performans, ilk yatırım, bakım ve onarımda daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Jain ve Hindoliya (2014) Hindistan'da laboratuvar koşullarında yapmış oldukları çalışmalarında, 4 farklı ped materyalini (aspen, kenevir lifleri, hindistan cevizi lifleri, palash ağacı) teste tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda, palash ağacı liflerinin, aspen ve kenevir liflerine göre farklı hava hızlarında en yüksek doygunluğa ulaştığı belirtmişlerdir. Alodan ve Al-Faraj (2005) Suudi Arabistan'da yapmış oldukları çalışmalarında ticari selüloz ped ile karşılaştırıldığında selüloz olmayan pedlerin %73-%89 arasında serinletme etkinliği olduğunu belirtmişlerdir. Gunhan ve ark., (2007) Türkiye'de soğutma pedleri için bazı yerel malzemelerin uygunluklarını belirledikleri çalışmalarında, ticari olarak kullanılan celdek ped materyaline alternatif olarak (pomza taşı, volkanik tuf ve gölgeleme perdesi) kullanmışlardır. dört farklı hava hızında ($0.6, 1.0, 1.3$ and 1.6 m s^{-1}), dört farklı ($1.0, 1.25, 1.5$ and 1.75 l/dak) akış oranında ve üç farklı ($50, 100$ and 150 mm) kalınlıkta test etmişlerdir. Çalışma sonucunda 0.6 m/sn deki havalandırma hızlarında volkanik tuf materyalin celdek pede iyi bir alternatif olacağını bildirmişlerdir. (Ahmed ve ark., 2011) Sudan'da soğutma pedleri için üç farklı yerel malzemenin uygunluklarını araştırdıkları çalışmalarında üç farklı ped materyali (celdek ped, anız ve talaş) kullanmışlardır. Aynı zamanda bitki materyali olarak da hıyar bitkisi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, talaş ile serinletilen serada en yüksek verime ulaşırken, anız sapları ile serinletilen serada en düşük verimi almışlardır. Boyacı ve Akyüz, (2019), yapmış oldukları çalışmada, doğal havalandırma ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü uygulamaları yaparak bu uygulamaların iç ortam sıcaklık değerlerini azaltmada yetersiz kaldığı belirlenmiş ve evaporatif serinletme sistemlerinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Daha sonra serinletme materyali olarak celdek ped, rende talaşı, saman ve sistem etkinliğini arttırmak amacıyla malzemelerin gölgeleme tülü ile

kombinasyonları kullanılmıştır. Elde sonuçlara göre, celdek ped'te en yüksek serinletme etkinliği %56.722 iken gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %67.45'e çıkmıştır. Saman uygulamasında en yüksek serinletme etkinliği %29.96 iken saman+gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %32.77'ye ulaşmıştır. Rende talaşı uygulamasında en yüksek serinletme etkinliği %41.08 iken rende talaşı+gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %44.44'e ulaşmıştır. Çalışma sonucunda, ticari olarak üretilen celdek pedlerin sera içi sıcaklıkları düşürmede daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Yerel malzemelerde başarı oranının düşmesindeki neden dış ortamdan alınan kuru havanın serinletme pedlerinin içerisinden sera içerisine doğru yeterli miktarda hava iletememesinden kaynaklandığı ve bunun sonucu olarakta yerel malzemelerin serinletme etkinliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Araştırmacıların yerel olarak kullandıkları pedler ile yapılan çalışmalara bakıldığında, iç ortam hava sıcaklığının, dış ortam havasının sıcaklığına göre 3-13°C altına düşürülebileceğini ve sistem etkinliğini ise yaklaşık %80 olarak bildirilmiştir. Araştırmacıların yerel olarak kullandıkları serinletme pedlerinde başarı düzeyleri kullanılan malzemenin özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Araştırmacılar evaporatif ped sistemlerinde verimlilik düzeyinin artırılması için iyi bir ped malzemesinde aranılacak temel özelliklerin; Franco ve ark. (2014) ped tarafından buharlaştırılan su miktarı, dış havanın sıcaklığı ve oransal nemi, ped boyunca havanın akış hızı ve pedlerin geometrisi ile ilgili olduğunu bildirmiştir. (Warke ve Deshmukh., 2017) ise evaporatif ped sistemlerinin verimliliği, yüzey alanı ve pedin kalınlığı, pede kullanılan malzemenin tipi, deliklerin büyüklüğü, akış hızı ve pedin içinden geçen havanın oransal nemi ve kullanılan suyun hacmi gibi birçok faktörden etkileneceğini belirtmiştir. Dzivama ve ark. (1999) ise bir ped malzemesi serbest hava akışına izin verecek kadar gözenekli, suyu emebilen ve buharlaşmaya izin verecek nitelikte, doyumluğa ulaşmak için temas süresi boyunca yeterli miktarda hava ve suyla azami miktarda ıslanmış yüzey alanına sahip, malzemenin yerel olarak mevcut ve ucuz, istenen şekil ve ebatla kolayca şekillendirilebilir olması gerektiğini bildirmiştir. Vala ve ark. (2016) ticari pedin, daha fazla hava-su teması oluşturarak daha iyi doyma verimliliği oluşturduğunu bununla birlikte, performans dış havaya bağlıdır, ancak yerel malzemelerin doyumluk verimliliği ped içerisinde iyi gözeneklilik ve hava-su teması oluşturarak daha da artırılabilirliğini bildirmiştir. Boyacı ve Akyüz, (2019) ticari ve yerel malzemeleri (saman ve rende talaşı) karşılaştırdıkları çalışmalarında, ticari olarak kullanılan celdek pedlerin serinletme etkinliği açısından en iyi ped malzemesi olduğunu bildirmişlerdir. Celdek pedlerin fabrikasyon ürün olması, pedlerde bulunan boşlukların ve malzeme kalınlığının eşit olması, üzerinde bulunan ve eşit dağılan boşlukların hava hareketine karşı daha az direnç göstermesi celdek pedlerin çalışmadaki en önemli özelliği olmuştur. Yerel olarak kullanılan talaş ve saman pedlerde, nem tutma kapasitesi olarak herhangi bir sorun olmamasına karşı malzemenin üst üste yığılması nedeniyle ped içerisinden geçen hava hareketine karşı pedlerin

direnç göstermesi malzemelerin çalışmadaki en büyük dezavantajı olmuştur. Bu nedenle, yerel malzemelerin farklı kalınlık, akış ve havalandırma hızlarında araştırılmasına çalışmalarına ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir.

4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye’de ekolojik koşullara bağlı olarak gelişen seracılık faaliyetleri yıllar itibariyle düşük teknoloji seralardan yüksek teknoloji seralara doğru bir gelişme göstermiştir. Bu seralarda yaz dönemlerinde artan iç sıcaklık değerlerinin bitki yetiştiriciliğine olanak tanımadığı dönemlerde evaporatif serinletme sistemleri aracılığıyla iç ortam sıcaklık değerleri dış ortam sıcaklık değerlerinin altına düşürülerek üretim bu dönemlerde de devam edebilmektedir. Ancak bu sistemde kullanılan ticari ped malzemelerinin maliyetinin yüksek olması bu pedlerin kullanımını sınırlandıran en önemli etkenlerden biridir. Bu amaçla yapılan çalışmalar incelendiğinde yerel olarak bulunması kolay ve ucuz yerel malzemelerin (kabak lifi, saman, çuval bezi, kavak talaşı, hindistan cevizi lifleri, odun talaşı, samar, japon şemsiyesi, topalak, kenevir, palash ağacı, pomza taşı, volkanik tüf) nem tutma özelliğine bağlı olarak iç ortam sıcaklıklarını düşürmede ve bağıl nem oranını arttırmada olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda atık olarak değerlendirilen pek çok malzemenin bu yöntem sayesinde ikincil bir kullanım alanı bulması, çevre kirliliğinin azaltılması bakımından önemli olacaktır.

Kaynaklar

- Abdel-Rahamn, G.M., 2006. Air temperature distribution along two greenhouses with different evaporative cooling materials. *Misr J. Ag. Eng.*, 23(2): 463- 475.
- Ahmed, EM., Abaas, O., Ahmed, M., Ismail, MR., 2011. Performance evaluation of three different types of local evaporative cooling pads in greenhouses in Sudan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18: 45–51.
- Al-Amri, A., 2000. Comparative use of greenhouse covers materials and their effectiveness in evaporative cooling in eastern province of Saudi Arabia. *Agricu. Mech. in Asia, Africa and Latin America*, 31(2): 61-66.
- Alodan, MA., Al-Faraj, AA., 2005. Design and evaluation of galvanized metal sheets as evaporative cooling pads. *J. King Saud Univ*, 18: Agric Sci 1: 9-18.
- Arbel, A., Barak, M., Shklyar, A., 2003. Combination of forced ventilation and fogging systems for cooling greenhouses. *Biosystems Engineering*, 84(1): 45-55.
- Arbel, A., Yekutieli, O., Barak, M., 1999. Performance of a fog system for cooling greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, (72): 129-136.

- Atılğan, A., Öz, H., 2007. Serin iklime sahip bölgelerdeki seraların fan ped sistemiyle serinletilmesi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, 24(1): 11-18.
- Baille, A., 1999. Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. *Acta Horticulture*, 491: 37-47.
- Baytorun, A.N., Tokgöz, H., Üstün, S., Akyüz, A., 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. Adana, Türkiye. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, Mayıs 1994, Çukurova Üniversitesi, 303-313s.
- Baytorun, A.N., Üstün, S., Akyüz, A., Önder, D., 2017. Akdeniz iklim koşullarında seralarda havalandırma açıklık oranlarının belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4): 409-415.
- Boyacı, S., Akyuz, A., 2019. Determination of the suitability of some local materials as cooling pad in greenhouses. *MKU. Tar. Bil. Derg. 24 (Özel Sayı) :257-268.*
- Boyacı, S., 2019. Fan-ped serinletme sisteminin duyulur ve gizli ısı transferine etkisi ve sistem etkinliğinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(1): 64-70.
- Boyacı, S., Akyüz, A., 2018. Effect of greenhouse cooling methods on the growth and yield of tomato in a Mediterranean climate. *International journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*, 2(6): 199-207.
- 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.
- Dzivama, A.U., Bindir, U.B., Aboaba, F.O., 1999. Evaluation of pad materials in construction of active evaporative cooler for storage of fruits and vegetables in arid environments. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 30(3): 51-55.
- Elmsaad, E., Omran, A., 2015. Evaluating the effect of new local materials of evaporative cooling pads. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 15(1): 78-84.
- Franco A, Valera DL, Peña A (2014) Energy efficiency in greenhouse evaporative cooling techniques: cooling boxes versus cellulose pads. *Energies*, 7: 1427-1447.
- Franco, A., Valera, D.L., Peña, A., Perez, A.M., 2011. Aerodynamic analysis and CFD simulation of several cellulose evaporative cooling pads used in Mediterranean greenhouses. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76:218–230.
- Fuchs, M., Dayan, E., Presnov, E., 2006. Evaporative Cooling of a Ventilated Greenhouse Rose Crop *Agricultural and Forest Meteorology*, (138): 203–215.
- Ganguly, A., Ghosh, S., 2011. A review of Ventilation and Cooling Technologies in Agricultural Greenhouse Application. *Iranica J. Ener. Environ.*, 2(1): 32-46.

- Gunhan, T., Demir, V., Yagcioglu, A.K., 2007. Evaluation of the suitability of some local materials as cooling pads. *Biosystems Engineering*, 96(3): 369-377.
- Hanan, J.J., Holley, W.L., Goldberry, K.L., 1978. *Greenhouse Management*. Advances Series in Agricultural Sciences, Vol. 5. Springer-Verlag, Berlin.
- Helmy, MA., Eltawil, MA., Abo-shieshaa, RR., El-Zan, NM., 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.
- Jain, JK., Hindoliya, DA., 2014. Correlations for saturation efficiency of evaporative cooling pads. *J. Inst. Eng. India Ser. C*, 95(1): 5–10.
- 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.
- Kulkarni, M.M., Vijaykumar, K.N., Jadhav, N.A., Bhor, M.J., Shinde, S.S., 2015. Experimental performance evaluation of new cooling pad material for direct evaporating cooling for pune summer conditions. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 22(6): 281-287.
- Liao, C.M., Chiu, K.H., 2002. Wind tunnel modeling the system performance of alternative evaporative cooling pads in Taiwan Region. *Building Environment*, 37: 177-187.
- Montero, J.I., Segal, I., 1993. Evaporative cooling of greenhouses by fogging combined with natural ventilation and shading. In: *Proceedings of the International Workshop on Cooling Systems for Greenhouses Agritech*, Tel Aviv, Israel. 2-6 May 1993.
- Montero, J.I., Anton, A., Beil, C., Franquet, A., 1990. Cooling of greenhouses with compressed air fogging nozzles. *Acta Hort.*, 281: 199–209.
- Saltuk, B., 2019. Energy efficiency of greenhouse tomato production in Turkey: A case of Siirt province. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(8): 6352-6357.
- Saltuk, B., Mikail, N., 2019. Prediction of indoor temperature in a greenhouse: Siirt sample. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4): 3577-3585.
- Sharma, A.K., Salokhe, V.M., 2006. *Greenhouse technology and application*. First edition, Agrotech Publishing Academy: England.
- Vala, K.V., Kumpavat, M.T, Nema, A., 2016. Comparative performance evaluation of evaporative cooling local pad materials with commercial pads. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 39(4): 198-203.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. *Kültür Sebzeleri*, Ege Üniversitesi Basımevi, 440 s, İzmir.
- Warke, D.A, Deshmukh, S.J., 2017. Experimental analysis of cellulose cooling pads used in evaporative coolers. *International Journal of Energy Science and Engineering*, 3(4): 37-43.

- Willits, D.H., 1999. Constraints and limitations in greenhouse cooling. challenges for the next decade. In: Proceedings of the ISHS International Symposium on Greenhouse Techniques Towards the Third Millenium, Haifa, Israel, September 5-8, 1999.
- Zabeltitz C von. 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.
- Oz, H., Atilgan, A., Buyuktas, K., Alagoz, T., 2009. The efficiency of fan-pad cooling system in greenhouse and building up of internal greenhouse temperature map. African Journal of Biotechnology, 8(20): 5436-5444.