



Determination of Harvesting and Storage Capacity of Rain Water in Greenhouse Establishments

Abdullah Nafi Baytorun^{1*}, Zeynep Zaimoğlu², Mustafa Ünlü¹

¹Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, Cukurova University, 01380 Adana, Turkey
Corresponding author, E-Mail: baytorun@cu.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5971-6893>

²Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Cukurova University, 01380 Adana, Turkey
E-Mail: zeynepzaimoglu6@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9573-4781>

³Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, Cukurova University, 01380 Adana, Turkey
E-Mail: munlu@cu.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-516X>

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|---|---|
| <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 09/05/2018 Accepted : 08/11/2018</p> <p>Keywords: Water consumption Plant water requirement Water harvest Irrigation in greenhouses Precipitation storage</p> | <p>In areas where water resources are not sufficient, rainwater is collected and used in greenhouse irrigation and this opportunity of nature has great importance for sustainability. In order to determine the amount of precipitation to be stored, the amount of precipitation and plant water consumption should be known. In the narrow coastal strip around Mediterranean region, the water resources are insufficient and the greenhouse producers' carries water with pipes from very long distances. In this study, daily water consumption of tomatoes grown in greenhouses not regularly heated in Mersin climate conditions is calculated according to different methods. Then, the storage capacity of the remaining part of the precipitation used in the greenhouse has been determined. According to FAO-Radiation method in Mersin climatic conditions, the storage capacity is determined as 0.25 m³.m⁻² by using water consumption and precipitation amount. With this water, it was determined that the plant water requirement could be supplied for 7 months between November-May. Greenhouse water consumption is calculated according to the FAO-Blaney - Criddle method and the storage capacity determined to be 0.19 m³.m⁻² and the plant water consumption will be supplied during the 6 months period between November - April.</p> |

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(1): 22-29, 2019

Sera İşletmelerinde Yağmur Sularının Hasadı ve Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZ |
|---|---|
| <p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 09/05/2018 Kabul : 08/11/2018</p> <p>Anahtar Kelimeler: Su tüketimi Bitki su gereksinimi Su hasadı Seralarda sulama Yağış depolama</p> | <p>Su kaynaklarının yeterli olmadığı alanlarda yağmur sularının toplanarak sera sulamasında kullanılması sürdürülebilirlik açısından büyük öneme sahiptir. Depolanacak yağış miktarının belirlenebilmesi için yağış miktarı ve bitki su tüketimi bilinmelidir. Akdeniz bölgesindeki dar sahil şeridinde su kaynakları yetersiz olup, sera üreticisi çok uzak mesafelerden borularla su taşımaktadır. Yapılan bu çalışmada Mersin iklim koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan seralarda yapılan domates yetiştiriciliğinde aylara bağlı günlük su tüketimi farklı yöntemlere göre hesaplandıktan sonra düşen yağışın serada kullanılan aylık miktarından arta kalan kısmının depolama kapasitesi belirlenmiştir. Mersin iklim koşullarında FAO-Radyasyon yöntemine göre hesaplanan su tüketimi ve yağış miktarından gidilerek depolama kapasitesi 0,25 m³.m⁻² olarak belirlenmiş ve depolanan bu su ile Kasım-Mayıs döneminde 7 ay boyunca bitki su ihtiyacının karşılanabileceği belirlenmiştir. Serada Bitki su tüketiminin FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre hesaplanması durumunda depolama kapasitesi 0,19 m³.m⁻² olacak ve Kasım – Nisan dönemindeki 6 aylık sürede bitki su tüketimi karşılanabilecektir.</p> |



Giriş

Sulama hangi iklim kuşağında olursa olsun diğer gelişim etmenlerinin değerlendirilmesine hizmet eden, üretimde kararlılığı sağlayan ve tarımda entansitenin (yoğunlaşma) ayrılmaz bir parçası olan bir üretim etmenidir. Bitkilerden beklenen en yüksek verimin elde edilebilmesi için iklim etmenleri yanında bitki su ihtiyacı optimum düzeyde karşılanmalıdır.

Açık alanlarda yapılan bitkisel üretimde bitki su ihtiyacının önemli bir kısmı yağışlardan karşılanırken, örtüaltındaki üretim ortamı, örtü malzemesi ile dış atmosferden ayrıldığından bitki su gereksiniminin tamamı yapay yollarla bitkilere verilmek zorundadır. Son yıllarda kurulan modern seralarda yağmur sularının toplanması amacıyla depo yapıları oluşturulmaktadır. Ancak, arazi ve su varlığının sınırlı olduğu alanlarda üretici inşa ettiği düşük teknolojiye sahip seralarda su kaynakları açısından büyük sorunlarla karşılaşmakta ve çok uzak mesafelerden çelik veya plastik borularla sulama suyu taşımaktadır.

Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1500 m³/yıldır. Gelecek 20 yıl içinde nüfusumuzun 87 milyona çıkacağı düşünüldüğünde kişi başı su miktarının 1.042 m³/yıl'a düşeceği ve su fakiri ülkeler arasına katılacağımız öngörülmektedir. Yağmur sularının yalnızca %30'unun yeraltı sularına katıldığı, geri kalan %70'inden faydalanılmadığı düşünüldüğünde ve suyun canlılar için önemi göz önünde bulundurulduğunda, yağmur sularının hasat edilerek değerlendirilmesi çok büyük önem arz etmektedir (Eren ve ark., 2016).

Akdeniz iklim kuşağında sürdürülebilir tarım açısından gelecekte ortaya çıkacak en büyük sorun temiz su kıtlığı olacaktır. Su kaynaklarının yeterli olmadığı alanlarda yağmur sularının toplanarak sera sulamasında kullanılması sürdürülebilir seracılık için gereklidir. Ancak, bu koşullarda yağmur sularını toplayan su oluklarının ve depolama hacimlerinin düşen yağmur miktarı ve günlük su tüketimleri esas alınarak belirlenmelidir (Zabeltitz, 2011).

Yağmur suyu hasadı, yağmur sularının yüzeysel akışa geçen kısmının toplanarak biriktirilmesi, bitkisel, hayvansal üretim ve evsel tüketim için gerekli olan suyun sağlanmasıdır (Oweis ve ark., 2001; Kantaroğlu, 2009). Başta konut çatıları olmak üzere, yollar, kaldırımlar, otopark gibi açık alanlardan toplanan yağmur suları depolanmakta ve depolanan bu su, sulama, araç yıkama, temizlik işleri vb. ihtiyaçlar için kullanılabilir (Eren ve ark., 2016; Anonim, 2017). Yağmur sularının bu şekilde toplanıp, depolanması ve farklı amaçlarla kullanılması ile hem su kaynakları korunmakta hem de ekonomik kazanç sağlanmaktadır.

Kimi ülkelerde yağmur sularının toplanarak binalarda kullanımının yaygınlaştırılması çeşitli teşvik ve yasalarla desteklenmektedir. Hindistan, Tayland, ABD, Almanya, Japonya ve İngiltere gibi ülkeler yağmur sularının biriktirilmesi ve kullanımı konusunda yasalar ve standartlar oluşturmuşlardır (Alparslan ve ark., 2008; Şahin ve Manioğlu, 2011; İncebel, 2012).

Yağmur sularının toplanarak sera sulamasında kullanılması sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Depolama kapasitelerinin belirlenebilmesi için, her şeyden önce yağış miktarı ve bitki su tüketimi bilinmelidir. Bitki su tüketimi bitkiler tarafından

transpirasyonla atmosfere verilen su ile toprak yüzeyinden buharlaşma ile kaybolan suyun toplamıdır. Diğer bir ifade ile evapotranspirasyon, bitki ve toprak tarafından atmosfere verilen toplam su miktarı olup, toprak ve bitki cinsine bağlıdır. Buhar halinde suyun ıslak bir yüzeyden atmosfere geçişi çalkantılı değişimler ile meydana gelir. Islak yüzey, serbest su yüzeyi veya bitki yapraklarındaki stoma açıklıklarıdır. Yapraklardaki stoma sayısı ve genişliği bitki çeşidine bağlı olmakla birlikte, tüm bitkiler yaprakta turgor durumuna bağlı olarak stoma genişliğini ve evaporasyon hızını ayarlama yeteneğindedir. Toprak yüzeyinin bitkiler tarafından tamamen örtüldüğü durumlarda evapotranspirasyon salt bitkilerden oluşur. Eğer böylesi durumlarda bitki kökleri yeter miktarda suyu alabiliyor iseler tüketim iklimsel etkenlerin etkisindedir (Achnich, 1979).

Akdeniz sahil şeridinde seralarda yetiştirilen sebzeler için optimum sulama programının oluşturulması amacıyla kimi araştırmalar yürütülmüştür. Yapılan bu araştırmalarda bitki su tüketimi genellikle açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanılarak belirlenmiştir (Abou-Hadid ve ark., 1994; Tüzel ve ark., 1994). Tarı ve Sapmaz (2017) Akdeniz sahil şeridinde cam serada domates sulaması konusunda yaptıkları çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından yararlanarak Ocak-Nisan dönemindeki su tüketimini 1,8 mm.gün⁻¹, Mayıs'ta 3,33 mm.gün⁻¹ ve Haziran'da 5 mm.gün⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Zabeltitz (2011) Antalya iklim koşullarında ısıtılmayan seralarda FAO-Penman-Monteith yöntemine göre su tüketimini Ocak-Nisan döneminde 0,86 – 3,5 mm.gün⁻¹, Mayıs ayında 4,75 mm.gün⁻¹ ve Haziran ayında 5,9 mm.gün⁻¹ olarak belirlemiştir.

Seradaki buharlaşmaya dolayısı ile su tüketimine etki eden en önemli iklim parametreleri sıcaklık, güneş radyasyonu, doyum açığı ve rüzgar hızıdır. Seraya ulaşan güneş radyasyonu bölgenin enlem derecesine, gökyüzü koşullarına ve kullanılan örtü malzemesinin ısıtım geçirgenliğine bağlı olarak değişmektedir. Yeni kurulan ve gölgelendirilmeyen seralarda örtü malzemelerinin ortalama ısıtım geçirgenliği %60-70 olarak kabul edilmektedir (Baytorun ve ark., 1995; Zabeltitz, 2011). Seraya ulaşan güneş ısıtımını seradaki sıcaklığı etkilemektedir. Bitki su tüketiminin hesaplanabilmesi için serada ortaya çıkan sıcaklık değerleri bilinmelidir. Düzenli olarak ısıtılan seralarda sıcaklık dış sıcaklığa bağlı olmadan ısıtma sistemi tarafından etkilenir. Bu seralarda kullanılan iklim bilgisayarları gece ve gündüz sıcaklıklarını bitkilerin arzuladıkları değerlerde tutarlar. Düşük teknolojiye sahip düzenli ısıtılmayan seralarda sıcaklık dış sıcaklık tarafından etkilenmektedir.

Zabeltitz (2011), Akdeniz iklim koşullarında ısıtılmayan PE plastik seralarda gündüz saatlerindeki sıcaklık dış sıcaklık değerinden yaklaşık 4°C, gece saatlerinde ise gökyüzü koşullarına bağlı olarak dış sıcaklığın 1°C altında veya 1,5°C üzerinde seyrettiğini ifade etmektedir. Aynı araştırmacı Akdeniz bölgesindeki seralarda FAO-Penman-Monteith eşitliğine göre su tüketimini hesaplarken, seradaki günlük ortalama sıcaklığı, günlük maksimum ve minimum sıcaklığının ortalamasını alarak, seradaki maksimum ve minimum

sıcaklığı, günlük maksimum sıcaklığa 4°C, minimum sıcaklığa 2°C ekleyerek belirlemiştir.

Akdeniz iklim koşullarında ısıtılmayan ve belirli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan seralarda gündüz saatlerinde ortaya çıkan sıcaklık değerleri, havalandırma sıcaklığı sınırlarında seyretmektedir (Baytorun ve ark., 2016). Serada gece sıcaklığı gökyüzünün açık olduğu koşullarda PE örtünün uzun dalgalı ısı ışınlarını geçirmesi nedeniyle dış sıcaklığın altına düşmektedir. Ancak bu durum çok sık ortaya çıkmamaktadır Isıtılmayan ve iyi havalandırılan seralarda gündüz sıcaklık değerleri dış sıcaklığın 3-5°C üzerinde seyretmektedir (Baytorun ve ark., 1995, 1997). Isıtılmayan seralarda gece boyunca ortaya çıkan ortalama sıcaklık, toprağın depolama etkisinden ötürü dış sıcaklığın yaklaşık 2°C üzerindedir (Zabeltitz, 1986; Thomas, 1994; Rath, 1994).

Buharlaşmayı etkileyen bir diğer iklim parametresi hava nemidir. Hava nemi doyum açığını belirler. Seralarda optimum bir bitki gelişimi için doyum açığının 4,2 mbar civarında olması istenir (Zabeltitz, 1986; Baytorun, 2016). Dış ortamdaki hava nemi sıcaklığa bağlı değişir. Gündüz saatlerinde artan sıcaklığa bağlı havadaki bağıl nem azalır. Serada ise hava nemi sıcaklık yanında yetiştirilen bitkinin yaprak alan indeksine, bitkinin büyüme evresine, seradaki ıslak yüzeylere ve havalandırma açıklıklarının büyüklüklerine bağlı olarak değişmektedir. Akdeniz bölgesinde gündüz saatlerinde havalandırılan seralarda ortaya çıkan hava nemi dış ortam nemine yaklaşırken, havalandırmanın yapılmadığı gece saatlerinde %90-95'lere kadar yükselebilmektedir (Baytorun ve ark., 1995).

Küresel ısınmaya bağlı olarak gelecek yıllarda Akdeniz sahil kuşağında temiz su sıkıntısının ciddi anlamda artacağı benzeşim modelleri ile yapılan çalışmalardan belirlenmiştir. Belirtilen nedenle yağmur sularının hasat edilerek depolanması sürdürülebilir bir üretim için mutlak gereklidir. Yağmur sularının toplanacağı depoların yapımında; seranın ve depolamanın yapılacağı alanın büyüklüğü, yağış dağılımı ve toplam yağış miktarı, serada yetiştirilen bitkinin su ihtiyacı, kurulacak deponun sadece yağmur sularını mı yoksa atık sularla yapılacak karışım için mi kullanılacağı dikkate alınmalıdır (Zabeltitz, 2011).

Bu çalışmada seracılığın yoğun olarak yapıldığı Mersin ilinin iklim değerlerinden gidilerek düzenli olarak ısıtılmayan düşük teknolojiye sahip PE plastik seralarda ortaya çıkan sıcaklık, nem, toplam radyasyon ve rüzgar hızına bağlı farklı modellerle domates bitkisinin su tüketiminin belirlenmesi ve düşen aylık yağışa bağlı hasat edilebilen yağmur suyunun depolanma kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Yağmur sularının toplanabilmesi için planlanacak depolama yapıları yeterli büyüklükte olmalıdır. Depolama yapıları büyüklüğünün belirlenebilmesi için gerekli olan bitki su tüketimi ve yağışlardan kazanılan su miktarlarını belirlenmesi için Mersin ilinin uzun yıllık iklim değerleri kullanılmıştır (Tablo 1).

Seralarda ortaya çıkan sıcaklık normal koşullarda sera etkisi nedeniyle dış sıcaklık değerlerinden yüksektir. Çalışmada seradaki referans evapotranspirasyonun hesaplanması için gerekli olan günlük en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır (Zabeltitz, 2011).

Serada gündüz ve gece saatlerinde ortaya çıkan maksimum ve minimum sıcaklıklar 1 ve 2 nolu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\theta_{smax} = \theta_{max} + 4 \quad (1)$$

$$\theta_{smin} = \theta_{min} + 1 \quad (2)$$

Eşitliklerde;

θ_{smax} : Serada ortaya çıkan maksimum sıcaklık (°C)

θ_{max} : Dış ortamdaki maksimum sıcaklık (°C)

θ_{smin} : Serada ortaya çıkan minimum sıcaklık (°C)

θ_{min} : Dış ortamdaki minimum sıcaklık (°C)

Hesaplamalarda günlük minimum ve maksimum bağıl nem değerleri %30 ve %85 olarak alınmıştır (Baytorun ve ark., 1995). Seraya ulaşan güneş radyasyonu örtü malzemesinin geçirgenliğine bağlı olarak (τ) 0,70 olarak kabul edilmiştir (Baytorun ve ark., 1995; Zabeltitz, 2011).

Bitki su tüketiminin hesaplanması için iklim etmenleri tarafından etkilenen referans evapotranspirasyon (ET_0), FAO-Penman-Monteith, Penman, FAO-Penman, FAO-Radyasyon, FAO-Blaney-Cridlle yöntemine göre farklı modeller kullanılarak belirlenmiştir. Serada referans evapotranspirasyon belirlendikten sonra, gerçek evapotranspirasyon (AET_C) salt iklimsel etmenlerin değil toprak ve bitkiye ilişkin özellikler dikkate alınarak 3 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Zabeltitz, 2011).

$$AET_C = ET_0 \times k_C \quad (3)$$

Eşitlikte;

AET_C : Gerçek evapotranspirasyon (mm/gün)

ET_0 : Potansiyel evapotranspirasyon (mm/gün)

k_C : Bitki katsayısı (-)

Tablo 1 Mersin ilinin (34E38; 36N48) uzun yıllık (1929-2016) iklim değerleri

Table 1 Long-year period (1929-2016) climate data of Mersin province (34E38; 36N48)

| İklim Değerleri | Aylar | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 10,0 | 10,9 | 13,6 | 17,5 | 21,4 | 25,2 | 27,9 | 28,3 | 25,6 | 21,0 | 15,8 | 11,6 |
| Ortalama En yüksek Sıcaklık (°C) | 14,6 | 15,4 | 18,1 | 21,6 | 24,9 | 28,1 | 30,6 | 31,4 | 29,9 | 26,6 | 21,5 | 16,4 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | 6,2 | 6,7 | 9,1 | 12,8 | 16,7 | 20,7 | 23,8 | 24,1 | 20,8 | 16,2 | 11,4 | 7,8 |
| Toplam ışınım (kWh.m ⁻² gün ⁻¹) | 2,11 | 2,65 | 4,27 | 5,24 | 6,28 | 6,86 | 6,66 | 6,08 | 5,04 | 3,84 | 2,47 | 1,91 |
| Aylık toplam yağış (mm) | 115,4 | 86,5 | 54,3 | 34,1 | 23,1 | 8,9 | 7,0 | 4,2 | 8,9 | 38,5 | 78,3 | 133,1 |

Tablo 2 Domates bitkisinin farklı dönemlerinde k_C katsayıları (Allen ve ark., 1998)
 Table 2 k_C Coefficients during the different growing stages of tomato plant (Allen et al., 1998)

| Bitki | k_C Başlangıç | k_C Gelişmiş | k_C Son |
|---------|-----------------|----------------|-----------|
| Domates | 0,6 | 1,2 | 0,8 |

Eşitlikteki bitki katsayısı (k_C) bitkinin farklı evreleri için değişim göstermektedir. Tablo 2’de de serada yetiştirilen domatesin değişik yetiştirme evrelerine bağlı k_C katsayıları verilmiştir (Allen ve ark., 1998). Bu çalışmada serada domates bitkisinin farklı dönemleri için k_C katsayıları Tablo 2’de verildiği gibi alınmıştır. Hesaplamalarda ısıtılmayan plastik serada üretime Eylül ayında başlanıp, Haziran ayının sonunda son verildiği kabul edilmiştir.

Serada yetiştirilen bitkinin günlük su tüketimi (CWR_d) ($mm/gün = l/m^2$ gün) 4 nolu eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Zabeltitz, 2011).

$$CWR_d = AET_C \times (1 + I_1) \times f \quad (4)$$

Eşitlikte;

CWR_d : Günlük su tüketimi ($mm/gün = l/m^2$ gün)

I_1 : Sulama sisteminin bağlı kayıp faktörü (-)

f : Bitki örtü faktörü (-)

Sulama sistemlerinde 0,03 – 0,1 arasında değişen sulama sistemi kayıp faktörü (I_1) damla sulama için 0,05 alınmıştır (De Pascale ve Maggio, 2005). Bitki örtü faktörü (f) hesaplamalarda 0,9 olarak kabul edilmiştir (Zabeltitz, 2011).

Bitkinin günlük su gereksinimi (CWR_d) belirlendikten sonra, aylık su gereksinimi (CWR_m) hesaplanan ayın gün sayısına (d_m) bağlı olarak 5 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$CWR_m = CWR_d \times d_m \quad (5)$$

Eşitlikte;

CWR_m : Aylık su gereksinimi (l/m^2 ay)

d_m : Hesaplamanın yapıldığı ayın gün sayısı ($gün/ay$)

Depolama Havuzu Kapasitesinin Belirlenmesi

Normal koşullarda depolama kapasitesinin belirlenmesinde yağışın günlük tekerrürleri kullanılmaktadır. Ancak, bu değer birçok yerde bilinmediğinden aylık yağış miktarı, depolama kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Hasat edilebilen aylık yağış miktarı (CV_m) 6 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Zabeltitz, 2011).

$$CV_m = Pre \times R_C \quad (6)$$

Eşitlikte;

CV_m : Hasat edilen aylık yağış miktarı (l/m^2 ay)

Pre : Aylık yağış miktarı ($mm/ay = l/m^2$ ay)

R_C : Düşen yağış miktarının toplanan su miktarına oranı (-)

Yapılan hesaplamalarda plastik sera için R_C katsayısı 0,9 olarak alınmıştır (Zabeltitz, 2011). Depolanabilir aylık yağış miktarı (STP_m) 7 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$STP_m = CV_m - CWR_m - EV_{depo} \quad (7)$$

Eşitlikte;

STP_m : Depolanabilir aylık yağış miktarı (l/m^2 ay)

EV_{depo} : Depolama havuzundan oluşan buharlaşma kaybı (l/m^2 ay)

Yapılan hesaplamalarda depolama havuzundan oluşacak buharlaşma kayıpları (EV_{depo}) havuz yüzeyi PE plastikle örtülmüş kabul edilerek sıfır alınmıştır. Hesaplamalar sonucunda depolanabilir aylık yağış miktarı (STP_m) pozitif olduğunda depo dolacak, STP_m negatif olduğunda ise depodaki su azalacaktır.

Depolanan yıllık yağış miktarı (STB_y) 8 nolu eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

$$STB_y = STP_y - Def_y \quad (8)$$

$$STP_y = \sum(+STP_m) \quad (9)$$

$$Def_y = \sum(-STP_m) \quad (10)$$

$$STP_m = CV_m - CWR_m - EV_{depo} \quad (11)$$

Eşitliklerde;

STB_y : Depolanan yıllık yağış miktarı (l/m^2 yıl)

STP_y : Depolanabilir yıllık yağış miktarı (l/m^2 yıl)

Def_y : Yıllık açık (l/m^2 yıl)

STP_m : Depolanabilir aylık yağış miktarı (l/m^2 ay)

Depolamada aşağıda verilen koşullar dikkate alınmıştır.

1. Şayet $STB_y > 0$ veya $STP_y > Def_y$ ise depolanan su miktarı üretim periyodu boyunca bitkilerin su ihtiyacını karşılayacaktır. Bu durumda depolama kapasitesi (VST) 12 nolu eşitlikte verildiği gibi alınmaktadır.

$$VST = Def_y \quad (12)$$

Eşitlikte;

VST : Depolama kapasitesi (l/m^2)

Aylara bağlı yağış değişimi büyük olduğunda, depolama kapasitesi büyütülmelidir. Bu durumda depolama kapasitesi 13 nolu eşitlikte verildiği gibi alınmalıdır.

$$VST = Def_y(1 + V_C) \quad (13)$$

V_C : Yağış varyasyon katsayısı

2. Şayet $STB_y < 0$ veya $STP_y < Def_y$ ise Depolanan yağış bitki sulaması için yeterli değildir. Bu durumda iki koşula dikkat etmek gereklidir.

a) Şayet depolanan yağış miktarı, toplanan aylık maksimum yağıştan ($CV_{m,max}$) büyükse

$$VST = STP_y \text{ alınmalı}$$

veya

$$VST = STP_y(1 + V_C) \text{ olarak kabul edilmelidir.}$$

b) Şayet $STP_y < CV_{m,max}$ ise

$$VST = CV_{m,max} \text{ alınmalı}$$

veya

$$VST = CV_{m,max}(1 + V_C) \text{ olarak kabul edilmelidir.}$$

3'te verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi ısıtılmayan serada üretilen domates bitkisinin farklı modellerle hesaplanan günlük su tüketimleri farklılıklar göstermektedir. Tarı ve Sapmaz (2017) Mersin Silifke'de (36N22; 33E55) cam serada domates sulaması konusunda yaptıkları çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından (Class A-Pan) yararlanarak Ocak-Nisan dönemindeki su tüketimini $1,8 \text{ mm.gün}^{-1}$, Mayıs ayında $3,33 \text{ mm.gün}^{-1}$ ve Haziran ayında 5 mm.gün^{-1} olarak belirlemişlerdir. Bulgular ile bu çalışmada FAO-Radyasyon ve FAO-Blaney-Criddle yöntemiyle elde edilen sonuçların uyum gösterdiği kabul edilerek, hesaplamalarda FAO-Radyasyon ve FAO-Blaney-Criddle yöntemiyle hesaplanan ET_o değerleri esas alınmıştır.

Isıtılmayan seralarda FAO-Blaney-Criddle (FAO-BC) ve FAO-Radyasyon (FAO-R) yöntemine göre hesaplanan referans evapotranspirasyon ($ET_o = \text{mm.gün}^{-1} = \text{L.m}^{-2}\text{gün}^{-1}$) değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Mersin koşullarında seraya ulaşan radyasyona bağlı olarak en düşük evapotranspirasyon Ocak, en yüksek Temmuz ayında ortaya çıkmaktadır.

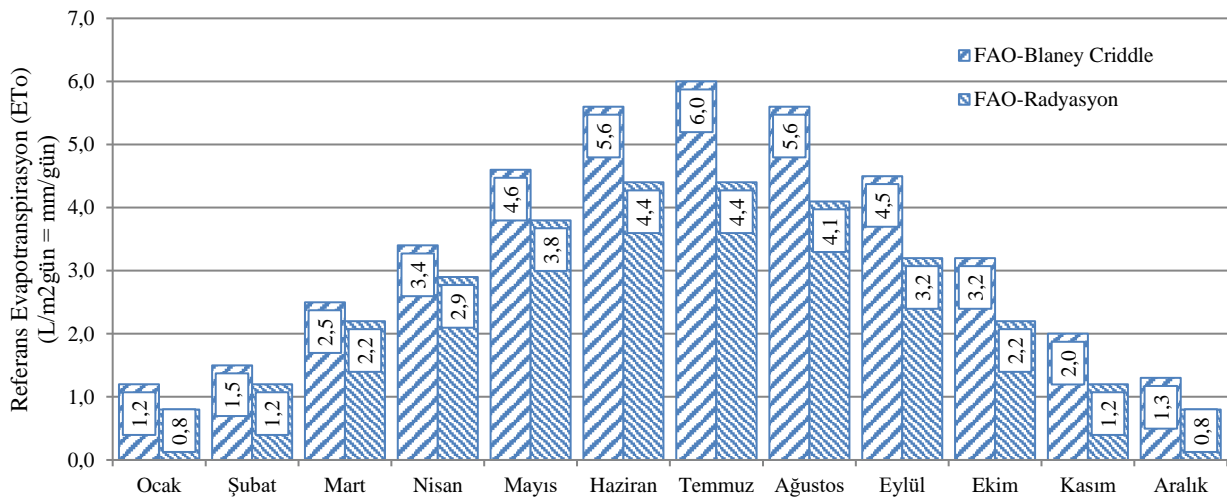
Bulgular ve Tartışma

Mersin iklim koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan düşük teknolojiye sahip seralarda beş farklı yöntemle hesaplanan referans evapotranspirasyon değerleri Tablo

Tablo 3 Mersin koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan düşük teknolojiye sahip PE plastik serada farklı yöntemlerle hesaplanan referans evapotranspirasyon değerleri ($ET_o = \text{mm/gün}$)

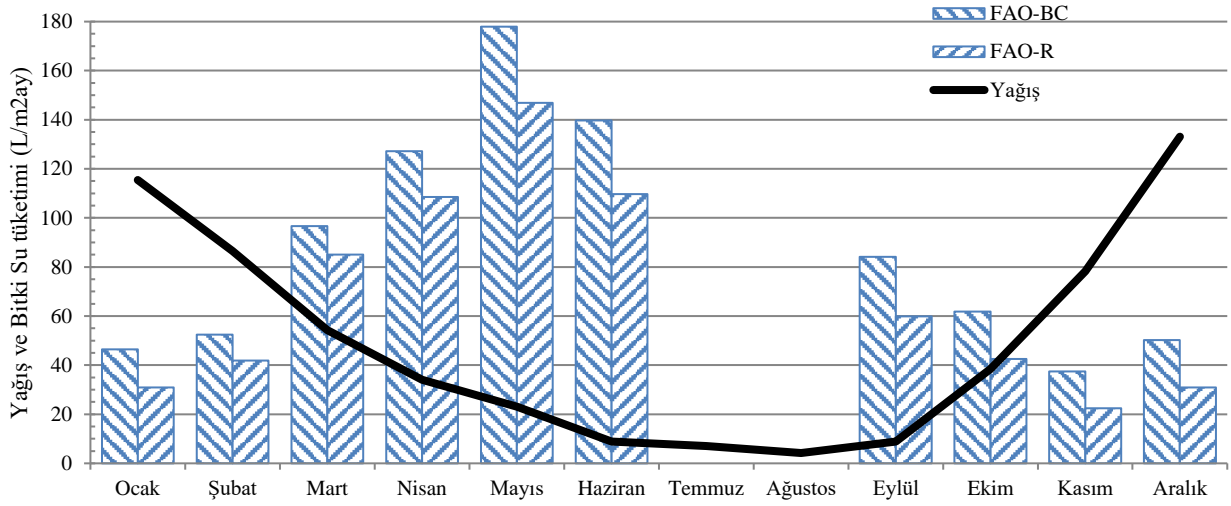
Table 3 The reference evapotranspiration values calculated by different methods in PE plastic greenhouse with low technology which are not regularly heated in Mersin conditions ($ET_o = \text{mm/day}$).

| Aylar | FAO-Pen-Mont. | Penman | FAO-Penman | FAO-Radyasyon | FAO-Blaney-Criddle |
|---------|---------------|--------|------------|---------------|--------------------|
| Ocak | 0,9 | 1,4 | 1,4 | 0,8 | 1,2 |
| Şubat | 0,9 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,5 |
| Mart | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 2,5 |
| Nisan | 1,1 | 1,8 | 2,0 | 2,9 | 3,4 |
| Mayıs | 1,4 | 2,2 | 2,4 | 3,8 | 4,6 |
| Haziran | 1,7 | 2,6 | 2,9 | 4,4 | 5,6 |
| Temmuz | 1,9 | 2,9 | 3,2 | 4,4 | 6,0 |
| Ağustos | 1,9 | 2,9 | 3,1 | 4,1 | 5,6 |
| Eylül | 1,6 | 2,5 | 2,6 | 3,2 | 4,5 |
| Ekim | 1,3 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 3,2 |
| Kasım | 1,1 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | 2,0 |
| Aralık | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 0,8 | 1,3 |



Şekil 1 Mersin için FAO-Blaney-Criddle ve FAO-Radyasyon yöntemiyle yılın ayları için hesaplanmış referans evapotranspirasyon (ET_o) değerleri.

Figure 1 Mersin for FAO-Blaney-Criddle and FAO-Radiation can be computed for the months of the year by the method of reference evapotranspiration (ET_o) values



Şekil 2 Mersin koşullarında ısıtılmayan serada domates bitkisinin FAO-Blaney-Criddle ve FAO-Radyasyon yöntemine göre hesaplanmış aylık su tüketimi ve aylık yağış miktarları.

Figure 2 In not heated greenhouse tomato plants under Mersin conditions of the FAO-Blaney-Criddle and FAO-Radiation according to the method of calculated monthly water consumption and monthly precipitation amounts.

Tablo 3 Mersin koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan düşük teknolojiye sahip PE plastik serada farklı yöntemlerle hesaplanan referans evapotranspirasyon değerleri ($ET_0 = \text{mm/gün}$)

Table 3 The reference evapotranspiration values calculated by different methods in PE plastic greenhouse with low technology which are not regularly heated in Mersin conditions ($ET_0 = \text{mm/day}$)

| Aylar | FAO-Pen-Mont. | Penman | FAO-Penman | FAO-Radyasyon | FAO-Blaney-Criddle |
|---------|---------------|--------|------------|---------------|--------------------|
| Ocak | 0,9 | 1,4 | 1,4 | 0,8 | 1,2 |
| Şubat | 0,9 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,5 |
| Mart | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 2,5 |
| Nisan | 1,1 | 1,8 | 2,0 | 2,9 | 3,4 |
| Mayıs | 1,4 | 2,2 | 2,4 | 3,8 | 4,6 |
| Haziran | 1,7 | 2,6 | 2,9 | 4,4 | 5,6 |
| Temmuz | 1,9 | 2,9 | 3,2 | 4,4 | 6,0 |
| Ağustos | 1,9 | 2,9 | 3,1 | 4,1 | 5,6 |
| Eylül | 1,6 | 2,5 | 2,6 | 3,2 | 4,5 |
| Ekim | 1,3 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 3,2 |
| Kasım | 1,1 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | 2,0 |
| Aralık | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 0,8 | 1,3 |

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı Mersin ilinin aylık yağış miktarı ve ısıtılmayan PE plastik serada domates bitkisi için hesaplanan FAO-BC ve FAO-R değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada üretimin yapıldığı yağışlı dönemlerde su fazlası ortaya çıkarken, kurak dönemlerde düşen yağışlar sulama için yeterli değildir. Mersin koşullarında Kasım – Şubat döneminde düşen yağışlar serada yetiştirilen domates bitkisinin su ihtiyacını fazlasıyla karşılamaktadır. Mart ayından ekim aya kadar geçen dönemde ise düşen yağışlar serada yetiştirilen domates bitkisinin su tüketimine yeterli olmamaktadır. Belirtilen nedenle Mersin bölgesinde yağışlı dönemlerde sera çatısına ulaşan yağmur sularının su olukları yardımı ile toplanarak depolanması ve bitki su tüketiminin belirli bir kısmının hasat edilen yağmur suları ile karşılanması mümkün olabilecektir.

Mersin koşullarında tek ürün yetiştiriciliğinin yapıldığı ısıtılmayan seralarda üretime Ekim ayında başlandığı varsayılmıştır. Tablo 4’te Mersin iklim koşullarında ısıtılmayan plastik serada yapılan domates

üretiminde FAO-Radyasyon yöntemine göre hesaplanan aylara bağlı günlük ve aylık su tüketimleri verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi FAO-Radyasyon yöntemine göre en yüksek su tüketimi Mayıs ayında ortaya çıkarken Temmuz ve Ağustos aylarında serada üretim yapılmadığından su tüketimi sıfır olarak hesaplanmıştır.

Aynı üretim dönemi için FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre hesaplanan günlük ve aylık domates su tüketimi ve depolanan yağış miktarı Tablo 5’te verilmiştir. FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre de en yüksek bitki su tüketimi mayıs ayı için hesaplanmıştır. Ancak FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre mayıs ayı için hesaplanan günlük su tüketimi FAO-Radyasyon yöntemine göre hesaplanan değerden yaklaşık olarak %21 daha yüksek bulunmuştur.

Mersin iklim koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan PE plastik seradaki domates üretiminde FAO-Blaney-Criddle ve FAO-Radyasyon yöntemine göre belirlenen aylık bitki su tüketimine ve aylık yağış miktarlarına bağlı olarak hesaplanan yağış depolama kapasiteleri Tablo 4 ve Tablo 5’te verilmiştir. Tablolardan da görüleceği gibi

FAO-Radyasyon yöntemine göre yapılan hesaplamalarda su tüketimi ve düşen yağış miktarına göre metot kısmında verilen koşul 2 (a)'ya göre ($STP_y > CV_{m,max}$) depolama hacmi $VST = STP_y = 246 \text{ l.m}^{-2}$ olmaktadır. FAO-Radyasyon yöntemiyle yapılan hesaplamalara göre depo haziran ayından ekim ayının sonuna kadar boş kalmakta ve kasım ayında başlayan yağışlara bağlı su depolanmaya başlanmaktadır. Aylık yağış ve aylık su tüketimleri dikkate alınarak depolanan yığılımlı su miktarı şubat ayında 246 l.m^{-2} ile en yüksek değere ulaşmaktadır. Bu koşullarda oluşturulacak olan su deposunun kapasitesi

$0,25 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ olmalıdır. FAO-Radyasyon yöntemine göre Mersin koşullarında yapılan su tüketimi hesaplamaları ve düşen yağışa bağlı olarak depolanan yağmur suyu ile kasım-mayıs döneminde 7 ay boyunca bitki su ihtiyacı karşılanabilecektir.

Mersin koşullarında serada bitki su tüketiminin FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre hesaplanması durumunda depolama kapasitesi $0,19 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ olacak ve kasım – nisan dönemindeki 6 aylık süre için bitki su tüketimi karşılanabilecektir.

Tablo 4 Mersin koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan PE plastik serada FAO-Radyasyon yöntemine göre aylara bağlı domates bitkisi su tüketimi ve depolanan yağış miktarı.

Table 4 PE plastic not heated greenhouse, FAO regularly-according to the method of Radiation depending on month tomato plant water consumption and is stored in the rainfall in Mersin climate conditions

| Ay | Yağış (mm/ay) | CV l/m ² ay | d _m | ET _o l/m ² gün | ET _c l/m ² gün | Aylık su tüketimi (mm) | STP _m L/m ² ay | STP _m Depolanan |
|---------|---------------|------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Ocak | 115,4 | 103,9 | 31 | 0,80 | 0,96 | 30,9 | 72,9 | 209,8 |
| Şubat | 86,5 | 77,9 | 28 | 1,2 | 1,44 | 41,9 | 35,9 | 245,7 |
| Mart | 54,3 | 48,9 | 31 | 2,2 | 2,64 | 85,1 | -36,2 | 209,5 |
| Nisan | 34,1 | 30,7 | 30 | 2,9 | 3,48 | 108,5 | -77,8 | 131,7 |
| Mayıs | 23,1 | 20,8 | 31 | 3,8 | 4,56 | 146,9 | -126,2 | 5,5 |
| Haziran | 8,9 | 8,0 | 30 | 4,4 | 3,52 | 109,8 | -101,8 | -96,2 |
| Temmuz | 7 | 6,3 | 31 | 4,4 | 0,00 | 0,0 | 6,3 | -89,9 |
| Ağustos | 4,2 | 3,8 | 31 | 4,1 | 0,00 | 0,0 | 3,8 | -86,2 |
| Eylül | 8,9 | 8,0 | 30 | 3,2 | 1,92 | 59,9 | -51,9 | -138,0 |
| Ekim | 38,5 | 34,7 | 31 | 2,2 | 1,32 | 42,5 | -7,9 | -145,9 |
| Kasım | 78,3 | 70,5 | 30 | 1,2 | 0,72 | 22,5 | 48,0 | 48,0 |
| Aralık | 133,1 | 119,8 | 31 | 0,8 | 0,96 | 30,9 | 88,9 | 136,9 |

Tablo 5 Mersin koşullarında düzenli olarak ısıtılmayan PE plastik serada FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre aylara bağlı domates bitkisi su tüketimi ve depolanan yağış miktarı.

Table 5 PE plastic not heated greenhouse, FAO regularly-Blaney-Criddle method according to depending on the monthly tomato plant water consumption and is stored in the rainfall in Mersin climate conditions.

| Ay | Yağış (mm/ay) | CV l/m ² ay | d _m | ET _o l/m ² gün | ET _c l/m ² gün | Aylık su tüketimi (mm) | STP _m L/m ² ay | STP _m Depolanan |
|---------|---------------|------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Ocak | 115,4 | 103,9 | 31 | 1,20 | 1,44 | 46,4 | 57,5 | 160,0 |
| Şubat | 86,5 | 77,9 | 28 | 1,5 | 1,80 | 52,4 | 25,5 | 185,4 |
| Mart | 54,3 | 48,9 | 31 | 2,5 | 3,00 | 96,7 | -47,8 | 137,6 |
| Nisan | 34,1 | 30,7 | 30 | 3,4 | 4,08 | 127,2 | -96,5 | 41,1 |
| Mayıs | 23,1 | 20,8 | 31 | 4,6 | 5,52 | 177,9 | -157,1 | -116,0 |
| Haziran | 8,9 | 8,0 | 30 | 5,6 | 4,48 | 139,7 | -131,7 | -247,7 |
| Temmuz | 7 | 6,3 | 31 | 6 | 0,00 | 0,0 | 6,3 | -241,4 |
| Ağustos | 4,2 | 3,8 | 31 | 5,6 | 0,00 | 0,0 | 3,8 | -237,6 |
| Eylül | 8,9 | 8,0 | 30 | 4,5 | 2,70 | 84,2 | -76,2 | -313,8 |
| Ekim | 38,5 | 34,7 | 31 | 3,2 | 1,92 | 61,9 | -27,2 | -341,0 |
| Kasım | 78,3 | 70,5 | 30 | 2 | 1,20 | 37,4 | 33,0 | 33,0 |
| Aralık | 133,1 | 119,8 | 31 | 1,3 | 1,56 | 50,3 | 69,5 | 102,5 |

Sonuç ve Öneriler

Küresel ısınmaya bağlı olarak gelecek on yıllarda Akdeniz sahil şeridinde temiz su kıtlığı ciddi bir problem olarak ortaya çıkacaktır. Günümüzde Mersin Antalya arasındaki dar sahil şeridinde yapılan düşük teknolojiye sahip seracılıkta ortaya çıkan en büyük sorun sulama suyu yetersizliğidir. Sera üreticisi çok uzak mesafelerden su boruları ile gerekli suyu temin etmek için büyük çaba harcamaktadır. Düşen yağışın hasat edilerek sera sulamasında kullanılması üreticiyi rahatlatacağı gibi üretim maliyetini azaltacaktır.

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan yöntemlere göre depolama hacmi $0,19 \text{ m}^3.\text{m}^{-2} - 0,25 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ arasında değişmektedir. FAO Radyasyon yöntemine göre su tüketiminin belirlenmesi durumunda depolama hacmi $0,25 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ olarak belirlenirken, FAO-Blaney-Criddle yöntemine göre $0,19 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ olmaktadır. Seraya yakın alanlarda yeterli büyüklükte arazi bulunması durumunda toprağa gömülü havuzların yapılması ile bitki su tüketiminin önemli bir kısmı karşılanabilecektir.

Yapılacak olan depolarda havuz tabanının geçirimsiz olmasına, sera oluklarından suyu havuzlara taşıyan boruların yeterli çapta olmalarına, depolama havuzunda depolanan suyun buharlaşarak kaybolmaması için havuz yüzeyinin plastik örtü ile kaplanmasına dikkat edilmelidir.

Kaynaklar

- Abou-Hadid AF, El-Shinawy MZ, El-Oksh I, Gomaa H, ElBeltagy AS. 1994. Studies on waterconsumption of sweet pepper plant under plastic houses. Acta Hort. (ISHS) 366: 365-372.
- Achtnich W. 1979. Bewässerungslandbau. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 621 s.
- Alparslan N, Tanık A, Dölgen D. 2008. Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. Türk Sanayicileri ve İş adamları Derneği (TÜSİAD) Yayın No: T/2008-09/469. <http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/3665-turkiyede-su-yonetimi---sorunlar-ve-oneriler>
- Allen G, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper No. 56 FAO, Rome.
- Anonim. 2017. Yağmur suyu filtreleme ve depolama sistemi. <http://www.sfr.com.tr/yagmur-suyu-hasati-s6.html> (Erişim tarihi: 08.11.2017)
- Baytorun NA, Abak K, Tokgöz H, Güler Y, Üstün S. 1995. Seraların kışın iklimlendirilmesi ve denetimi üzerinde araştırmalar. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Proje no TOAG-993.
- Baytorun NA, Abak K, Daşgan HY, Topçu S. 1997. Climatic Problems of the Plastic Greenhouses in Turkey. CIPA Proceedings. International Congress for plastics in Agriculture. Israel.
- Baytorun AN. 2016. Seralar. Nobel yayınevi. ISBN: 978-605-320-561-6. 418 s.
- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S. 2016. Seralarda ısıtma sistemlerinin modellenmesi ve karar verme aşamasında bilimsel verilere dayalı uzman sistemin geliştirilmesi. TÜBİTAK Proje No: 114O533
- De Pascale ST, Maggio A. 2005.Sustainable protected cultivation at a Mediterranean climate –perspectives and challenges. Acta Hort. 691:29–42
- Eren B, Aygün A, Likos S, Damar Aİ. 2016. Yağmur Suyu Hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüs Örneği. International symposium on innovative technologies in engineering and science (ISITES), 3-5 November, Alanya/Antalya.
- İncebel C. 2012. Alternatif Su Kaynaklarının Endüstriyel Kullanıma Kazandırılması İçin Çatı Yağmur Suyu Hasadı (Ostım Örneği). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Teknoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 176
- Kantaroglu Ö. 2009. Yağmur Suyu Hasadı Plan ve Hesaplama Prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, İzmir.
- Oweis T, Prinz D, Hachum A. 2001. Water Harvesting: Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments. ICARDA, Aleppo, Syria, 40 s. http://www.icarda.org/wli/pdfs/Books/Water_harvest_En.pdf
- Rath TH. 1994. Einfluss der Wärmespeicherung auf die Berechnung des Heizenergiebedarfes vonGewächshäusern mit Hilfe des k'-Modelles. Gartenbauwissenschaft 59:39–44
- Şahin N, Manioğlu G. 2011. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması. Tesisat Müh., 125: 21-32. <http://www.sfr.com.tr/yagmur-suyu-hasati-s6.html>
- Tarı AF, Sapmaz M. 2017. Farklı sulama düzeylerinin serada yetiştirilen domatesin verim ve kalitesine etkisi. Toprak Su Dergisi 6 81): s 11 - 17.
- Thomas J. 1994. Untersuchungen zur Optimierung und Eignung wassergefüllter Folienschläucheals passive Kollektor und Speicherelemente im Gewächshaus. Gartenbautechnische Informationen, Heft 38, Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover
- Tüzel Y, Ul MA, Tüzel IH. 1994. Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: II. Fruit Quality. Acta Horticulturae, 366: 389–396.
- Zabeltitz C. 1986. Gewächshäuser, Planung und Bau. Ulmer Verlag, Stuttgart
- Zabeltitz C. 2011. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.