

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Topraksız Domates Yetiştiriciliğinin Yapıldığı İleri Teknoloji  
Seralarında Teorik ve Uygulamalı Su Tüketiminin  
Karşılaştırılması**

**Fatih Agah GÖKÇE**

*Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı*

Nisan, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

**Topraksız Domates Yetiştiriciliğinin Yapıldığı İleri Teknoloji  
Seralarında Teorik ve Uygulamalı Su Tüketiminin  
Karşılaştırılması**

**Fatih Agah GÖKÇE**

*Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı*

Bu Yüksek Lisans Tezi 18/04/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ (Danışman) .....

: Prof. Dr. Adil AKYÜZ .....

: Doç. Dr. Burçak KAPUR .....

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında  
Hazırlanmıştır.**

**Tez No:**

**Prof. Dr. Sadık DİNÇER**  
**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak  
gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZ .....                                                                                                                                            | I   |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                      | II  |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                                                       | III |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                                                                             | IV  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                                                                | V   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                                                                        | V   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                                      | 1   |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                                                                                                           | 5   |
| 2.1. Örtüaltı Yetiştiriciliği ve Seracılık .....                                                                                                    | 5   |
| 2.1.1. Türkiye’de Seracılık ve Örtüaltı Üretiminde Mevcut Durum.....                                                                                | 5   |
| 2.2. İleri Teknoloji Seraları.....                                                                                                                  | 6   |
| 2.3. Topraksız Tarım ve Uygulandığı İleri Teknolojik Seralar .....                                                                                  | 8   |
| 2.3.1. Topraksız Tarım Teknikleri, Yetiştirilen Türler ve Yapılan Çalışmalar.....                                                                   | 12  |
| 2.4. Seralarda Domates Yetiştiriciliği ve Topraksız Tarımın Yapıldığı İleri Teknolojik Seralarda Domates Yetiştiriciliği ile İlgili Çalışmalar..... | 13  |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                                                                                                          | 17  |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                                                                       | 21  |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....                                                                                                                       | 37  |
| 5.1. Sonuçlar.....                                                                                                                                  | 37  |
| 5.2. Öneriler .....                                                                                                                                 | 41  |
| KAYNAKLAR .....                                                                                                                                     | 43  |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                                                                      | 47  |

---

## Topraksız Domates Yetiştiriciliğinin Yapıldığı İleri Teknoloji Seralarında Teorik ve Uygulamalı Su Tüketiminin Karşılaştırılması

---

Fatih Agah GÖKÇE

*Danışman: Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ*

*Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı*

### ÖZ

Bu çalışma, Adana iklim koşullarında ileri teknoloji sistemler ile donatılmış bir domates serasında yürütülmüştür. Seranın her bir tüneli 9,60 m genişliğinde, 5,00 m oluk altı yüksekliğinde olup, yan duvarları 8 mm aralıklı çift kat polikarbon (PC), çatısı ise 180 µm kalınlığında tek kat polietilen (PE) plastik ile örtülmüştür. Serada enerji korunumu ve gölgeleme amacıyla termal perdeler kullanılmıştır. Sıcak dönemlerde serada sıcaklık havalandırma ile düzenlenirken, Nisan-Haziran döneminde gölgeleme ile seraya ulaşan güneş ışınımı kısmen engellenmiş ve bazı günlerde sisleme ile hava sıcaklığı düzenlenmeye çalışılmıştır.

Serada sulama damla sulama ile gerçekleştirilmiştir. Her bir bitkiye 2 L/h kapasiteye sahip kılca borular (Spagetti) ile gübreli su verilmiştir. Sulama güneş ışınımı şiddetine göre yönetilmiştir. İklim bilgisayarı tarafından ölçülen küresel rasdayasyona bağlı olarak her 80 J/cm<sup>2</sup>'de bir bitki başına 100-120 ml sulama suyu verilmiştir. Yapılan sulamanın kontrolü amacıyla sera içinde dört ayrı yerde kurulan kontrol ünitelerinden toplanan drenaj suyu hergün ölçülerek yapılan sulamanın yeterli olup olmadığına karar verilmiştir.

Denemede Ocak ayında dış sıcaklık değerleri -3 °C ile 22 °C arasında değişirken, serada sıcaklıklar gece saatlerinde 15 °C'de tutulmuştur. Gündüz saatlerinde ise dış sıcaklığa bağlı olarak 27 °C'ye kadar yükselmiştir. Mayıs ayında dış sıcaklık 32 °C -3 °C arasında değişirken dış sıcaklık değerlerinin yükselmesine bağlı olarak serada sıcaklık değerleri Mayıs ayının başlarında 32,8 °C Mayıs ayının sonlarına doğru 34-35 °C'ye yükselmiştir.

Çalışmada hesaplanan sulama sayısı Ocak ayının ilk yarısı için 6 adet gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanırken, Ocak ayının ikinci yarısı için bu değer 7 adet gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Mayıs ayının ilk yarısında küresel ışıınıma bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı 19 adet gün<sup>-1</sup> olurken ikinci yarı için sulama sayısı 22 adet gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, araştırmada yapılan hesaplamalarda üretim periyodu boyunca her bir bitkiye her sulamada 100 ml su verileceği kabul edildiğinde üretim periyodu boyunca uygulanan günlük su tüketiminin, hesaplanan günlük su tüketiminden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İleri Teknolojili Sera, Topraksız Domates Yetiştiriciliği, Su Tüketimi

---

## Comparison of Theoretical and Applied Water Consumption in Advanced Technology Greenhouses of Soilless Tomato Growing

---

Fatih Agah GÖKÇE

*Advisor: Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ*

*Department of Agricultural Structures and Irrigation*

### ABSTRACT

This study was conducted in a tomato greenhouse equipped with high-tech systems under Adana climate conditions. Each tunnel of the greenhouse is 9,60 m wide, 5,00 m bottom gutter height, and its side walls are covered with a double layer of polycarbonate (PC) with 8 mm spacing, and its roof is covered with a single layer of polyethylene (PE) plastic with a thickness of 180 µm. Thermal curtains were used in the greenhouse for energy conservation and shading purposes. While the temperature in the greenhouse was regulated by ventilation during hot periods, solar radiation reaching the greenhouse was partially blocked by shading in the April-June period, and the air temperature was tried to be regulated by fogging on some days.

Irrigation in the greenhouse was carried out by drip irrigation. Fertilized water was given to each plant through capillary tubes (Spaghetti) with a capacity of 2 L/h. Irrigation was managed according to solar radiation intensity. Depending on the global coincidence measured by the climate computer, 100-120 ml of irrigation water was given per plant every 80 J/cm<sup>2</sup>. In order to control the irrigation, the drainage water collected from the control units installed in four different places in the greenhouse was measured every day and it was decided whether the irrigation was sufficient.

In the experiment, while the external temperature values varied between -3 °C and 22 °C in January, the temperatures in the greenhouse were kept at 15 °C at night. During the day, it rose up to 27 °C depending on the outside temperature. While the outside temperature varied between 32 °C and 33 °C in May, the temperature values in the greenhouse increased to 32,8 °C in early May and 34-35 °C towards the end of May, due to the increase in external temperature values.

While the number of irrigation calculated in the study was calculated as 6 days<sup>-1</sup> for the first half of January, this value was calculated as 7 days<sup>-1</sup> for the second half of January. While the number of irrigation calculated based on global radiation in the first half of May was 19 day<sup>-1</sup>, the number of irrigation for the second half was calculated as 22 day<sup>-1</sup>. In addition, in the calculations made in the research, assuming that 100 ml of water would be given to each plant during each irrigation during the production period, the daily water consumption applied during the production period was determined to be higher than the calculated daily water consumption.

**Keywords:** Advanced Technology Greenhouses, Soilless Tomato Cultivation, Water Consumption

## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, yürütülmesi ve bütün çalışmalarım boyunca bana rehber olan, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. A. Nafi BAYTORUN'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Değerli hocam Sayın Prof. Dr. A. Nafi BAYTORUN'nun emekli olması nedeniyle tez danışmanlığını üstlenen ve tezimin her aşamasında yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle değerli katkılarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ'ye en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tez sınavıma katılan jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Adil AKYÜZ'e ve Sayın Doç. Dr. Burçak KAPUR'a değerli katkılarından dolayı en içten duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1. 2019 Yılında Türkiye’de Örtüaltında Yetiştirilen Ürünler .....                                                                                                                                                                  | 6  |
| Çizelge 4.1. Adana ili uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), günlük toplam küresel ışıınım ( $\text{kWh m}^{-2}$ ) ve günlük güneşlenme süreleri ( $\text{h gün}^{-1}$ ) .....                                        | 21 |
| Çizelge 4.2. Adana koşullarında Ocak ayında ileri teknoloji serasında güneş ışıınımına bağılı olarak hesaplanan sulama sayıları .....                                                                                                        | 27 |
| Çizelge 4.3. Adana koşullarında Mayıs ayında yüksek teknoloji serasında güneş ışıınımına bağılı olarak hesaplanan sulama sayıları .....                                                                                                      | 28 |
| Çizelge 4.4. Adana koşullarında ileri teknoloji serasında güneş ışıınımına bağılı olarak üretim periyodu boyunca dönemlere bağılı hesaplanan sulama sayıları ve verilen su miktarları. ....                                                  | 29 |
| Çizelge 4.5. Adana koşullarında ileri teknoloji serasında üretim periyodu boyunca dönemlere bağılı uygulanan sulama sayıları ve verilen su miktarları .....                                                                                  | 30 |
| Çizelge 4.6. Adana iklim koşullarında ileri teknoloji serasında üretim periyodu boyunca dönemlere bağılı üretici tarafından uygulanan ve güneş ışıınımı şiddetine göre hesaplanan sulama sayıları ve verilen su miktarları .....             | 33 |
| Çizelge 4.7. Adana iklim koşullarında ileri teknoloji serasında üretim periyodu boyunca dönemlere bağılı üretici tarafından uygulanan ve güneş ışıınımı şiddetine göre hesaplanan düzeltilmiş sulama sayıları ve verilen su miktarları ..... | 33 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|             |                                                                                                                                                                                    |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1.  | 2019 Yılına ait Türkiye Örtüaltı Ürün Deseni .....                                                                                                                                 | 6  |
| Şekil 3.1.  | Araştırmanın yapıldığı seranın genel görünümü.....                                                                                                                                 | 17 |
| Şekil 3.2.  | Araştırmanın yapıldığı serada sulamanın kontrol edildiği birimin genel görünümü .....                                                                                              | 18 |
| Şekil 3.3.  | Topraksız kültürde sulama suyu ve drenaj suyu kontrol sistem. ....                                                                                                                 | 18 |
| Şekil 4.1.  | Araştırmanın yapıldığı serada araştırma boyunca kaydedilen günlük toplam küresel ışıınım değerleri.....                                                                            | 21 |
| Şekil 4.2.  | Araştırmanın yapıldığı serada Ocak ayında kaydedilen günlük toplam küresel ışıınım değerleri .....                                                                                 | 22 |
| Şekil 4.3.  | Araştırmanın yapıldığı serada Mayıs ayında kaydedilen günlük toplam küresel ışıınım değerleri .....                                                                                | 23 |
| Şekil 4.4.  | Araştırmanın yapıldığı serada Ocak ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri. ....                                                                                      | 23 |
| Şekil 4.5.  | Araştırmanın yapıldığı serada 21 Ocak günü kaydedilen saatlik sıcaklık ve ışıınım değerleri. ....                                                                                  | 24 |
| Şekil 4.6.  | Araştırmanın yapıldığı serada Şubat ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri. ....                                                                                     | 25 |
| Şekil 4.7.  | Araştırmanın yapıldığı serada Nisan ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri. ....                                                                                     | 25 |
| Şekil 4.8.  | Araştırmanın yapıldığı serada Mayıs ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri. ....                                                                                     | 26 |
| Şekil 4.9.  | Araştırmanın yapıldığı serada 9 Mayıs günü kaydedilen saatlik sıcaklık ve ışıınım değerleri. ....                                                                                  | 26 |
| Şekil 4.10. | Araştırma serasında üretici tarafından yapılan sulama sayısı ve güneş ışıınımına bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı arasındaki ilişki.....                                      | 31 |
| Şekil 4.11. | Araştırma serasında üretici tarafından yapılan sulama sayısı ve güneş ışıınımına bağlı olarak hesaplanan ve gölgelemeye bağlı düzeltmeye göre sulama sayısı arasındaki ilişki..... | 31 |
| Şekil 4.12. | Üretici tarafından üretim periyodu boyunca 1 günlük periyotlara bağlı bitki başına uygulanan su miktarı.....                                                                       | 32 |
| Şekil 4.13. | Araştırma serasında üretici tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve güneş ışıınımına bağlı olarak hesaplanan sulama suyu miktarı arasındaki ilişki. ....                       | 34 |
| Şekil 4.14. | Araştırma serasında üretici tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve gölgeleme etkisi dikkate alınarak hesaplanan sulama suyu miktarı arasındaki ilişki. ....                   | 34 |
| Şekil 4.15. | Her bir bitkiye her sulamada 100 ml su verildiğinde hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri. ....                                                                            | 35 |
| Şekil 4.16. | Her bir bitkiye her sulamada 115 ml su verildiğinde hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri. ....                                                                            | 35 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|                  |                                                           |
|------------------|-----------------------------------------------------------|
| A                | : Bir bitkinin alanı                                      |
| d                | : Sulama suyu gereksinimi                                 |
| ET               | : Bitki su tüketimi                                       |
| ETc              | : Gerçek bitki su tüketimi                                |
| ETo              | : Referans bitki su tüketimi                              |
| FAO              | : Gıda ve Tarım Örgütü                                    |
| FAO              | : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü                |
| h                | : Saat                                                    |
| J                | : Joule                                                   |
| Kc               | : Bitki büyüme katsayısı                                  |
| kPa              | : Kilo Paskal                                             |
| L                | : Litre                                                   |
| PC               | : Polikarbon                                              |
| PE               | : Polietilen                                              |
| PET              | : Potansiyel bitki su tüketimi                            |
| PM               | : Penman Monteith yöntemi                                 |
| Q <sub>dam</sub> | : Damlatıcı ile bir sulamada verilen sulama suyu miktarı  |
| RMSE             | : Hata kareler ortalamasının karekökü                     |
| s                | : Saniye                                                  |
| SS               | : Sulama sayısı                                           |
| TOB              | : Tarım ve Orman Bakanlığı                                |
| UNICEF           | : Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuk Acil Yardım Fonu |
| VPD              | : Buhar basıncı açığı                                     |
| W                | : Watt                                                    |
| WHO              | : Dünya Sağlık Örgütü                                     |

## 1. GİRİŞ

Dünyada etkisini hızla arttıran küresel ısınma yüzünden, gıdaya olan ihtiyaç giderek artmakta ve bunun sonucunda en önemli parametrelerden biri olan suya olan önem giderek yükselmektedir. Küresel ısınma nedeniyle hava sıcaklığındaki artış, iklim ve bitki yetiştiriciliğinde en önemli parametrelerden biri olan su kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava sıcaklığı arttıkça bitkilerin su tüketimleri de artmaktadır. Öte yandan, değişen iklim koşulları yağışlarda düzensizlikler meydana getirmektedir. Bunun sonucunda dünyadaki tatlı su kaynaklarında azalma meydana gelmektedir. Belirtilen nedenle etkin ve gerekli su kullanımı ile en yüksek verim alınacak bitkisel ürünler tercih edilmelidir.

Serada bitkilerin sulanması üretimdeki tüm uygulamaların en kritiklerinden biridir. Seralarda sulama sıklıkla gözden kaçırılır ve hafife alınır. Sulamada optimum bitki gelişimini sağlamak için su tüketimini etkileyen faktörleri bilmek önemlidir. Akdeniz havzasındaki seraların büyük çoğunluğu, kıyı bölgelerinde yer alan, genellikle toprakta doğrudan üretimin yapıldığı, damla sulamanın kullanıldığı, iklim kontrol sistemleri olmayan, plastikle kaplanmış nispeten düşük maliyetli yapılardır. Bu seralar nispeten basit yapıya sahip olup yaygın olarak sebze üretiminde kullanılırlar. Ancak, son yıllarda ticari amaçla kurulan ileri teknoloji seralarının sayısı artmakta ve bu seralarda ileri teknoloji kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, gelecek 30 yıl içerisinde yüksek teknoloji seraların dünya tarımındaki dengeleri değiştirebileceği düşünülmektedir.

Yüksek teknoloji seralarında topraktan kaynaklanan hastalıkların önlenmesi, sulamada kullanılan gübrelerin ve ilaçların taban suyuna karışmaması ve toprak yorgunluğunun ortadan kaldırılması amacıyla topraksız tarım yoğun bir şekilde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Topraksız tarım üretiminde sulama, doğrudan toprakta yapılan yetiştiricilikten oldukça farklıdır. Bu yöntemde yetiştirme ortamı olarak kullanılan substrat hacmi küçük olduğundan gün içinde çok sayıda sulama yapma gereği ortaya çıkmaktadır.

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı Akdeniz havzasında su nispeten az olup, su kullanımı konut ve turizmden kaynaklanan artan rekabete tabidir. Ayrıca, yerel su kaynakları, aşırı kullanım, nitrat kirliliği ve akiferlerin tuzlanması gibi çeşitli sorunlardan olumsuz etkilenmiştir. Günümüzde sulama yönetimi, optimum üretim ve ekonomik getiri sağlamak ve çevreye zararlı aşırı sulama uygulamalarından kaçınmak için önemli ve artan bir baskı altındadır.

Türkiye’de seraların büyük kısmı Akdeniz Havzası’nın kıyı bölgelerinde yer almakta ve seraların büyük çoğunluğunda toprakta doğrudan üretim yapılarak damla sulama kullanılmaktadır (Castilla ve ark., 2004; Pardossi ve ark., 2004; Castilla ve Hernández, 2005).

Sulama planlamasının amacı, bitkilerin ihtiyaç duydukları suyu ihtiyaç duyulan anda sağlamaktır. Topraksız kültürde üretimin yapıldığı saksı boyutu ile birlikte üretimde kullanılan substratın veya toprağın fiziksel özellikleri, uygulanan suyun ne kadarının tutulacağını (su tutma kapasitesi) ve bitki için ne kadarının kullanılabileceğini belirler. Bitkiler büyüdükçe bitkiler

tarafından alınan su miktarı uygulanan toplam suyun neredeyse yüzde 100'üne hızla yaklaşır. Bu nedenle ne zaman sulama yapılacağı ve ne kadar su uygulanacağı çok önemlidir. Sulama uygulamasının verimliliğini yükseltmek, sınırlı su kaynaklarını daha geniş alanlarda kullanmanın pratik bir yoludur. Bu aynı zamanda enerji tüketimini, sulama suyunu uygulamadan önce taşımak, filtrelemek ve işlemek için kullanılan diğer girdileri azaltır ve böylece işletmenin karlılığını artırır.

Günümüzde su kaynakları, küresel ısınma ve mevcut kaynakların aşırı/gereksiz kullanımı ya da kirlenmesi gibi nedenlerden dolayı hızla azalırken nüfusun hızla artması nedeniyle de suya olan talep artmaktadır. Bu da mevcut suyun kısıtlı olması sebebiyle idareli kullanmayı ve oluşabilecek olumsuz durumlara karşı önlemler almayı gerekli kılmaktadır. Diğer yandan tarım topraklarının, sanayileşmenin ve nüfus artışının sonucu olarak çarpık kentleşmenin etkileriyle, olumsuz olarak etkilenmesi veya yanlış tarım uygulamaları sonucunda mevcut tarım toprakları giderek çoraklaşmakta ve verimli toprak miktarı azalmaktadır. Sonuç olarak, tarımın en önemli girdilerinden olan su ve su kaynaklarının kirlenmesi veya tükenmesi ve verimli arazilerinin tarım dışı kullanılması ya da çoraklaşması sonucu canlıların temel gereksinimlerinin büyük kısmını oluşturan gıda üretiminin sanayisi görevini üstlenen tarım sektörü olumsuz etkilenmektedir (Hoşgören, 2019).

Dünya nüfusunun hızla artması tarım sektörüne olan baskıyı artırmaktadır. Dünya servetinin ve kaynakların eşit dağıtılmaması sonucu mevcut koşullarda dahi birçok ülkede gıda ve su kıtlığı insan sağlığını ve dolayısıyla insan yaşamını tehdit etmektedir. Bu tehditlerin boyutlarını göz önüne sermek amacıyla yapılan çalışmalardan birkaçının sonucu şu şekildedir:

-Dünyada 805 milyon insan yeterli gıdaya ulaşamamaktadır (FAO-IFADWFP, 2014).

-Dünyada 750 milyondan fazla insanın temiz içme suyuna erişim imkânı bulunmamaktadır. Dünya çapında günde yaklaşık 2300 kişi, yani her yıl 842 binden fazla insan kirli su içilmesi ve yetersiz arıtma, kanalizasyon ve hijyen koşulları nedeniyle hayatını kaybetmektedir (WHO-UNICEF, 2014).

-Yoksulluktan kaynaklanan yetersiz beslenme ve açlık, dünyada en fazla ölüme yol açan hastalıktır. Açlık, bugün dünyada HIV/AIDS, sıtma ve tüberküloz hastalıklarının toplamından daha fazla ölüme yol açmaktadır (WFP, 2010).

-Her yıl 3.1 milyon çocuk yetersiz beslenme nedeniyle ölmektedir. Yetersiz beslenme, 5 yaş altı çocuk ölümlerinin %45'inin nedenidir (WFP, 2015). Buna ilaveten, 2011 yılında dünyada 5 yaş altındaki 165 milyon çocuk yoksulluktan kaynaklı beslenme bozukluğu nedeniyle gelişim geriliği göstermiştir (UNICEF, 2013).

Yukarıda verilen örneklerden tehlikenin boyutunun hâlihazırda bile ne kadar büyük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle yıkımın boyutlarını azaltmak adına önce sorun ve problemler araştırılmalı ve bunları çözmek için planlar yapılmalı ve uygulanmalıdır. Örneğin; verimi arttırmaya yönelik çalışmalar yapılarak minimum arazi ve su kullanımıyla maksimum verim elde edilebilmesi için çalışmalar yapılması, kuraklık, tuzluluk vb. abiyotik stres faktörlerine karşı

dayanıklı yeni bitkilerin araştırılması ve bunların yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır (Hoşgören, 2019).

Sebze, meyve ve çiçek gibi kültür bitkilerinin normal açıkta yetiştirme mevsimlerinin dışında, ekolojik faktörlerin kontrolü sayesinde yetiştirilmelerine imkan sağlayan yapay yetiştirme mekânlarına “sera”; seralarda yapılan bitkisel üretime ise “seracılık” veya örtüaltı yetiştiriciliği adı verilmektedir. Örtüaltı yetiştiriciliği, genel olarak yaş meyve sebze üretimi genel kategorisinin bir alt dalı olarak ele alınmaktadır. Ürün yetiştirmedeki olumsuzlukları ortadan kaldırmak veya minimum zararlar üretimi sürdürülebilir kılmak için çeşitli yöntemlere başvurulmaktadır. Ürünleri seralarda yetiştirme bunlardan bir tanesidir. Kavramsal olarak seracılık, “sera işletmeciliği” veya “sera yetiştiriciliği” ile “örtüaltı ürün yetiştiriciliği” aynı anlamda kullanılmaktadır. Bunlar arasında yıl boyunca bitkisel üretim yapılmasına imkân veren, daha yüksek verim, kalite ve erkenci ürün elde edilmesinin bir sonucu, daha kârlı ve zevkli bir tarım kolu olan “seracılık” çok büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2023a).

Örtüaltı üretimi, açık alan üretimine göre yetiştiricilere daha yüksek verim elde etme olanağı sağlamaktadır. Bunun başlıca nedeni, bitkileri zararlılardan, hastalıklardan ve olumsuz hava koşullarından koruyan bir yapı içerisinde üretimin yapılıyor olmasıdır (Corporation, 2009). Sera içinde damla sulama yöntemi kullanılarak etkin bir gübreleme yapılması ile daha yüksek verim ve kalitede ürünler yetiştirilebilmektedir (Askalan, 2022).

Küresel ısınma ve temiz su kaynaklarının azalması sulama verimliliğini önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Türkiye’de su kaynaklarının %76’sı tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Bu durum sulamada verimliliğin yükseltilmesini öne plana çıkarmaktadır. Son yıllarda kurulan yüksek teknoloji seralarında yapılan topraksız üretimde önemli miktarlarda sulama suyu kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada üretici serasında güneş ışıını şiddeti ve drenaj suyu esas alınarak yapılan sulama sayısı ve su miktarı ile güneş ışıını şiddetine göre teorik olarak hesaplanan sulama sayısı ve su miktarı karşılaştırılarak güneş ışıını şiddetinin yüksek dönemler için düzeltme katsayılarının hesaplanması amaçlanmıştır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Örtüaltı Yetiştiriciliği ve Seracılık

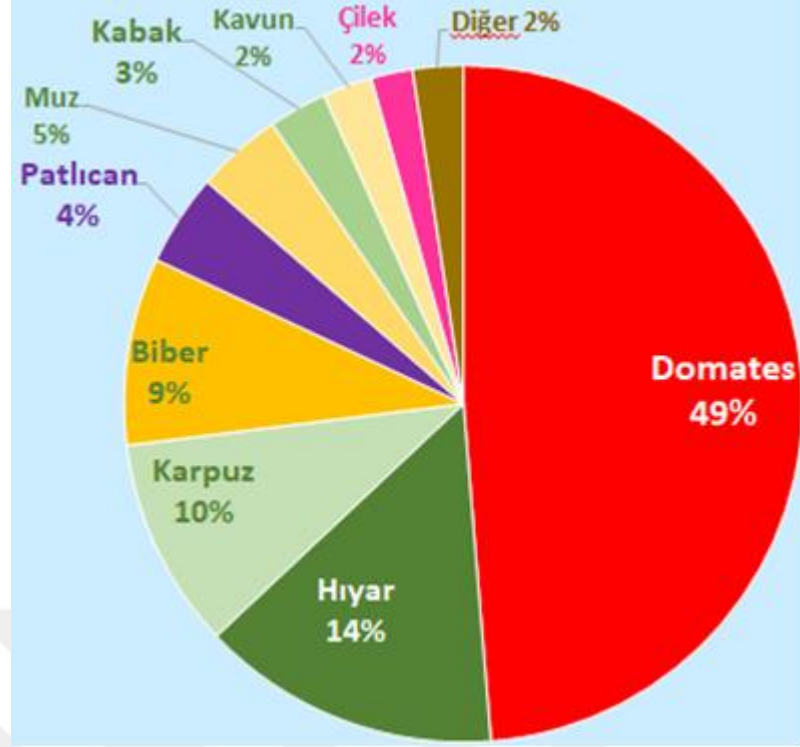
Hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak, gıda maddelerine olan talep de her geçen gün artış göstermektedir. İnsanlar çoğu zaman sebze ve meyveleri mevsimi dışında da tüketmek istemektedirler. Artan gıda ve mevsimi dışında sebze, meyve talebinin karşılanabilmesi için, birim alandan yüksek verimin alındığı seracılık, tüm dünyada her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Seracılığın dünyada bir sanayi haline gelmiş olmasının en önemli nedenlerinden birisi de yetiştirme ortamının kontrol edilebilir olması nedeniyle, kalite ve verimin en üst düzeylere çıkarılabilmesidir. Artan gıda talebini karşılama isteği ve katma değeri yüksek ihracat ürünlerinin yetiştirilebilmesi seracılığın gelişmesine neden olan etmenlerdir (Baytorun ve ark., 2019a).

Seralar, tüm iklim elemanlarının denetimine olanak sağlayabilecek örtülü yapılardır. Bununla birlikte, seracılık, iklimle ilgili çevre koşullarına, tümüyle veya kısmen bağlı kalmadan gerektiğinde sıcaklık, ışık, nem ve hava gibi etmenler denetim altında tutularak bütün yıl boyunca çeşitli kültür bitkileriyle bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek, bitkileri korumak, sergilemek amacıyla cam, plastik gibi ışık geçirebilen malzeme ile kaplanarak değişik şekillerde yapılan, yüksek sistemli bir örtüaltı yetiştiriciliği yapısıdır (Anonim, 2023a).

#### 2.1.1. Türkiye’de Seracılık ve Örtüaltı Üretiminde Mevcut Durum

Türkiye’de toplam örtüaltı varlığımız 790 bin dekarla ulaşmıştır. Türkiye örtüaltı varlığı bakımından Dünyada ilk dört ülke arasında Avrupa’da ise İspanya’nın ardından ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de son 10 yılda ortalama örtüaltı işletme büyüklüğü 2 dekar seviyesinden 4 dekar yükselmiştir. Son yıllarda Tarım ve Orman Bakanlığı’ncave ilgili diğer kurumlarca sağlanan destek, hibe ve krediler ile modern şartlarda üretim yapan örtüaltı işletmeleri hızla artmaktadır. Bunların ortalama büyüklükleri 27 dekar seviyelerindedir. Türkiye örtüaltı bitkisel üretim değeri yaklaşık 10 milyar TL’dir. Türkiye örtüaltı sebze üretiminde Antalya %48’lik payla (3,8 milyon ton) birinci sıradadır. Bu ili sırasıyla, Mersin %16 (1,2 milyon ton), Adana %13 (1 milyon ton) ve Muğla %9 (690 bin ton) illeri takip etmektedir. Bu 4 ildeki toplam örtüaltı üretimi yaklaşık 6,7 milyon ton ile Türkiye toplam örtüaltı üretiminin yaklaşık %86’sını oluşturmaktadır. Türkiye jeotermal enerji kaynakları potansiyeli açısından; Avrupa’da 1 inci, Dünyada 7’nci sırada yer almaktadır. Türkiye’de jeotermal enerji ile ısıtılan sera varlığı 4344 dekadır. Ülkemiz modern sera varlığı yaklaşık 13 bin dekadır. Bu seralarda topraksız tarım metodu ile ihracata yönelik üretim yapılmaktadır (Anonim, 2023b).

Türkiye’deki sera alanlarındaki üretimin grup bazında 2019 yılına ait dağılımı incelenecek olursa; domates %49 üretim değeriyle ilk sırada yer almaktadır. Diğer önemli ürün desenleri Şekil 2.1.’de verilmiştir.



Şekil 2.1. 2019 Yılına ait Türkiye Örtüaltı Ürün Deseni (Anonim, 2023b)

2019 yılında Türkiye’de örtüaltında yetiştirilen ürün miktarları ise, aşağıdaki Çizelge 2.1.’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. 2019 Yılında Türkiye ‘de Örtüaltında Yetiştirilen Ürünler (Anonim, 2023b)

| Örtüaltında Yetiştirilen Ürünler (2019 Yılı) |                  |
|----------------------------------------------|------------------|
| Ürünler                                      | Üretim (Ton)     |
| Domates                                      | 4.083.681        |
| Hıyar                                        | 1.156.997        |
| Karpuz                                       | 877.505          |
| Biber                                        | 749.769          |
| Muz                                          | 424.837          |
| Patlıcan                                     | 323.009          |
| Kabak (Sakız)                                | 211.953          |
| Kavun                                        | 205.340          |
| Çilek                                        | 195.206          |
| Diğer                                        | 200.702          |
| <b>TOPLAM</b>                                | <b>8.436.616</b> |

## 2.2. İleri Teknoloji Seraları

Sera işletmeleri düşük teknoloji kullananlar, orta ölçekli teknoloji kullananlar ve yüksek teknoloji kullananlar olmak üzere gruplanabilmektedir. Düşük teknoloji kullanan seralar basit yapılar olup bu seralarda ısıtma yapılmamakta sadece donlu günlerde basit yöntemlerle ürün korunmaktadır. Bu işletmelerde açıkta yapılan yetiştiriciliğe benzer uygulamalar görülür. Orta ölçekli olanlarda ısıtma sistemi düşük teknoloji kullananlara göre daha etkin olduğundan, sera içindeki iklim koşulları dış hava koşullarından nispeten farklılık gösterir. Topraksız tarım dahil

olmak üzere daha ileri teknoloji kullanılabilir ve uygulamalar kısmen ya da tam otomatik olabilir. Yüksek teknoloji kullanan seralarda yatırım maliyeti yüksektir. Isıtma, havalandırma, evaporatif soğutma, aydınlatma, karbondioksit gübrelemesi gibi uygulamalarla iklim kontrolü yapılır ve sera içerisinde dış hava koşullarından tamamen bağımsız bir ortam yaratılır. Üretimde sera hacminden azami düzeyde yararlanan üretim sistemleri kullanılır (Pardossi ve ark., 2004).

Tüketici talebinin hızla değiştiği dünyada seracılık alan olarak artış gösterirken, aynı zamanda seracılıktaki teknoloji hızlı bir şekilde gelişim göstermektedir. En fazla seracılık, iklimin sera yetiştiriciliğine uygun olduğu Akdeniz havzasındaki ülkelerde yapılmaktadır (Baytorun ve ark., 2019a).

Akdeniz havzasındaki seraların büyük çoğunluğu, kıyı bölgelerinde yer alan, genellikle toprakta doğrudan üretimin yapıldığı, damla sulamanın kullanıldığı, iklim kontrol sistemleri olmayan, plastikle kaplanmış nispeten düşük maliyetli yapılardır. Bu seralar nispeten basit yapıya sahip olup yaygın olarak sebze üretiminde kullanılırlar. Ancak, son yıllarda ticari amaçla kurulan ileri teknoloji seralarının sayısı artmakta ve bu seralarda ileri teknoloji kullanılmaktadır. Ülkemizde ileri teknoloji kullanan sera varlığı yaklaşık olarak 1200 ha'dır ve işletmelerin ortalama büyüklükleri 27 da civarındadır. Son 10 yılda ortalama örtüaltı işletme büyüklüğü 2 da'dan 4 dekara yükselmiştir (TOB, 2019). Yapılan araştırmalara göre, gelecek 30 yıl içerisinde yüksek teknoloji seraların dünya tarımındaki dengeleri değiştirebileceği düşünülmektedir.

Baytorun ve ark (2019b) tarafından Doğu Akdeniz iklim koşullarında yan duvarları polikarbonat ve çatısı tek kat PE örtülü olan ve alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılan, toplam 7392 m<sup>2</sup> taban alanı sahip 55 m uzunluğunda üç bölmeden oluşan bir serada, ısı perdesinin sızdırmazlık durumu ve ısı perdesi ile sağlanabilen yakıt tasarrufu konulu bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan bu araştırmanın sonucunda elde edilen bulgular, düzenli olarak ısıtılan seralarda ısı korunumu, üretim maliyetinin düşürülmesi ve karbon ayak izinin küçültülmesi açısından büyük bir öneme sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bulgular ısı perdesi sızdırmazlık katsayısının 0.30 ve yakıt tasarruf oranının %28 olduğunu göstermektedir. Anılan çalışmada ayrıca ekonomik açıdan ısı perdesi yatırımına ilişkin değerlendirmelerde bulunulmuştur. Türkiye'de son yıllarda yüksek teknolojiye sahip seralarda kurulan ısı perdelerinin yan duvar ve cephelerdeki birleşimlerinde yeterli izolasyon sağlamadığı için ısı perdelerinden beklenen tasarruf sağlamadığı, ısı perdelerinde ithal malzeme kullanıldığından maliyetleri oldukça yüksek olduğu araştırmacılar tarafından açıkça belirtilmiştir. Bu nedenle ısı perdesi kullanımı için, sağlayacakları yakıt tasarrufu, yakıt bedeli ve yatırım giderleri dikkate alınarak karar verilmesi önerilmektedir.

Baytorun ve ark (2017) yüksek teknolojiye sahip seralarda yapılan bitkisel üretimde ısıtma giderleri bölge iklimine bağlı olarak %20-40 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Seralarda ısıtma ayar sıcaklığının ideal değerler altında tutulması ısı tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Fakat, bu durum bitki gelişimini olumsuz açıdan etkileyebileceği gibi, kuru madde oluşumu vb. bitki özelliklerini üzerinde de etkisi olabilmektedir (Körner ve Challa, 2003; Baytorun ve Üstün, 2022).

Seralarda sıcaklığın düşürülerek enerji tasarrufu konusunda yapılan bir araştırmada, günlük ortalama sıcaklığın 18°C (19/17°C) ve 16°C 'de (17/15°C) tutulduğu seralarda yapılan domates üretiminde 2 kg m<sup>-2</sup> verim farkı elde edilirken, birim alan için 1.5 € m<sup>-2</sup> fazla yakıt tüketildiği elde edilmiştir. Bu şartlar altında sıcaklığın düşürülmesi konusunda karar vermede domatesin pazar fiyatı oldukça önemli bir role sahiptir (Teichert, 2006; Baytorun ve Üstün, 2022).

Baytorun ve Makauy (2019) tarafından, Türkiye’de seracılığın yoğun olarak yapıldığı farklı iklim bölgelerindeki yüksek teknolojiye sahip seralarda yapılacak evaporatif soğutma ile bölge iklimine ve kullanılan pedlerin randımanlarına bağlı olarak ulaşılabilen sıcaklık değerleri teorik olarak hesaplanarak, evaporatif soğutma olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu araştırmanın sonucunda, seralarda tüm yıl üretimin gerçekleştirilebilmesi için, günlük ortalama sıcaklık değerinin 22°C ’den yüksek olması durumunda seralarda soğutma tedbirlerinin alınmasının zorunlu olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar, soğutma amacıyla seralarda alınabilecek en ucuz iklimlendirme önleminin havalandırma ve gölgeleme uygulamalarının birlikte yapılması olduğunu, bu sayede sera ortam sıcaklığı dış sıcaklık değerinin 1-2 °C üstüne çekilebileceğini bildirmişlerdir. Evaporatif soğutma sayesinde, serada sıcaklık değerinin dış sıcaklık değerinden düşük tutulabilmesi mümkün olacağı ancak, evaporatif soğutmanın verimliliğinin dış iklim koşulları ve sistemde kullanılan pedlerin randımanına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir. Seraya ulaşan güneş ışınımı gölgeleme ile %50 azaltılırsa evaporatif soğutma etkinliğinin %23 oranında arttırılabileceği bildirilmiştir. Dahası araştırmacılar, hava neminin de evaporatif soğutma ile elde edilebilecek sıcaklık farkına etkisinin fazla olduğunu, sera sıcaklığının 27°C ’de tutulabilmesi için, dış sıcaklık değerinin 35°C ’den fazla olması durumunda, hava neminin %20 ’lerde olması gerektiğini bildirmişlerdir.

### **2.3. Topraksız Tarım ve Uygulandığı İleri Teknolojik Seralar**

Yüksek teknoloji seralarında topraktan kaynaklanan hastalıkların önlenmesi, sulamada kullanılan gübrelerin ve ilaçların taban suyuna karışmaması ve toprak yorgunluğunun ortadan kaldırılması amacıyla topraksız tarım yoğun bir şekilde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Topraksız tarım üretiminde sulama, doğrudan toprakta yapılan yetiştiricilikten oldukça farklıdır. Bu yöntemde yetiştirme ortamı olarak kullanılan substrat hacmi küçük olduğundan gün içinde çok sayıda sulama yapma gereği ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde, pek çok ülkede, seralarda üretimin büyük bir kısmı topraksız tarım ile gerçekleştirilmektedir. Aslında topraksız yetiştiricilik 17.YY’dan günümüze bitki beslenme konusundaki bilgilerimizin çoğu su ve kum kültürü denemelerinden elde edilmiştir. Topraksız tarımın, seralarda ticari anlamda yaygın kullanımı ise 1970 ’li yıllara rastlamaktadır. Bunun nedeni ise bu yıllarda ortaya çıkan enerji krizi sonucu buhar ile toprak dezenfeksiyonunun çok pahalı bir uygulama haline gelmesidir. Bu şekilde kullanılmaya başlanan topraksız tarım günümüze kadar

artan bir hızla yaygınlaşmıştır, hatta bazı ülkelerde sera üretimi tamamen topraksız tarım ile yapılmaktadır (Anonim, 2023a).

Türkiye’de topraksız tarımın ticari üretimde kullanımına 1995 yılında Antalya’da başlanmıştır. Başlangıçta iki işletmede toplam 100 dekar alanda gerçekleştirilen topraksız tarım faaliyetleri 2004 yılından itibaren hızlı bir artış göstermiştir. 2016 yılı itibariyle ülkemizde topraksız tarım alanının 12000 dekar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Toplam sera alanına kıyasla halen oldukça sınırlı bir alanda (~%2-3) uygulanmasına karşın hızla artış göstermektedir (Gül, 2019; Tüzel ve ark., 2020).

Ülkemizde topraksız tarım yapan ilk işletmeler seracılığın merkezi olan Antalya’da kurulmuş olmakla birlikte, özellikle domates ve biber gibi türlerde yüksek verim ve kaliteye ulaşmak için sera iklimlendirmesi şart olduğundan, 2000 ’li yıllarda topraksız tarım yapan sera işletmeleri jeotermal alanlara yönelmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte özellikle Ege Bölgesi bu işletmeler için çekim merkezi haline gelmiştir. Ege Bölgesi’nin dışında Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Şanlıurfa) ve Doğu Anadolu Bölgesi’nde (Van, Ağrı) de jeotermal enerji ile ısıtılan ve topraksız tarım yapılan seralar kurulmuştur. Topraksız tarım yapılan seralarda jeotermal enerji dışında, başlıca enerji kaynağı kömürdür. Ayrıca atık enerji ile ısıtılan seralar da bulunmakla birlikte alan sınırlıdır (Tüzel ve ark., 2020).

Topraksız tarımın geleneksel yetiştiriciliğe göre üstün yanları şu şekilde özetlenebilir;

- Toprağın bulunmadığı veya kalitesinin üretim için yeterli olmadığı yerlerde yetiştiricilik yapılabilir.
- Toprak yorgunluğu ortadan kalkar, aynı yerde arka arkaya aynı ürünler yetiştirilebilir.
- Toprak kaynaklı hastalık ve zararlılar ile yabancı otlar sorun olmaktan çıkar, toprak dezenfeksiyonuna gerek kalmaz. Ürünlerde dezenfektan kalıntısı sorunu ile karşılaşılmaz.
- Su ve besin maddeleri etkin bir şekilde kullanılır, su ve gübre kullanımı azalır (Anonim, 2023a).

Sera işletmelerinde oldukça fazla su kullanılır. Seraların planlamasında işletmedeki su gereksinimi önceden belirlenmelidir. Su gereksinimi, üretilecek bitkiye bağlı olarak değişir. Farklı kaynaklara göre seralarda ortalama su gereksinimi yaz ayları için günde 5 L m<sup>-2</sup> bitki alanı veya 0,15 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> ay<sup>-1</sup> olarak alınabilir. Yıllık gereksinim 0,8-2,0 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup>’dir. Sisleme yöntemiyle sulamada yıllık su gereksinimi 3 m<sup>3</sup>m<sup>-2</sup> veya daha fazla olabilmektedir (Von Zabeltitz, 1986).

Seralarda sulama sistemleri seçilirken su ve enerji tasarrufu sağlayan sistemlerin seçilmesi amaç edinilir. Su tasarrufundan verilen suyun yüzey akışa geçen, derine sızan ve buharlaşan miktarının minimuma indirilmesi, enerji tasarrufundan ise verilen suyun buharlaşması azaltılarak örtü yüzeyinden kaybolan gizli ısınin azaltılması anlaşılmalıdır.

Toprakta doğrudan yetiştirilen bitkilerin su gereksinimi hesaplanırken, bu konuda geliştirilmiş programlar yetiştiricilere yardımcı olur. Toprak su aygıtlarıyla sulama yönetimi, topraktaki suyun ne zaman sulanmaya başlanacağını belirten alt sınır ve ne zaman durması gerektiğini belirten üst sınır arasında tutulması esasına dayanır. İki limit arasındaki fark, gerekli sulama miktarını gösterir. Genel olarak alt sınır bitkiyi baskılamadan toprak suyunun tükenmesine izin verirken, üst sınır kök bölgesinden aşırı drenajı önler.

Topraksız kültür, bitkilerin hidroponik olarak adlandırılan bir su kültüründe veya kum, vermikülit, taş yünü, turba yosunu, testere tozu, hindistan cevizi tozu veya hindistan cevizi lifi gibi topraksız bir substratta büyümesini içerir. Substrat seçimi, yetiştirilecek bitkilere, sistemin büyüklüğüne ve yetiştiricinin yapmak istediği mali ve zaman yatırımına bağlıdır.

Hidroponik (topraksız) yüksek teknolojiye üretim pazarı gittikçe genişlemektedir ve bu pazar 2020 yılında 9,5 milyar USD iken 2026 yılına kadar 17,9 milyar USD 'ye çıkacağı öngörülmektedir (Europe Hydroponics Market Research Report, 2022). Başka bir raporda, Avrupa'da aynı sektörün pazar payının 2021 yılında 182,1 milyon USD olduğu, bunun 2026 yılında 200,21 milyon USD'ye çıkacağı öngörülmektedir (Market Data Forecast report, 2023). Ülkemizin bu sektördeki payına ilişkin veri bulunmamaktadır (Kürklü, 2022).

Yoğun seracılık yapılan ülke sıralaması Çin, İspanya, Güney Kore, Japonya ve Türkiye'dir (Chang ve ark., 2013). Türkiye, yaklaşık 35.000 ha 'lık sera alanı ile Avrupa'da İspanya'dan sonra ikinci sırada bulunmaktadır (TOB, 2021). Türkiye 2001 yılı itibari ile modern sera varlığına sahip değildir (Pardossi ve ark., 2016). Tarım ve Orman Bakanlığı 2022 yılı verilerine göre, Türkiye'deki yüksek teknolojiye topraksız sera varlığı 1.300 ha 'a ulaşmıştır (TOB, 2021). Bu değer toplam "sera" varlığımızın %1'inden azdır (İspanya'da bu değer %40, Hollanda'da %95 olarak dikkate alınabilir). Bu seralarımızın yaklaşık %35 'lik kısmı jeotermal enerji ile ısıtılmakta olup, dünyada seracılıkta en çok jeotermal enerjinin kullanıldığı ülke de Türkiye'dir (Kürklü, 2022).

Topraksız kültür, yetiştirme ortamı üzerindeki kontrolü iyileştirmek, toprağın su ve besin durumundaki belirsizlikleri önlemek için seralarda yoğun olarak kullanılır. Topraksız kültür, bitkilere besin ve su desteği sağlayan rezervuara sahip yapay bir sistemdir. Topraksız kültür sistemleri, sebzelerin (domates, marul, patlıcan, ıspanak, kavun, hıyar ve biber) yanı sıra, gül, frezya gibi süs bitkileri üretimde uygulanabilir bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Çilek ve ahududu gibi bazı meyve türleri de topraksız kültür sistemlerine çok uygundur. Topraksız kültürü gerektiren nedenleri; toprak yorgunluğu, hastalık, zararlı ve yabancı ot sorunu, aşırı gübre ve su tüketimi şeklinde sıralamak mümkündür.

Topraksız kültürde açık sulama sistemlerde kullanılan substrat, suyun mevsimsel kullanımını ve tarımsal kimyasalların özütlenmesinden kaynaklanan kirliliği belirlediğinden, doğru sulama programlaması çok önemlidir. Bununla birlikte aşırı veya eksik sulama, kapalı sistemlerde bitkilerde fizyolojik bozuklukların (domates ve biberde çiçek bitimi çürümesi) veya kök hastalıklarına duyarlılığın artmasıyla bitkinin büyümesini ve verimini de etkileyebilir.

Topraksız kültürde kullanılabilir su miktarı toplam substrat hacminin %7 ila %35'i arasında değişir. Kullanılabilir su miktarı, artan substrat porozitesi, kütle yoğunluğu ve saksı yüksekliğine bağlı artar. Slab gibi yetiştirme ortamları, daha fazla drenaj ve daha az su tutma kapasitesine sahiptirler. Normal toprakta yapılan üretimle karşılaştırıldığında substratta yetişen bitkiler genellikle sabahın erken saatlerinden başlanarak gün içerisinde çok kez sulanır.

Sulama planlamasının amacı, bitkilerin ihtiyaç duydukları suyu ihtiyaç duyulan anda sağlamaktır. Topraksız kültürde üretimin yapıldığı saksı boyutu ile birlikte üretimde kullanılan substratın veya toprağın fiziksel özellikleri, uygulanan suyun ne kadarının tutulacağını (su tutma kapasitesi) ve bitki için ne kadarının kullanılabileceğini belirler. Bitkiler büyüdükçe, bitkiler tarafından alınan su miktarı uygulanan toplam suyun neredeyse yüzde 100'üne hızla yaklaşır. Bu nedenle ne zaman sulama yapılacağı ve ne kadar su uygulanacağı çok önemlidir. Sulama uygulamasının verimliliğini yükseltmek, sınırlı su kaynaklarını daha geniş alanlarda kullanmanın pratik bir yoludur. Bu aynı zamanda enerji tüketimini, sulama suyunu uygulamadan önce taşımak, filtrelemek ve işlemek için kullanılan diğer girdileri azaltır ve böylece işletmenin karlılığını artırır (Baytorun, 2023).

Seralarda yapılan topraksız tarım üretiminde sulama toprakta yapılan yetiştiricilikten oldukça farklıdır. Topraksız kültürde yetiştirme ortamı olarak kullanılan substrat hacmi küçük olduğundan gün içinde çok sayıda sulama yapma gereği ortaya çıkar. Yüksek teknoloji seralarında yapılan topraksız tarım uygulamalarında bitkiler serbest drenajlı açık sistemlerde yetiştirilir. Bu yöntemde kök sistemi tarafından işgal edilen küçük hacimde çok az suyun tutulması nedeniyle bitkilerin sulama yönetimi topraktaki eşdeğer bitkilerden çok daha hassas bir kontrol gerektirir. Ayrıca üretimde yaygın olarak kullanılan mineral substratlar çok az besin tamponlama kapasitesine sahiptirler. Belirtilen nedenle topraksız kültürde kullanılabilir suyu korumak ve kök bölgesi tuzluluğunda aşırı dalgalanmaları önlemek için küçük miktarda sık sulamalar uygulanır. Ayrıca, yetiştirme ortamında tuz birikimini önlemek için %20-40'lık yıkama suyu kullanılır (Baytorun, 2023).

Topraksız kültürde her sulamada uygulanan su iki sulama arasında bitkinin su ihtiyacını karşılamalıdır. Uygulanan su miktarı substratın su tutma kapasitesini ve yıkama gereksinimini karşılayabilmelidir. Sulama sıklığı iklime ve bitkinin gelişme aşamasına bağlı olup kullanılan sulama kontrol yöntemi sulama sıklığını belirler.

Topraksız kültürde drenaj bitki aktivitesi ve bitkinin su ve besin maddesi alımı hakkında en iyi göstergedir. Topraksız kültürde yapılan sulamada toplam sulama suyu ve toplam drenaj suyu miktarı kontrol edilmelidir. Gün içinde sulama ve drenajın durumunu görsel olarak birkaç kez kontrol etmek çok önemlidir. Drenaj suyu gün içindeki güneş ışınlamı ve sıcaklığa bağlı olarak sabah az, çoğu gün ortasında ve daha az olarak akşama doğru gelir.

Topraksız kültürde sulama güneş ışınlamı yoğunluğuna göre programlanır. Piranometreler seranın dışına monte edilir ve güneş ışınlamı şiddetini ölçer. Tipik bir piranometre toplam güneş

ışınımının yaklaşık %90 'ını oluşturan 400-1100 nm bandındaki toplam ışıını ölçer. Topraksız kültürde yapılan sulamada normal planlama, 80-100 J cm<sup>-2</sup> başına bir sulama uygulamasıdır. Bu yöntemde bitkiler sulama aralıkları azaltılarak veya artırılarak istenen büyüme özelliklerine doğru yönlendirilebilirler. Sulama aralığını arttırmak yetiştirme ortamındaki tuzluluğu artırabilir, bu da bitki stresini arttırdığından meyve şekeri ve generatif büyümeyi artırır (Baytorun, 2023).

Topraksız kültürde yapılan sulamada, zamanlama stratejisi günün saatlerine göre ayarlanır. Domates yetiştiriciliğinde normalde meyvelerin çatlamasını önlemek için güneşin doğuşundan sonraki ilk 1½ ila 2 saat ve gün batımından önceki son 1½ ila 2 saat boyunca sulama yapılmaz. Ancak sera gece boyunca düzenli olarak ısıtılıyorsa, gece saatlerinde iki sulama yapılması önerilir. Akdeniz iklim koşullarında ısı perdelerinin kullanıldığı seralarda kışın gece saatlerinde sıcaklığın 13°C-15°C'de tutulması ve perde altındaki nemin yüksek olması nedeniyle gece saatlerinde sulama yapılmamaktadır. Ancak, Nisan ayından sonra gece saatlerinde ortaya çıkan yüksek sıcaklık nedeniyle 1-2 ek sulama yapılmaktadır (Baytorun, 2022).

### **2.3.1. Topraksız Tarım Teknikleri, Yetiştirilen Türler ve Yapılan Çalışmalar**

Türkiye'de topraksız tarım yapan modern sera işletmelerinde ağırlıklı olarak sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan en önemli tür olan domatesi, iri meyveli, kalın etli dolmalık biberlerin (California wonder tipi) üretimi takip etmektedir. Çilek bitkisinin domatese kıyasla daha düşük sera sıcaklıklarında ve daha geleneksel seralarda da yetiştirilebilmesi nedeniyle son yıllarda topraksız çilek yetiştiriciliği de hızlı bir yükseliş göstermektedir. Birim alandaki bitki sayısının artırılması amacıyla genel olarak çift katlı yetiştiricilik yapılmaktadır. Salata-marul, maydanoz, roka ile farklı aromatik bitkilerin (adaçayı, tarhun, kişniş, reyhan, kekik, fesleğen vb.) üretimi de topraksız tarım kültürü kullanılarak yapılmaktadır (Tüzel ve ark., 2020).

Substrat kültürü olarak kullanılan perlit, kaya yünü ve Hindistan cevizi torfu, meyvesi tüketilen türlerin (domates, biber, çilek) yetiştiriciliğinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Substrat kültüründe bitkilerin su ve besin gereksinimleri damla sulama sistemiyle uygulanan besin çözeltisi ile karşılanmaktadır. Besin çözeltisi uygulaması yaklaşık %20 drenaj elde edilecek şekilde gerçekleştirilir. Besin çözeltisinin uygulanaşına göre, substrat kültürü açık ve kapalı sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Açık sistemde bitki kök bölgesinden drene olan çözelti atılır, kapalı sistemde ise drene olan çözelti toplanarak sistemde tekrar dolaştırılmaktadır. Kapalı sistemin en önemli avantajları su ve gübre tasarrufu sağlanması, atılan çözelti miktarını azaltmasıdır. Açık sistemde özellikle atılan nitrat ve fosfat iyonları yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kapalı sistem özellikle çevre koruma açısından önemlidir. Ülkemizde topraksız tarımda tecrübe kazanan işletmeler büyük ölçüde kapalı sisteme geçmiş olmakla birlikte, halen açık sistem uygulamasına devam eden işletmeler bulunmaktadır (Tüzel ve ark., 2020).

Salata-marul, maydanoz, roka ve aromatik bitkilerin yetiştiriciliğinde su kültürü kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla “yüzen su kültürü” ve “besleyici film tekniğı (NFT)”

kullanılmaktadır. Son yıllarda “kontrollü çevre tarımı” adı verilen tam iklim kontrollü kapalı ortamlarda bitki yetiştiriciliği konusunda da arayışlara başlanmıştır. Yatırımcıların ilgisini akuaponik (akuatik canlıların üretimi ile topraksız bitki yetiştiriciliğinin birlikte gerçekleştirilmesi) tekniği de çekmektedir (Tüzel ve ark., 2020).

Türkiye’de topraksız tarım uygulanan modern sera işletmelerinde arazi satın alma bedeli hariç olmak üzere, yatırım masrafı (topraksız tarım sistemleri dahil) plastik örtülü seralar için 50-60 € m<sup>-2</sup>, cam seralar için ise 70-85 € m<sup>-2</sup> olarak hesaplanmaktadır (Bayar, 2012). Domates üretiminde yıllık işletme masrafları (üretim, çalışan ve ihracat giderleri), işletmenin büyüklüğüne göre 15500-25000 € dekar<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermesi nedeniyle, modern işletmelerde, işletme büyüklüğü karlılığı önemli düzeyde etkilemektedir (Gül, 2013). Aydın (2019) substrat kültürü ile salkım domatesi yetiştiriciliğinde, üretim tarihleri ve elde edilen verime bağlı olarak maliyeti 50 ton da<sup>-1</sup> verim alınması durumunda 2.55 TL kg<sup>-1</sup>, 28 ton da<sup>-1</sup> verim alınması durumunda 3.09 TL kg<sup>-1</sup> olarak bildirmektedir.

Tahtalı Barajı Koruma Havzasında bulunan ve Nisan-Kasım ayları arasında hıyar yetiştirilen seraların topraksız tarıma geçirmek için yapılması gereken yatırım masrafı 4.5 \$ m<sup>-2</sup> olmuş ve bu seralardaki başarılı çiftçiler 32-44 kg m<sup>-2</sup> arasında farklılık gösteren seviyelerde verim elde edebilmişlerdir. Verilen örnekte de görüleceği gibi geleneksel biçimde yetiştiricilik yapılan seralar çok daha az harcama yapılarak topraksız tarım sistemlerine geçirilmesi mümkündür (Gül, 2013).

#### **2.4. Seralarda Domates Yetiştiriciliği ve Topraksız Tarımın Yapıldığı İleri Teknolojik Seralarda Domates Yetiştiriciliği ile İlgili Çalışmalar**

Eltez ve ark (2002) tarafından, sonbahar dönemi sera domates yetiştiriciliğinde; besleyici film tekniği (NFT) sisteminin Türkiye şartlarında kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla, 9 m uzunlukta ve 30 cm genişlikte hazırlanan polyester kanallar kullanıldığı bir araştırma yürütülmüştür. Anılan bu araştırmanın ilk yılında, üç domates çeşidi (Gökçe F1, FA 361 F1 ve 189 F1) pomza tutunma ortamında, sürekli ve fasılalı akış (45 dakika akış/15 dakika boşluk); ikinci yılında ise, Gökçe F1 çeşidine perlit, tuf ve pomza ortamlarında iki farklı fasılalı akış (45 dakika akış/15 dakika boşluk ve 30 dakika akış/30 dakika boşluk) uygulanmıştır. Araştırmacılar yürüttükleri bu çalışmanın sonunda elde ettikleri bulgulara göre; her iki yılda da toplam verimler arasında önemli bir farkın olmadığını ifade etmiş, dahası ilk yıl fasılalı akışın erkenci verimi arttırdığını, ayrıca tuf’un en iyi tutunma ortamı olduğunu, bitki su tüketimi açısından ise, yapılan uygulamalar arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir.

Chen ve ark (2015) tarafından, damla sulama ile sulanan domateste verim ve kalite parametrelerindeki değişimleri, bunların 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri ve 0-60 cm derinlikteki ET'nin mekansal değişkenliği ile ilişkilerini ortaya koymak amacıyla, Kuzeybatı Çin'deki bir serada, Mart-Temmuz 2012 (1. sezon) ve Ekim 2012-Nisan 2013 (2. sezon) tarihleri

arasında bir çalışma yürütülmüştür. Araştırmacıların elde ettiği verilere göre sonuçlar, domates veriminin tüm kalite parametrelerinden daha değişken olduğunu göstermiştir. Verim, kalite parametreleri ve ET için varyasyon katsayıları, 1. sezonda sırasıyla %18.2, %8.6-14.5 ve %8.2-20.0 olarak; 2. Sezonda ise sırasıyla %11.8, %6.3-9.8 ve %9.1-11.5 olarak elde edilmiştir. Verimin her iki sezonda da; toprak nemi içeriği (Qv), nitrat nitrojen içeriği ve ET ile önemli ölçüde pozitif korelasyon gösterirken, topraktaki kum içeriği, kütle yoğunluğu ve amonyum nitrojen içeriği ile önemli ölçüde negatif bir ilişki gösterdiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Meyve sertliğinin (Fn), meyvede toplam çözünür katı madde (TSS), C vitamini (VC), çözünebilir şeker (SS) içeriklerinin, toprak nem içeriği (Qv) ve ET ile önemli düzeyde negatif bir ilişki gösterdiği araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

Gong ve ark (2019) bir güneş enerjisi serasında damla sulamayla sulanan domateste, ETc'yi tahmin etmek için Shuttleworth–Wallace (S-W ) modelinin uygulanabilirliğini değerlendirmek, Shuttleworth–Wallace (S-W) modelinin ve Dual mahsul katsayısı (Dual-Kc) yönteminin tahmin doğruluklarını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları araştırmada, sırasıyla 2015 ve 2016 yıllarında, başlangıç, gelişme, orta ve geç dönemlerde Shuttleworth–Wallace (S-W) ve Dual mahsul katsayısı (Dual-Kc ) modelleri ile ETc varyasyonlarını simüle etmişlerdir. Tartılı lizimetre ile sürekli ölçülen bitki ETc 'si ve mikro-lizimetre ile birleştirilmiş öz akış sistemi iki yaklaşımın performansını doğrulamak için kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda elde edilen sonuçlar, toplam toprak buharlaşmasının tüm büyüme periyodu boyunca ETc'nin %25'ini oluşturduğunu ve canopy gölgeleme oranının artmasıyla kademeli olarak azaldığını göstermiştir. Yerel olarak geliştirilen temel bitki katsayıları ilk, orta ve geç dönemlerde, 2015 yılında sırasıyla 0.15, 0.94 ve 0.65 olarak, 2016 yılında ise sırasıyla 0.15, 1.02 ve 0.70 olarak elde edilmiştir. Araştırmacılar, S–W ve Dual-Kc modellerinden tahmin edilen ETc 'nin varyasyonlarının, ölçülen ETc 'ye benzer olduğunu ortaya koymuşlardır. S-W modelinin, başlangıç dönemlerinde ETc 'yi biraz fazla tahmin ederken, orta dönemlerde ise az tahmin ettiği ifade edilmiştir. Ancak anılan ETc tahmin modelinin, LAI değeri 0.5 ve 2.7 arasındayken iyi performans gösterdiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ek olarak, S-W modelinin performansının farklı hava koşullarında ve sulamadan sonra da daha iyi olduğu belirtilmiştir. 2015'te 1.03 ( $R^2=0.93$ ) ve 2016'da 0.96 ( $R^2=0.93$ ) regresyon katsayıları ile Dual-Kc yöntemi kullanılarak tahmin edilen ETc ile sera domatesi için yapılan ölçümler arasında iyi uyum bulunduğunu bildiren araştırmacılar, bu nedenle Dual-Kc yönteminin S-W modelinden üstün olduğunu açıkça belirtmişlerdir. Araştırmacılar, güneş serasında yetiştirilen domatesin evapotranspirasyonunu tahmin etmek için Dual-Kc yöntemini önermektedirler.

Norrie ve ark (1994) turba bazlı substratta yetiştirilen sera domatesinde (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sulama zamanını belirlemek üzere potansiyel bitki su tüketimi (PET) tahminlerinin kullanımını, ilkbahar ve sonbahar bitkileri için değerlendirmiştir. PET (Penman denklemi kullanılarak), yapraktan, yaş ve kuru termometre sıcaklıkları ile gelen ve yansıyan fotosentetik foton akışından hesaplanmıştır. Substrat matris potansiyeli (SMP), elektronik

tansiyometreler kullanılarak sürekli olarak izlenmiştir. İki sulama başlangıç ayar noktası (-4.5 ve -6.5 kPa SMP) ve iki besin çözeltisi elektrik iletkenliği (EC) işlemi (1.5 ve 3.0 dS·m<sup>-1</sup>) tamamen rastgele bir tasarımda faktöriyel olarak birleştirilmiştir. Sulama sıklığının -4.5 kPa 'da sulama yapılan uygulamalarda -6.5 kPa 'daki uygulamalara göre daha fazla olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Hesaplanan PET değerlerinin integrali, her iki uygulama için de SMP ile ilişkilendirilmiştir. Kümülatif PET değerleri, ilkbahar ve sonbahar bitkileri için -6.5 kPa'lık uygulamalarda sulamanın başlangıcından daha yüksek olduğu, besin çözeltisi EC değerinin ise, sulama sıklığını etkilemediği araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir. Yaprak basıncı potansiyeli (LPP), yüksek EC, düşük (-6.5 kPa) matris potansiyel ayar noktası veya her iki uygulamaya maruz kalan bitkilerde PET tarafından tahmin edilen LPP ( $r^2 > 0.56$ ) ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmanın sonucunda, PET ve elektronik tansiyometre teknolojisinin, bitkinin su ve besin gereksinimlerine daha doğru yanıt vererek turba bazlı alt tabakalarda yetiştirilen domatesler için sulama yönetimini iyileştirmek üzere birlikte kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Rezaei ve Ghaemi (2016) tarafından, hidroponik sistemde balık atığı ile damla sulama altında çeri domatesin bitki su tüketimini belirlemek amacıyla, üç sulama suyu kalitesi (besleyici solüsyonlu kuyu suyu, besin içeren balık atığı ve besin içermeyen balık atığı) ve dört ortam (%100 perlit, %40 perlit - %60 hindistan cevizi torfu, %60 perlit - %40 hindistan cevizi torfu, ve toprak) ile dört tekerrürlü bölünmüş parseller deseninde Şiraz Üniversitesi'nde bir sera çalışması yürütülmüştür. Araştırmacılar, referans bitki su tüketimini (ET<sub>o</sub>), FAO Penman-Monteith yöntemini kullanarak hesaplamıştır. Sera içi meteorolojik veriler her gün kayıt altına alınmıştır. Bitki su tüketimi (ET<sub>c</sub>), su dengesi yöntemi kullanılarak belirlemiş ve çift bitki katsayısı yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Araştırmanın sonunda, çeri domateste en yüksek verim toprakta 0.755 kg bitki<sup>-1</sup> olarak, en düşük ise perlitte 0.181 kg bitki<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. Mevsimsel ET<sub>o</sub> 570 mm olarak, en düşük ET<sub>o</sub> Temmuz ayında 1.53 mm gün<sup>-1</sup> olarak, en yüksek ET<sub>o</sub> ise Ekim ayında 4.44 mm gün<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. Toprak kültüründe ET<sub>c</sub> değeri denge yönteminde 613.14 mm ve çift bitki yönteminde ise 569.94 mm olarak bulunmuştur. Araştırmanın sonunda elde edilen sonuçlar, ET<sub>c</sub> değerinin %8 oranında daha düşük hesaplandığını ortaya koymuştur. Hesaplanan ET<sub>c</sub> değeri diğer ortamlarda topraktan daha düşük çıkmıştır.

Tunalı ve ark (2023) kapalı topraksız kültür sistemlerinde gerçek bitki su tüketimi (ET<sub>c</sub>) tahminleri için yapay sinir ağlarının (YSA) potansiyelini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri çalışmada, domates bitkisini ısıtılmamış plastik bir serada perlit ve hindistancevizi lifi olmak üzere iki substratta yetiştirmişlerdir. Yetiştirme sezonları boyunca (2 ilkbahar dönemi ve 2 sonbahar dönemi) günlük iklim değerleri, ET<sub>c</sub> ve bitki katsayısı (K<sub>c</sub>) belirlenmiştir. Sınırlı veri koşulları için Hargreaves'e (HG) ek olarak ET<sub>c</sub> tahmini için genel yaklaşım olarak FAO Penman-Monteith (PM) kullanılmıştır. YSA modelleri 4 veri seti ile oluşturulmuştur: (1) tüm girişler, (2) radyasyonsuz (-R<sub>s</sub>), (3) K<sub>c</sub>'siz (-K<sub>c</sub>), ve (4) minimum veri (-R<sub>s</sub> -K<sub>c</sub>), ve hepsi PM ve HG denklemleri uygulanarak karşılaştırılmıştır. Modellerin tahmin etme becerisini değerlendirmek amacıyla Nash-Sutcliffe

modeli etkinlik katsayısı (E) kullanılmıştır. Ortalama Kc değerleri, perlit ve hindistan cevizi lifi için sırasıyla 0.40-1.31-0.61 ve 0.40-1.76-0.77 olarak elde edilmiştir. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada, tüm girdi koşulları için YSA modellerinin, geleneksel denklemlere göre tahmin doğruluğunu iyileştirerek başarılı sonuçlar ürettiğini, dahası perlit ve hindistan cevizi lifi için elde edilen ortalama RMSE ve model etkinlik katsayısı değerlerinin, tüm veri setlerinde, YSA modellerinin (RMSE = 0.540 mm gün<sup>-1</sup> ve E = 0.817) PM yönteminden (RMSE = 0.667 mm gün<sup>-1</sup> ve E = 0.759) elde edilen değerlerden daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. YSA (+1) modelleri, ETc değerini hindistan cevizi lifi için E = 0.861, RMSE= 0.532 olarak tahmin ederken, perlit için ise E=0.797 ve RMSE=0.522 olarak tahmin etmiştir. Yürütülen bu çalışmanın sonucunda araştırmacılar, bölgeye özgü ETc tahminleri için kullanılan YSA modellerinin topraksız kültürde klasik yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği ve sulama yönetimine yardımcı olmak için tahmin yeteneği olan otomasyon sistemlerine uygulanabileceği sonucuna varmışlardır.

Yang ve ark (2022) tarafından, mikro iklim, özsu akışı (SF), fotosentez özellikleri ve bitki fizyolojik parametrelerindeki değişiklikleri araştırmak, mevcut sulama yönetimi uygulamalarını kullanarak bitki katsayısını hesaplamak ve sulama verimliliğini değerlendirmek amacıyla, ticari bir domates gömülü güneş serasında (SSG) üç dönem boyunca araştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, üst plastik örtülerden ortalama geçirgenliğin 0.69 olduğunu, iç sıcaklığın Kasım ayında yaklaşık 10 °C ve Aralık ayında 15-18 °C arttığını ve bunun da kış aylarında domates büyümesini garanti ettiğini göstermiştir. Araştırmacılar, yaprak fotosentez hızı (Pn) ile radyasyon arasında doğrusal bir ilişki gösterdiğini, ancak, en yüksek Pn'nin yaklaşık 1.0 kPa 'lık VPD'de olduğu içbükey ikinci dereceden bir fonksiyonun, Pn ve VPD için daha uygun olduğunu; yaprak terlemesinin ise hem radyasyon hem de VPD ile pozitif ve doğrusal bir ilişki gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle, sera geçirgenliğini artırmak ve yaklaşık 1 kPa'lık bir iç VPD'yi sürdürmek, aynı anda yüksek yaprak fotosentez hızı ve düşük terleme ile sonuçlanabileceği araştırmacılar tarafından ortaya konulan başka bir sonuçtur. Günlük toplam özsu akışı, sırasıyla 0.87–0.96, 0.89–0.91 ve 0.62–0.84 belirleme katsayılarıyla güneş radyasyonu, VPD ve sıcaklık ile doğrusal ilişki göstermiştir. VPD (SF=(0.12+0.14VPD) Rs) ile SF'nin radyasyona eğimi düzeltilindiğinde, R<sup>2</sup>=0.08 artmış, RMSE ve bağıl hata sırasıyla 0.047 mm gün<sup>-1</sup> ve %6.53 azalmıştır. Bu nedenle, araştırmacılar, bitki boyu yaklaşık 1.5 m olduğunda ve yaprak alanı indeksi (LAI) 2 ile 2.5 arasında olduğunda, bu entegre denklemin günlük domates transpirasyonunu tahmin etmesini önermektedir. Meyve büyüme ve olgunlaşma döneminde, kışın sera domatesleri için ortalama bazal bitki katsayıları (Kcb) 0.99 ile 1.11 arasında elde edilmiştir. Sulama etkinliği birinci sezonda 0.3 iken, tansiyometre yönteminin kullanıldığı ikinci ve üçüncü sezonlarda 0.6-0.69'a yükseldiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, araştırmacılar, seralarda tansiyometre yöntemi kullanılarak domates sulamasının yönlendirilmesiyle, sulama etkinliğinin önemli ölçüde artırılabilirliğini bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Araştırma Adana iklim koşullarında kurulmuş 20800 m<sup>2</sup> büyüklüğünde ileri teknoloji serasında yürütülmüştür. Blok seranın her bir tüneli 9,60 m genişliğinde, 5,00 m oluk altı yüksekliğinde olup, yan duvarları 8 mm aralıklı çift kat polikarbon (PC), çatısı ise 180 µm kalınlığında tek kat polietilen (PE) plastik ile örtülmüştür. Serada enerji korunumu ve gölgeleme amacıyla termal perdeler kullanılmıştır. Seranın havalandırması çatı bölgesinde sera boyunca açılabilen kelebek havalandırma ile yapılmıştır. Sıcak dönemlerde serada sıcaklık havalandırma ile düzenlenirken, Eylül, Ekim ve Mayıs-Haziran döneminde gölgeleme ile seraya ulaşan güneş ışınımı kısmen engellenmiştir.

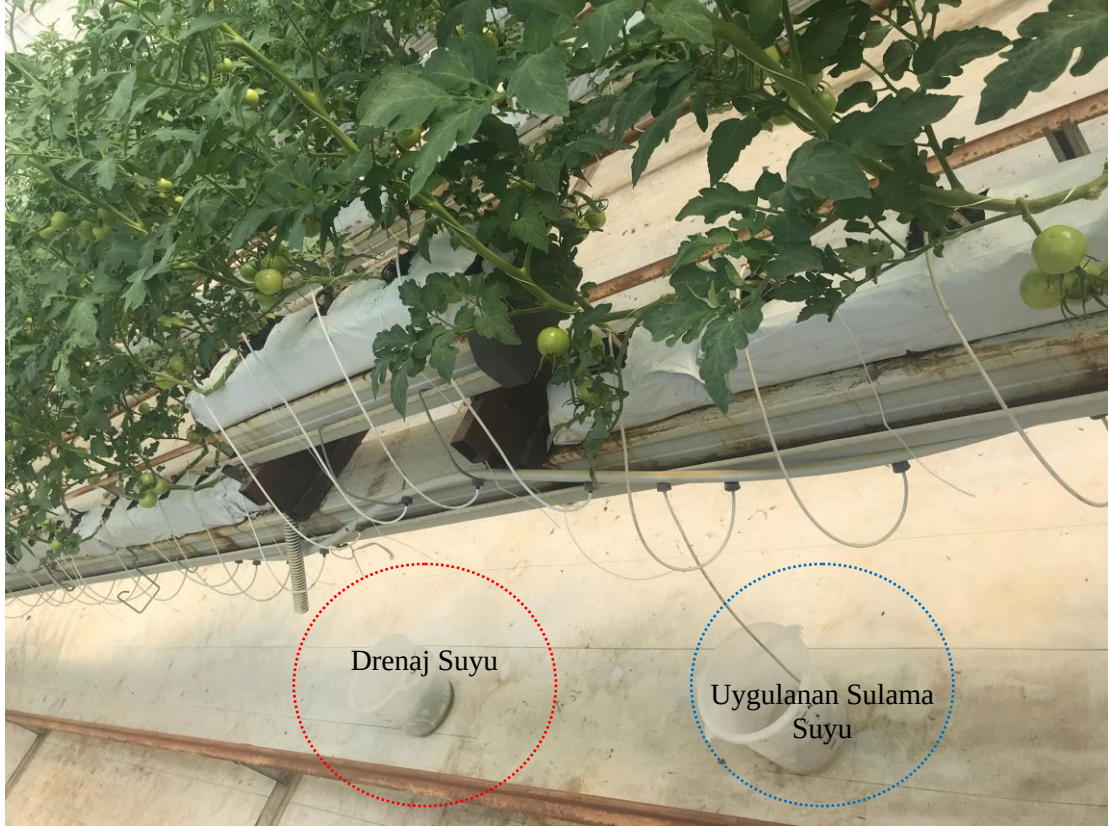
Serada ısıtma kalorifer sistemi ile yapılmıştır. Isıtmada 51 mm çapında yere yakın yerleştirilmiş çelik borular kullanılmıştır. Serada sıcaklık gece/gündüz 15/20 °C'de tutulmuş, iklim kontrolü, bilgisayar yardımı ile yapılmıştır. İklim bilgisayarı tarafından dış sıcaklık, güneş ışınımı şiddeti, bağıl nem ölçülürken, serada iç sıcaklık, bağıl nem, ısıtma boru sıcaklıkları, havalandırma ve üç yollu vana konumları birer dakika aralıklarla ölçülüp 60'ar dakikalık ortalamalar halinde kaydedilmiştir.

Serada 1,6 m aralıklarla yerleştirilmiş üretim hattı (Gutter) üzerine yerleştirilmiş, üretim yastıklarında (slab) salkım domates yetiştirilmiştir. Gutterler üzerine yerleştirilmiş her bir üretim torbasında 4 adet domates bitkisi dikilmiş, böylece birim sera alanında 2,5 domates fidesi dikimi yapılmıştır. Bitki sıra arası 1,6 m, sıra üstü 0,25 m olduğundan hesaplamalarda bitki alanı 0,4 m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Seralarda üretim periyoduna 1 Eylül'de başlanmış ve 15 Temmuz'da son verilmiştir. Sulamalar spagetti adı verilen kılcal borularla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).

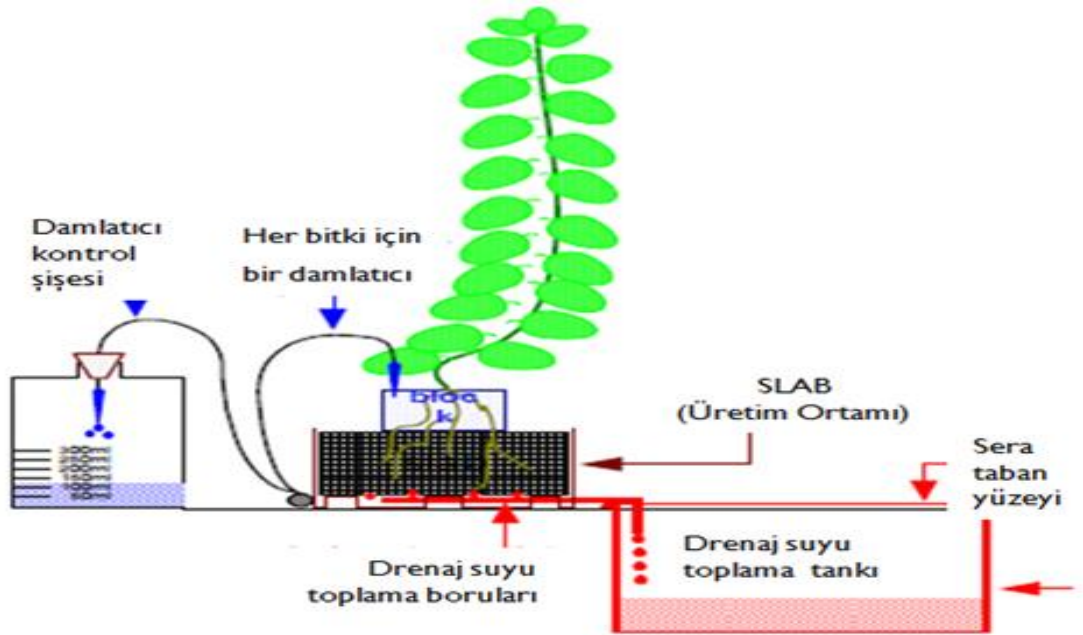


Şekil 3.1. Araştırmanın yapıldığı seranın genel görünümü

Seranın slablarda sulamanın kontrolü amacıyla Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.'de verilen sistem kurulmuştur. Bu izleme sistemi, sulama ve drenajda net bir değerlendirmeye ulaşabilmek için seranın farklı dört yerinde yapılmıştır.



Şekil 3.2. Araştırmanın yapıldığı serada sulamanın kontrol edildiği birimin genel görünümü



Şekil 3.3. Topraksız kültürde sulama suyu ve drenaj suyu kontrol sistem

Sulamanın kontrolü sera dışında çatıya yerleştirilmiş piranometre yardımıyla yapılmıştır. Piranometreden elde edilen 400-1100 nm dalga boyuna sahip küresel ışınım birer saatlik ortalamalar halinde bilgisayar tarafından kaydedilmiştir. Yapılan ölçümlerde sera dışında küresel ışınım şiddeti  $W m^{-2}$  olarak kaydedilmiş hesaplamalar  $J cm^{-2}$  ye çevrilmiştir. Hesaplamalarda saatlik güneş ışınımı güç biriminin ( $W m^{-2}$ ) enerji birimine ( $J cm^{-2}$ ) dönüştürülmesi Eşitlik 3.1 yardımı ile yapılmıştır.

$$1 \left( \frac{W}{m^2} \right) * 1 \left( \frac{J/s}{W} \right) * 3600 \left( \frac{s}{h} \right) * 1 \left( \frac{m^2}{10000 cm^2} \right) = 0,36 \frac{J}{cm^2} \quad (3.1)$$

Yapılan çalışmada ilk sulama güneşin doğuşundan 1½ ila 2 saat sonra güneş ışınımı şiddeti toplamının  $80 J cm^{-2}$  'ye ulaşması durumunda yapılmıştır. Bir saatlik zaman dilimi içindeki sulama sayısı güneş ışınımı toplamının  $80 J cm^{-2}$ 'ye bölünmesi ile belirlenmiştir. Hesaplama sonucu elde edilen değer bir üst sayıya yuvarlanmıştır. Sulamaya güneşin batımından 1½ ila 2 saat önce son verilmiştir.

Damla sulama sistemi her bitkiye bir damlatıcı gelecek şekilde düzenlenmiştir. Sulamada damlatıcı başına 100 ml su verilmek istendiğinde, debisi  $2 L h^{-1}$  olan damlatıcılarla sulama süresi Eşitlik 3.2 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\frac{100 ml}{2000 ml/h} * 60 dak/h = 3 dakika \quad (3.2)$$

Yapılan hesaplamalarda günlük su tüketimi güneş ışınımı şiddetine göre belirlenen sulama sayısı ve damlatıcı debisine bağlı olarak Eşitlik 3.3 yardımı ile hesaplanmıştır. Serada metrekaareye 2.5 domates bitkisi dikimi yapıldığından her bir bitkinin kapladığı alan  $0.40 m^2$  olmaktadır. Hesaplamalarda piranometreden ölçülen her  $80 J cm^{-2}$ 'ye karşılık herbitkiye 100 ml su verilmiştir. Güneş ışınımı şiddetine göre sulama sayısı belirlendikten sonra birim alana bir günde verilen su miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$d = \frac{V_{su}}{A} = \frac{SS * Q_{dam}}{A} \quad (3.3)$$

Eşitlikte; d : Günlük su tüketimi ( $mm d^{-1}$ ), SS: Sulama sayısı ( $adet d^{-1}$ ),  $Q_{dam}$ : Damlatıcı ile bir sulamada verilen su ( $m^3$ ), A: Bir bitkinin alanı ( $m^2$ ).

Çalışmada kontrol slabları gün içinde sürekli kontrol edilerek, güneşin batmasından sonra dönen drenaj suyuna bağlı olarak sulama planlaması yapılmıştır. Havanın açık olduğu koşullarda

gün içinde dönen drenaj suyunun toplamı %33, kapalı günlerde %20 olacak şekilde sulama sayısı düzenlenmiştir. Gün içinde uygulanan sulama sayısına bağlı olarak günlük bazda verilen su, üretim periyodu boyunca kaydedilmiştir. Yapılan çalışmada üretici koşullarında drenaj suyuna bağlı olarak verilen sulama suyu miktarları, çalışma alanında ölçülen günlük güneş ışıınımı değerleri esas alınarak hesaplanan sulama sayısı ve verilen su miktarları ile karşılaştırılmıştır.

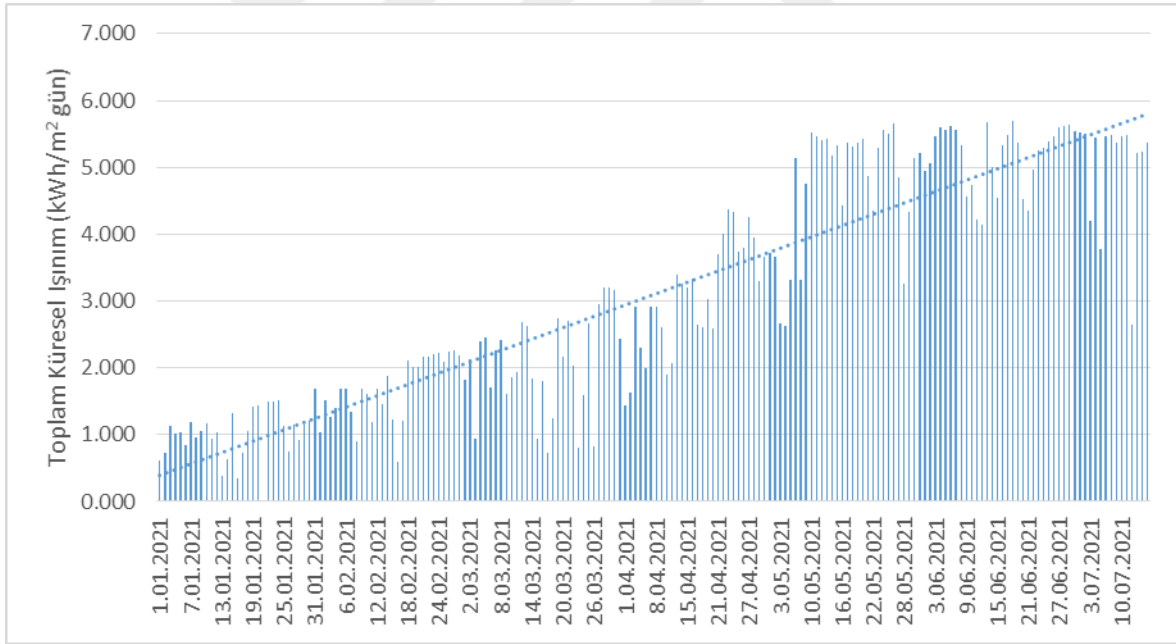


#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın yapıldığı Adana ilinin uzun yıllık günlük sıcaklık ortalamaları, küresel ışıınım ve güneşlenme süreleri incelendiğinde Aralık-Şubat döneminde günlük ortalama sıcaklıkların 12°C'nin altında ve 7°C'nin üzerinde seyrettiği görülmektedir (Çizelge 4.1). Bu koşullarda seralarda gece saatlerinde ısıtma yapılmalıdır. Aynı şekilde Mayıs ayından sonra ortalama sıcaklıkların 22°C'nin üzerine yükseldiği bu koşullarda da seralarda havalandırma gölgeleme ve koşullara bağlı olarak güneş ışıınının şiddetli olduğu bazı günlerde ek soğutma gereği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.1. Adana ili uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık (°C), günlük toplam küresel ışıınım (kWh m<sup>-2</sup>) ve günlük güneşlenme süreleri (h gün<sup>-1</sup>) (MBM, 2023)

|                 | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|-----------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| Ort. Sıcaklık   | 9,6  | 10,6  | 13,6 | 17,6  | 21,7  | 25,6    | 28,2   | 28,6    | 26,1  | 21,8 | 15,7  | 11,1   |
| Küresel ışıınım | 1,98 | 2,42  | 4,12 | 4,98  | 6,07  | 6,68    | 6,46   | 5,91    | 4,90  | 3,78 | 2,33  | 1,81   |
| Gün. süresi     | 4,67 | 5,65  | 6,97 | 7,84  | 9,72  | 11,29   | 11,17  | 11,22   | 10,15 | 7,78 | 5,86  | 4,21   |

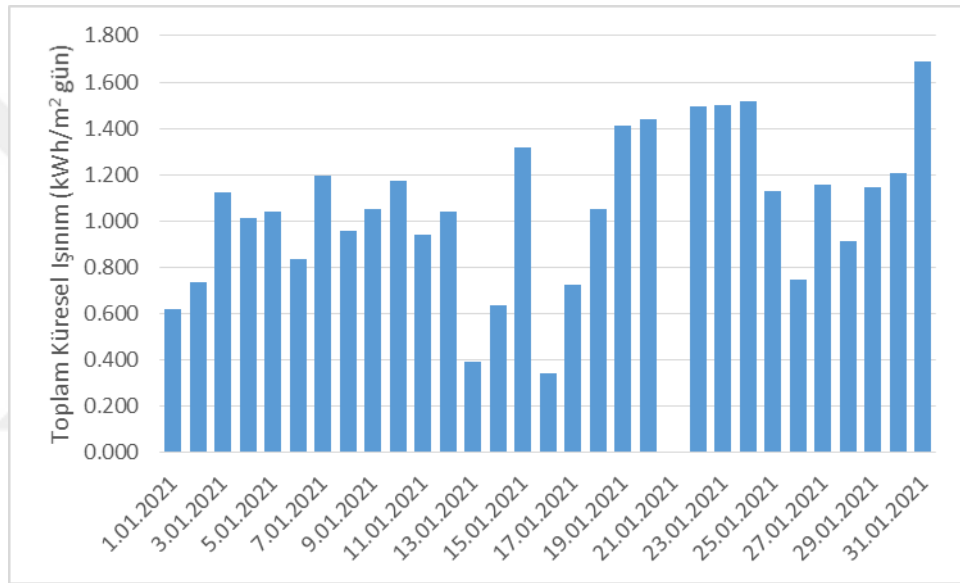


Şekil 4.1. Araştırmanın yapıldığı serada araştırma boyunca kaydedilen günlük toplam küresel ışıınım değerleri (kWh m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup>)

Günlük toplam küresel ışıınım, serada sıcaklığın dolayısı ile transpirasyonun artmasına neden olur. Araştırmanın yapıldığı serada yapılan ölçümlerde yılın günlerine bağlı olarak ölçülen günlük toplam küresel ışıınım değerleri Şekil 4. 1'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Ocak ayında 0,6 kWh m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup> ile 1,5 kWh m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup> arasında değişen günlük toplam küresel ışıınım, Nisan ayında 4 kWh m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup> e, Haziran ayında 5,7 kWh m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup> e ulaşmaktadır. Güneş ışıınının

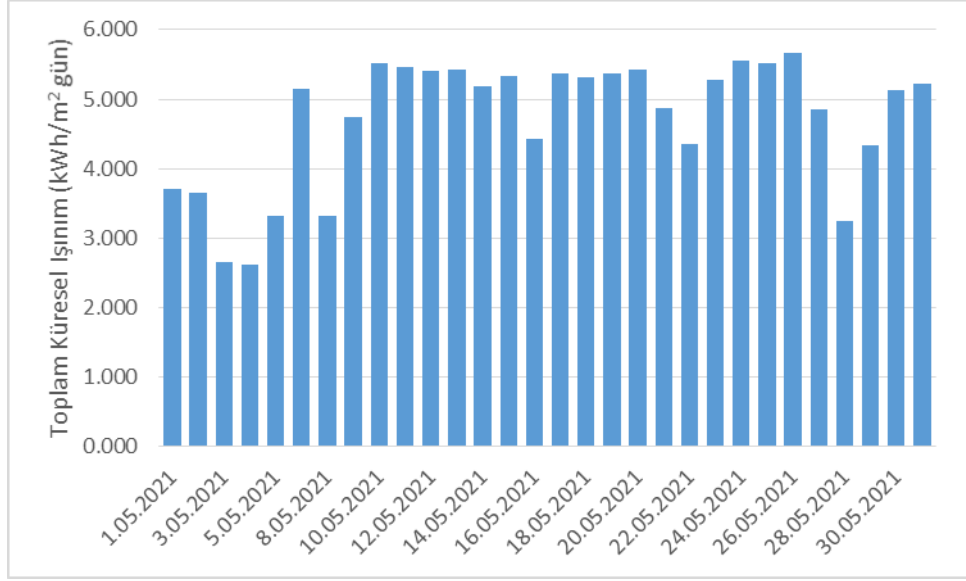
bu değerlere ulaşması serada sıcaklığın yükselmesine neden olurken aynı zamanda günlük su tüketiminin yükselmesine neden olmaktadır.

Yapılan çalışmada ölçüm bilgisayarı tarafından kaydedilen aylara bağlı günlük toplam ısıtım değerleri Ocak ve Mayıs ayları için Şekil 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü bölgede Ocak ayına ait günlük toplam küresel ısıtım değerleri gökyüzünün bulutluluğuna bağlı olarak  $0,35 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  ile  $1,64 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  arasında değişmektedir (Şekil 4.2). Seralarda optimum bir bitki gelişimi için günlük toplam küresel ısıtımın  $2,3 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  değerinde olmalıdır (Nisen ve ark. 1988). Şekilden de görüldüğü gibi Adana iklim koşullarında Ocak ayı boyunca günlük toplam küresel ısıtım değerleri optimum gelişme için gerekli olan değerlerin altında seyretmektedir.



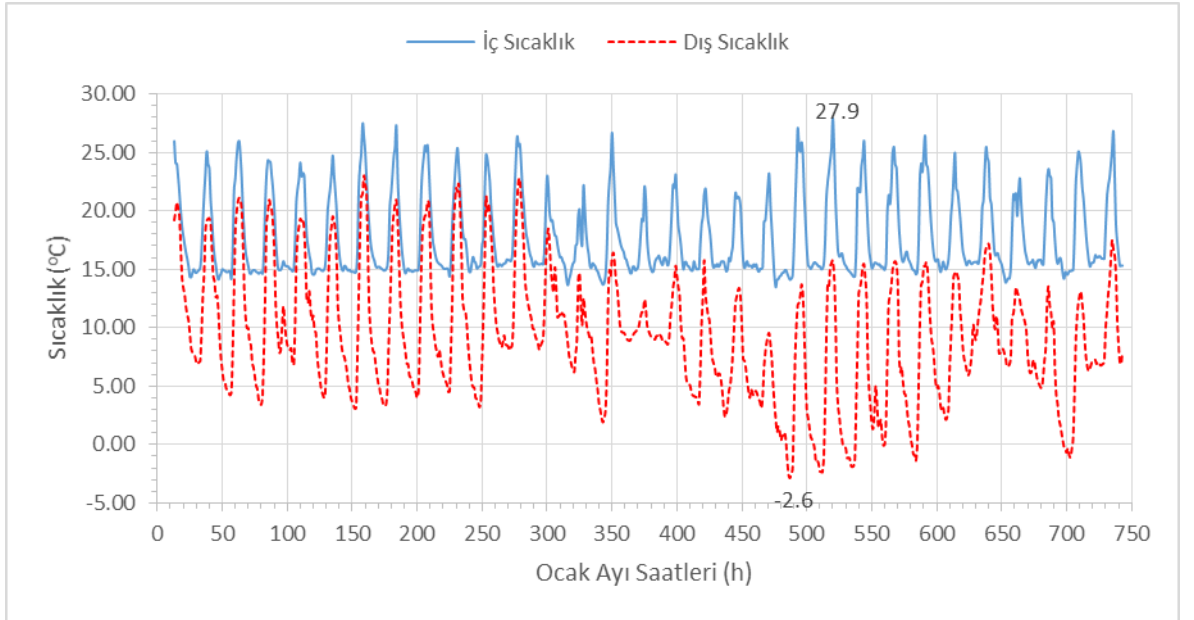
Şekil 4.2. Araştırmanın yapıldığı serada Ocak ayında kaydedilen günlük toplam küresel ısıtım değerleri ( $\text{kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ )

Araştırmanın yapıldığı bölgede Mayıs ayında kaydedilen günlük toplam küresel ısıtım değerleri Şekil 4.3'te verilmiştir. Mayıs ayında günlük toplam küresel ısıtım değerleri  $5,5 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  değerlerine kadar ulaşmaktadır. Bu durum serada sıcaklığın ve transpirasyonun yükselmesine neden olmaktadır. Bu koşullarda da serada sıcaklığın kontrolü için havalandırma ile birlikte gölgeleme yapılması veya sıcaklığın çok yükseldiği saatlerde evaporatif soğutma yapma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

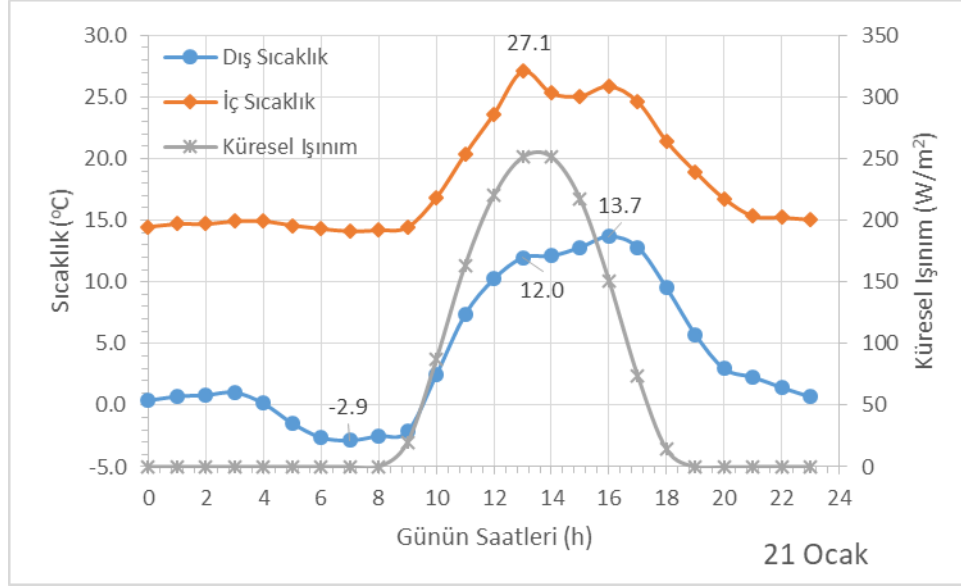


Şekil 4.3. Araştırmanın yapıldığı serada Mayıs ayında kaydedilen günlük toplam küresel ışıınım değerleri ( $\text{kWh m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ )

Serada ortaya çıkan sıcaklık bitki gelişimi yanında su tüketimine etki eder. Şekil 4.4'te araştırmanın yapıldığı serada Ocak ayında kaydedilen günlük dış ve iç sıcaklık değerleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Ocak ayında dış sıcaklık değerleri  $-3^{\circ}\text{C}$  ile  $22^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, serada sıcaklıklar gece saatlerinde  $15^{\circ}\text{C}$ 'de tutulmuştur. Gündüz saatlerinde ise dış sıcaklığa bağlı olarak  $27^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükselmiştir.



Şekil 4.4. Araştırmanın yapıldığı serada Ocak ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri

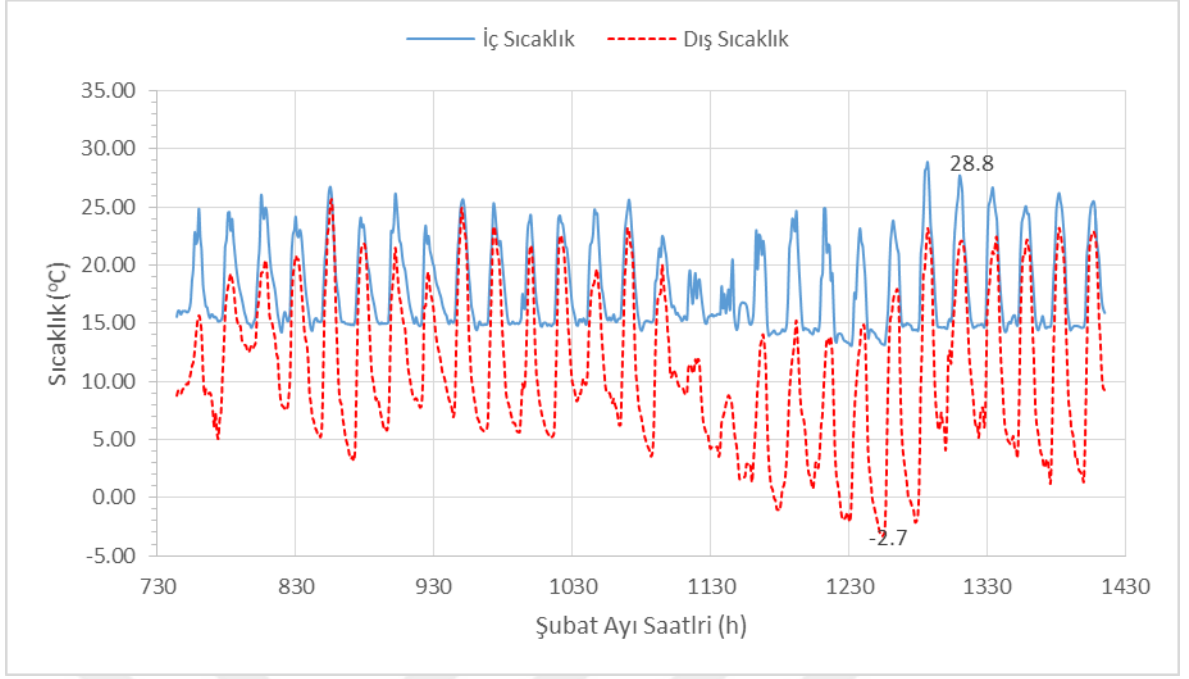


Şekil 4.5. Araştırmanın yapıldığı serada 21 Ocak günü kaydedilen saatlik sıcaklık ve ışınlam değerleri

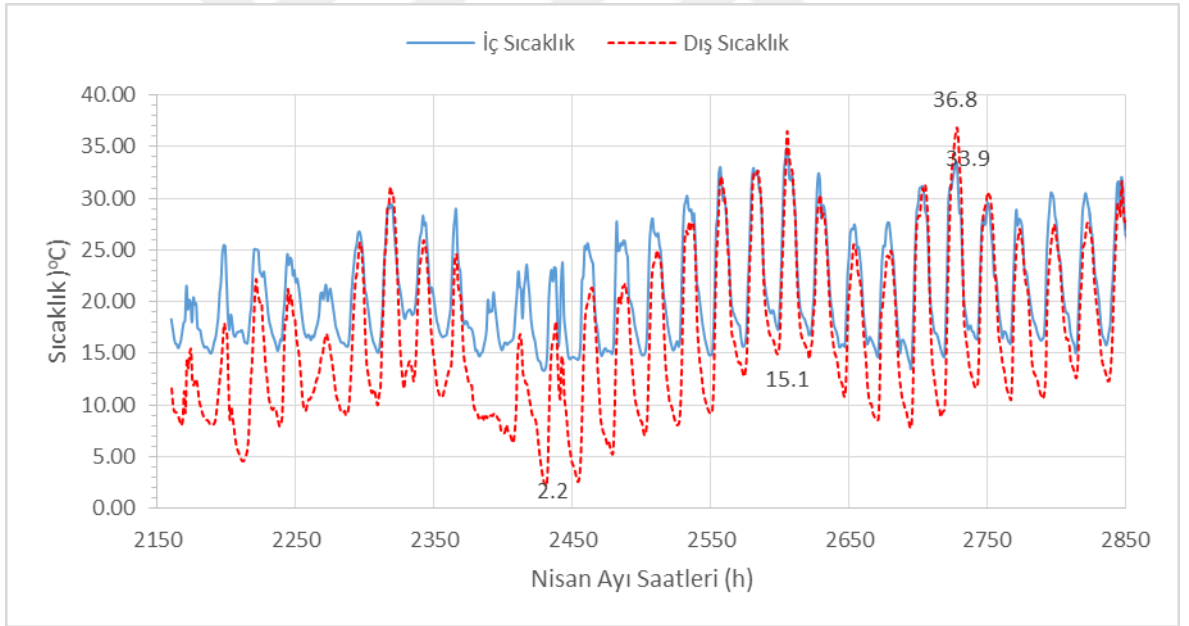
Şekil 4.5'te araştırmanın yapıldığı dönemde en düşük sıcaklığın yaşandığı 21 Ocak gününe ait saatlik sıcaklık ve küresel güneş ışınlamı şiddeti değerleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi güneş ışınlamı şiddeti öğle saatlerinde  $250 \text{ W m}^{-2}$ 'ye ulaşırken dış sıcaklık  $12^\circ\text{C}$ 'ye iç sıcaklık sera etkisi nedeniyle  $27^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmaktadır. 21 Ocak gününde en düşük dış sıcaklık güneşin doğuşundan önce  $-2,9^\circ\text{C}$ 'ye ulaşırken ısıtılan serada gece saatleri için set edilen  $15^\circ\text{C}$ 'de tutulabilmektedir. Serada düzenli olarak ısıtma yapıldığından kök bölgesinde kurumanın olmaması için gece saatlerinde iki adet sulama yapılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı serada Şubat, Nisan ve Mayıs aylarında kaydedilen iç ve dış sıcaklık değerleri Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Şubat ayında sera dışında en düşük sıcaklık  $-2,7^\circ\text{C}$  olurken, en yüksek sıcaklık gündüz saatlerinde  $28,8^\circ\text{C}$  olmuştur (Şekil 4.6). Ancak, gece saatlerindeki sıcaklık değerleri düzenli olarak ısıtılan serada  $15^\circ\text{C}$  civarında seyretmiştir.

Nisan ayında artan dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak serada da sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Nisan ayında en düşük dış sıcaklık değeri  $2,2^\circ\text{C}$  olurken serada sıcaklıklar gece saatlerinde  $15^\circ\text{C}$ 'de tutulmuştur. Nisan ayının ikinci yarısından sonra yükselen dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak serada da sıcaklıklar yükselerek  $36,8^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmıştır. Nisan ayının sonlarına doğru serada gündüz saatlerinde iç sıcaklık iyi bir havalandırma ile dış sıcaklık değerlerine yaklaştırılmıştır. Nisan ayının sonlarına doğru dış sıcaklık  $33,9^\circ\text{C}$  olurken havalandırılan serada ulaşılan sıcaklık  $36,8^\circ\text{C}$  olmuştur. Diğer bir ifade ile iç dış ortam arasındaki sıcaklık farkı iyi bir havalandırma ile  $2,9^\circ\text{C}$  olmuştur (Şekil 4.7).

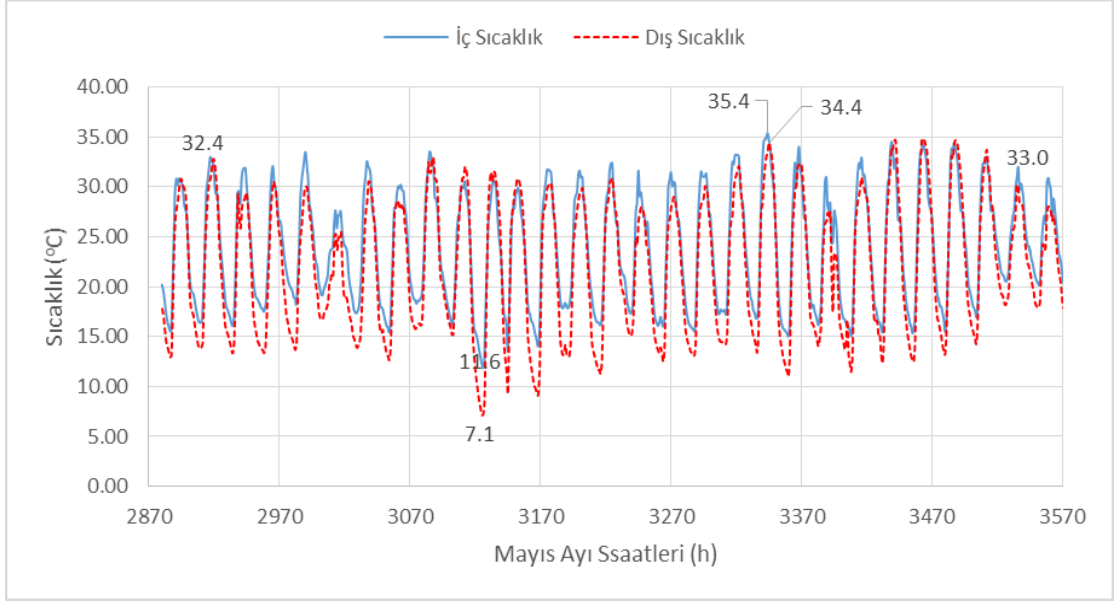


Şekil 4.6. Araştırmanın yapıldığı serada Şubat ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri



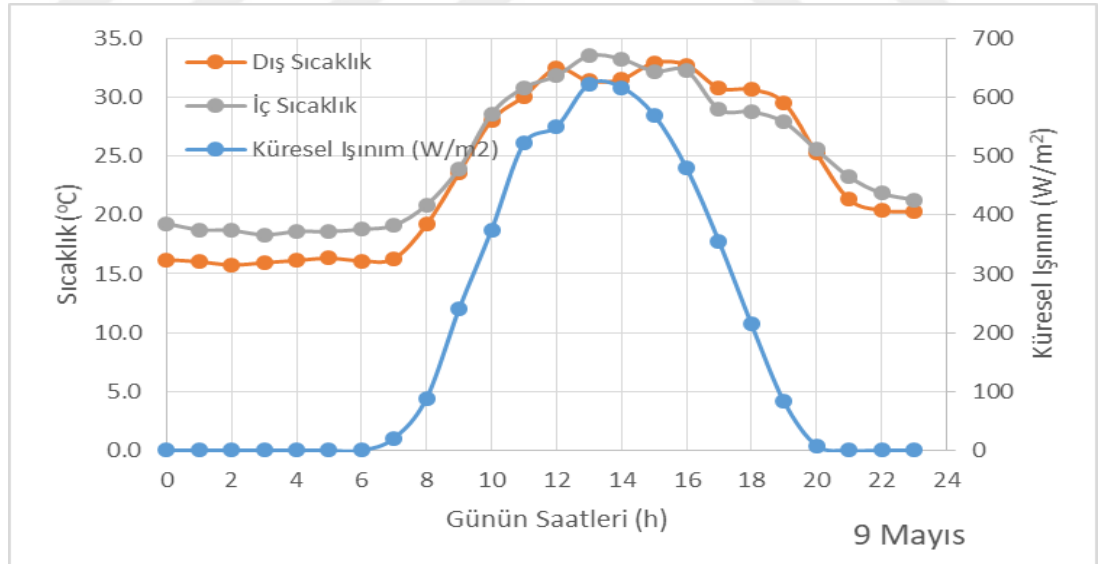
Şekil 4.7. Araştırmanın yapıldığı serada Nisan ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri

Mayıs ayında dış sıcaklık 32-33°C arasında değişirken dış sıcaklık değerlerinin yükselmesine bağlı olarak serada sıcaklık değerleri Mayıs ayının başlarında 32,8°C Mayıs ayının sonlarına doğru 34-35°C'ye yükselmiştir (Şekil 4.8). Ancak, serada gölgeleme ve havalandırmanın birlikte yapılması sonucu iç sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerine yaklaştırılabilmiştir. Mayıs ayında gölgeleme ve iyi bir havalandırma ile iç dış sıcaklık farkı 1°C'ye kadar çekilebilmiştir.



Şekil 4.8. Araştırmanın yapıldığı serada Mayıs ayında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık değerleri

Araştırmanın yapıldığı serada iç dış sıcaklık değerlerinin daha sağlıklı analiz edilebilmesi amacıyla 9 Mayıs gününe ait saatlik iç, dış sıcaklık ve küresel güneş ışıması şiddeti değerleri Şekil 4.9’da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gölgelendirilmiş ve havalandırılmış serada iç sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerine yakın seyretmiştir.



Şekil 4.9. Araştırmanın yapıldığı serada 9 Mayıs günü kaydedilen saatlik sıcaklık ve ışıma değerleri

Yapılan çalışmada seraya ulaşan güneş ışıması şiddetine bağlı ortaya çıkan terlemeye bağlı olarak Ocak ayında hesaplanan sulama sayısı sulama Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ocak ayında serada gece saatlerinde iç sıcaklığın 15°C’de tutulabilmesi için düzenli ısıtma yapılmış ve gece saatlerinde bitki kök bölgesinde su stresinin ortaya çıkmaması için iki sulama yapılmıştır. Çizelge

4.2'den görüleceği gibi  $80 \text{ J cm}^{-2}$ 'de bir sulama yapılması esas alınarak hesaplanan sulama sayısı Ocak ayının ilk yarısı için 6 adet gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanırken, Ocak ayının ikinci yarısı için bu değer 7 adet gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Adana koşullarında Ocak ayında ileri teknoloji serasında güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanan sulama sayıları

| Saat | Ortalama Işınım ( $\text{J cm}^{-2}$ ) |                 | Sulama Sayısı (Adet) |                 |
|------|----------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|      | 1 Ocak-15 Ocak                         | 15 Ocak-30 Ocak | 1 Ocak-15 Ocak       | 15 Ocak-30 Ocak |
| 0    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 1    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 2    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 3    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 4    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 5    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 6    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 7    | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 8    | 5                                      | 6               | 0                    | 0               |
| 9    | 23                                     | 28              | 0                    | 1               |
| 10   | 41                                     | 49              | 1                    | 1               |
| 11   | 61                                     | 68              | 1                    | 1               |
| 12   | 65                                     | 82              | 1                    | 1               |
| 13   | 55                                     | 78              | 1                    | 1               |
| 14   | 48                                     | 65              | 1                    | 1               |
| 15   | 34                                     | 42              | 1                    | 1               |
| 16   | 13                                     | 22              | 0                    | 0               |
| 17   | 1                                      | 4               | 0                    | 0               |
| 18   | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 19   | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 20   | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 21   | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 22   | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
| 23   | 0                                      | 0               | 0                    | 0               |
|      |                                        |                 | 6                    | 7               |

Üretim periyodunun ilerleyen dönemlerinde artan güneş ışınımı şiddetine bağlı olarak seradaki bitkilerde ortaya çıkan terlemede artış göstermektedir. Mayıs ayında küresel dış ışınım şiddetine bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Mayıs ayının ilk yarısında küresel ışınımına bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı 19 adet gün<sup>-1</sup> olurken ikinci yarı için sulama sayısı 22 adet gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalardan da görüleceği gibi sulama sayısı Ocak ayında yapılan sulama sayısına göre yaklaşık 3 kat artış göstermiştir.

Çizelge 4.3. Adana koşullarında Mayıs ayında yüksek teknoloji serasında güneş ışınlamına bağı olarak hesaplanan sulama sayıları

| Saat | Ortalama Işınım ( $J\ cm^{-2}$ ) |                   | Sulama Sayısı (Adet) |                   |
|------|----------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
|      | 1 Mayıs-15 Mayıs                 | 15 Mayıs-31 Mayıs | 1 Mayıs-15 Mayıs     | 15 Mayıs-31 Mayıs |
| 0    | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 1    | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 2    | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 3    | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 4    | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 5    | 5                                | 9                 | 0                    | 0                 |
| 6    | 32                               | 43                | 1                    | 0                 |
| 7    | 70                               | 87                | 1                    | 1                 |
| 8    | 114                              | 130               | 1                    | 2                 |
| 9    | 149                              | 165               | 2                    | 2                 |
| 10   | 178                              | 207               | 2                    | 3                 |
| 11   | 197                              | 229               | 2                    | 3                 |
| 12   | 193                              | 238               | 2                    | 3                 |
| 13   | 182                              | 211               | 2                    | 3                 |
| 14   | 156                              | 179               | 2                    | 2                 |
| 15   | 120                              | 144               | 2                    | 2                 |
| 16   | 79                               | 102               | 1                    | 1                 |
| 17   | 39                               | 53                | 1                    | 0                 |
| 18   | 8                                | 14                | 0                    | 0                 |
| 19   | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 20   | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 21   | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 22   | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
| 23   | 0                                | 0                 | 0                    | 0                 |
|      |                                  |                   | 19                   | 22                |

Yapılan araştırmalar her sulamada bitki başına 100 ml su verilmesi kök bölgesinde bitkinin ihtiyaç duyduğu oksijen açısından yeterli olmaktadır. Yapılan hesaplamalarda her sulamada bir bitkiye 100 ml su verildiği kabul edildiğinde üretim periyodu boyunca dış güneş ışınlamı şiddetine bağı olarak hesaplanan sulama sayıları ve verilen su miktarları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi üretim periyodu boyunca gün içinde uygulanan sulama sayısı ve verilen su miktarı artan güneş ışınlamı şiddetine bağı olarak artmaktadır. Ocak ayının ilk yarısında günde 1500 L da<sup>-1</sup> su uygulanırken, Şubat ayında 2750 L da<sup>-1</sup>, Mayıs ayında bu değer 6000 L da<sup>-1</sup> yükselmiştir.

Çizelge 4.4. Adana koşullarında ileri teknoloji serasında güneş ışınımına bağlı olarak üretim periyodu boyunca dönemlere bağlı hesaplanan sulama sayıları ve verilen su miktarları

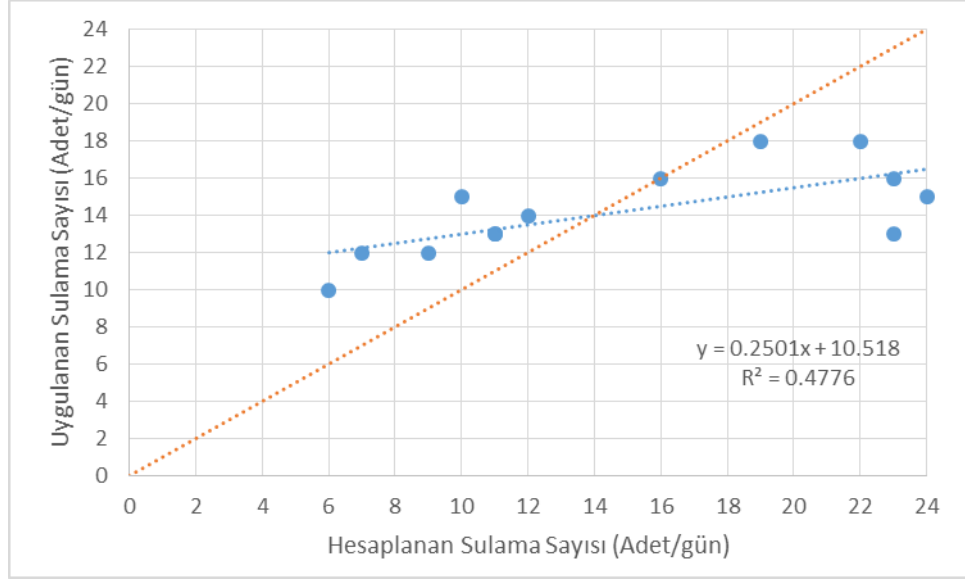
| Periyot               | Sulama Sayısı | Sulama Miktarı (ml) | Bitki/da (Adet) | Sulama suyu miktarı (m <sup>3</sup> ) | Gün sayısı (Gün) | Su tüketimi periyot (m <sup>3</sup> /da) |
|-----------------------|---------------|---------------------|-----------------|---------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| 1 Ocak-15 Ocak        | 6             | 100                 | 2500            | 1,50                                  | 15               | 22,50                                    |
| 16 Ocak-31 Ocak       | 7             | 100                 | 2500            | 1,75                                  | 16               | 28,00                                    |
| 1 Şubat-15 Şubat      | 9             | 100                 | 2500            | 2,25                                  | 15               | 33,75                                    |
| 16 Şubat-28 Şubat     | 11            | 100                 | 2500            | 2,75                                  | 13               | 35,75                                    |
| 1 Mart-15 Mart        | 11            | 100                 | 2500            | 2,75                                  | 15               | 41,25                                    |
| 16 Mart-31 Mart       | 12            | 100                 | 2500            | 3,00                                  | 16               | 48,00                                    |
| 1 Nisan-15 Nisan      | 10            | 100                 | 2500            | 2,50                                  | 15               | 37,50                                    |
| 16 Nisan-30 Nisan     | 16            | 100                 | 2500            | 4,00                                  | 15               | 60,00                                    |
| 1 Mayıs-15 Mayıs      | 19            | 100                 | 2500            | 4,75                                  | 15               | 71,25                                    |
| 16 Mayıs-31 Mayıs     | 22            | 100                 | 2500            | 5,50                                  | 16               | 88,00                                    |
| 1 Haziran-15 Haziran  | 23            | 100                 | 2500            | 5,75                                  | 15               | 86,25                                    |
| 16 Haziran-30 Haziran | 24            | 100                 | 2500            | 6,00                                  | 15               | 90,00                                    |
| 1 Temmuz-15 Temmuz    | 23            | 100                 | 2500            | 5,75                                  | 15               | 86,25                                    |

Araştırmanın yapıldığı serada üretim periyodu boyunca bitki başına uygulanan su miktarı farklılık göstermiştir. Üretici gün içinde sulama sayısını artırma yerine her bir sulamada uyguladığı su miktarını dönen drenaj suyunu esas alarak arttırmıştır. Aralık ayının sonuna kadar her bir sulamada bitki başına 100 ml su verilirken bitkinin büyümesine bağlı olarak her bir sulamada uygulanan su miktarı Ocak ayında 110 ml, Şubat ayında 115 ml, daha sonraki dönemlerde her bir bitkiye her sulamada 120 ml su uygulanmıştır. Üretici tarafından sera koşullarında üretim periyodu boyunca yapılan sulama sayısı ve verilen su miktarları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi üretici serasında sulama sayısı en yüksek Mayıs ayında günde 18 kez olarak kaydedilmiştir. Üretici tarafından yapılan sulama sayısının Mayıs ayında güneş ışınımı şiddetine göre teorik olarak hesaplanan sulama sayısından daha az olmasının nedeni seranın gölgelendirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.5. Adana koşullarında ileri teknoloji serasında üretim periyodu boyunca dönemlere bağlı uygulanan sulama sayıları ve verilen su miktarları

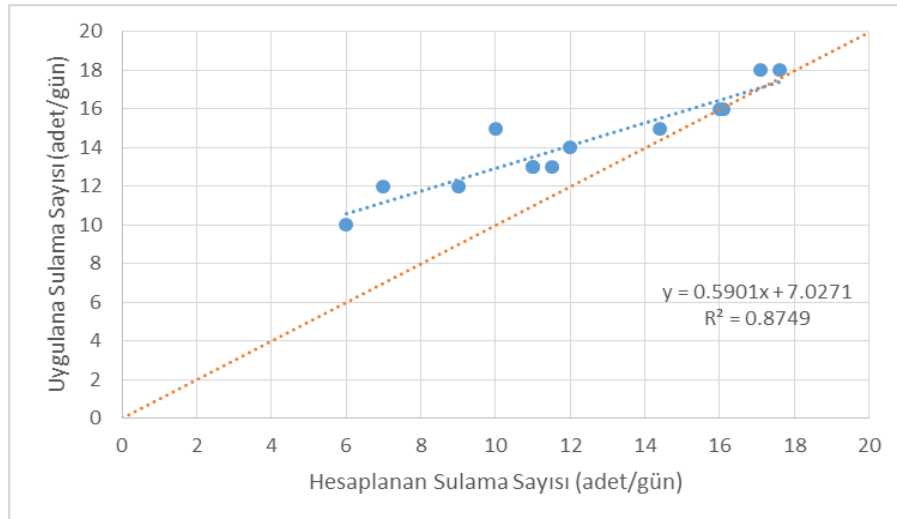
| Periyot               | Sulama Sayısı | Sulama Miktarı (ml) | Bitki/da (Adet) | Sulama suyu miktarı (m <sup>3</sup> ) | Gün sayısı (Gün) | Su tüketimi periyot (m <sup>3</sup> /da) |
|-----------------------|---------------|---------------------|-----------------|---------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| 1 Eylül-15 Eylül      | 6             | 100                 | 2500            | 1,50                                  | 15               | 22,50                                    |
| 16 Eylül-30 Eylül     | 8             | 100                 | 2500            | 2,00                                  | 15               | 30,00                                    |
| 1 Ekim-15 Ekim        | 8             | 100                 | 2500            | 2,00                                  | 15               | 30,00                                    |
| 16 Ekim-31 Ekim       | 7             | 100                 | 2500            | 1,75                                  | 16               | 28,00                                    |
| 1 Kasım-15 Kasım      | 7             | 100                 | 2500            | 1,75                                  | 15               | 26,25                                    |
| 16 Kasım-30 Kasım     | 7             | 100                 | 2500            | 1,75                                  | 15               | 26,25                                    |
| 1 Aralık-15 Aralık    | 8             | 100                 | 2500            | 2,00                                  | 15               | 30,00                                    |
| 16 Aralık-31 Aralık   | 9             | 100                 | 2500            | 2,25                                  | 16               | 36,00                                    |
| 1 Ocak-15 Ocak        | 10            | 105                 | 2500            | 2,63                                  | 15               | 39,38                                    |
| 16 Ocak-31 Ocak       | 12            | 110                 | 2500            | 3,30                                  | 16               | 52,80                                    |
| 1 Şubat-15 Şubat      | 12            | 110                 | 2500            | 3,30                                  | 15               | 49,50                                    |
| 16 Şubat-28 Şubat     | 13            | 115                 | 2500            | 3,74                                  | 13               | 48,59                                    |
| 1 Mart-15 Mart        | 13            | 120                 | 2500            | 3,90                                  | 15               | 58,50                                    |
| 16 Mart-31 Mart       | 14            | 120                 | 2500            | 4,20                                  | 16               | 67,20                                    |
| 1 Nisan-15 Nisan      | 15            | 120                 | 2500            | 4,50                                  | 15               | 67,50                                    |
| 16 Nisan-30 Nisan     | 16            | 120                 | 2500            | 4,80                                  | 15               | 72,00                                    |
| 1 Mayıs-15 Mayıs      | 18            | 120                 | 2500            | 5,40                                  | 15               | 81,00                                    |
| 16 Mayıs-31 Mayıs     | 18            | 110                 | 2500            | 4,95                                  | 16               | 79,20                                    |
| 1 Haziran-15 Haziran  | 16            | 110                 | 2500            | 4,40                                  | 15               | 66,00                                    |
| 16 Haziran-30 Haziran | 15            | 110                 | 2500            | 4,13                                  | 15               | 61,88                                    |
| 1 Temmuz-15 Temmuz    | 13            | 100                 | 2500            | 3,25                                  | 15               | 48,75                                    |

Yapılan çalışmada üretici tarafından güneş ışıınımı şiddeti ve drenaj suyu dikkate alınarak yapılan sulama sayısı ve güneş ışıınımı şiddetine bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Ocak-Temmuz üretin periyodu süresince soğuk dönemlerde üretici tarafından uygulanan sulama sayısı hesaplanan sulama sayısından daha yüksek olmuştur. Buna karşın Mayıs ayının ikinci yarısından sonra güneş ışıınımı şiddetine bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı üretici tarafından uygulanan sulama sayısından daha yüksek olmuştur. Bunun da nedeni hesaplamaların dış ışıınım şiddetine göre yapılmasından kaynaklanmıştır. Mayıs ayının ortalarından sonra seranın gölgelendirilmesi nedeniyle seraya ulaşan güneş ışıınımı şiddeti dış ışıınım şiddetinden düşük olmaktadır.



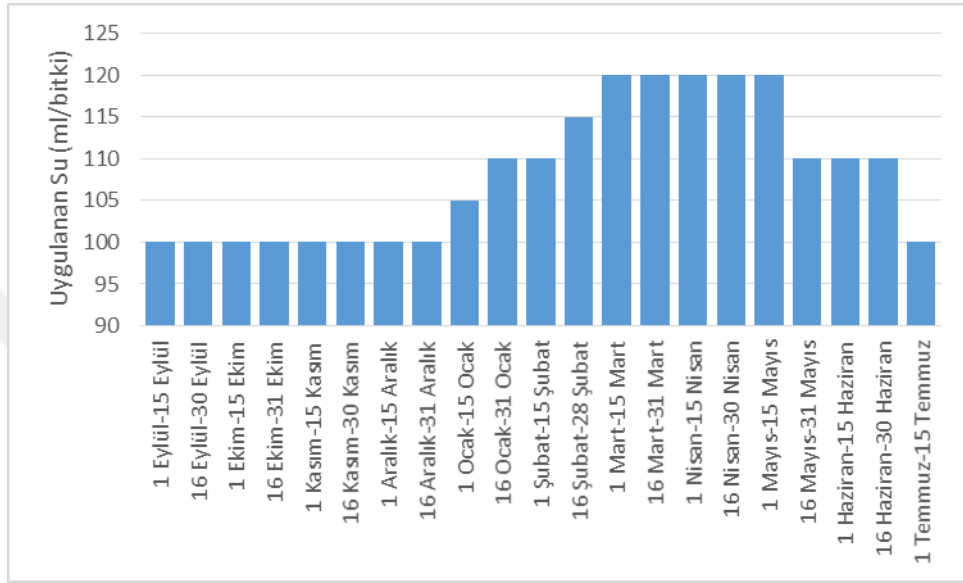
Şekil 4.10. Araştırma sırasında üretici tarafından yapılan sulama sayısı ve güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı arasındaki ilişki

Yapılan çalışmada Nisan ayının sonlarına doğru serada yapılan gölgeleme dikkate alındığında Mayıs ayının ikinci yarısından sonra her 15 günlük üretim periyodu için gölgelemenin %10 olarak arttığı kabul edildiğinde üretici tarafından uygulanan ve gölgelemeye bağlı olarak hesaplanan sulama sayıları arasındaki ilişki Şekil 4.11’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gölgelemenin dikkate alınarak hesaplanan sulama sayısının düzenlenmesi durumunda Mayıs ayından sonra yapılan sulama sayılarının birbirine yaklaştığı görülmektedir. Ancak, Ocak-Mayıs döneminde hesaplanan sulama sayıları üretici tarafından uygulanan sulama sayılarından düşük olmaktadır. Bu durum bir anlamda su kaybı anlamına gelmektedir.



Şekil 4.11. Araştırma sırasında üretici tarafından yapılan sulama sayısı ve güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanan ve gölgelemeye bağlı düzeltmeye göre sulama sayısı arasındaki ilişki

Araştırmanın yapıldığı serada üretici tarafından her bir sulamada bir bitkiye uygulanan su miktarı farklılık göstermektedir. Üretici tarafından üretim periyodu boyunca 15 günlük periyotlara bağlı olarak bitki başına uygulanan su miktarları Şekil 4. 12’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi üretim periyodunun ilk dönemlerinde bitki başına her bir sulamada 100 ml su uygulanırken ilerleyen dönemlerde bitki büyümesine ve artan güneş ışınımı şiddetine bağlı olarak her bir sulamada bitki başına uygulanan su miktarı 120 ml’ye kadar arttırılmıştır.



Şekil 4.12. Üretici tarafından üretim periyodu boyunca 1 günlük periyotlara bağlı bitki başına uygulanan su miktarı

Çizelge 4.6’da araştırmanın yürütüldüğü serada üretici tarafından drenaj suyu ve güneşlenme şiddeti esas alınarak uygulanan sulama suyu ve güneşlenme şiddetine bağlı hesaplanan sulama suyu miktarları verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi araştırmanın başından Mayıs ayının ortalarına kadar uygulanan su miktarı hesaplanan su miktarından fazla olmuştur. Ancak gölgelemenin dikkate alınmadığı koşullarda Mayıs ayının ikinci yarısından sonra hesaplanan su miktarları uygulanan su miktarından fazla olmuştur.

Çizelge 4.6. Adana iklim koşullarında ileri teknoloji serasında üretim periyodu boyunca dönemlere bağlı üretici tarafından uygulanan ve güneş ışınımı şiddetine göre hesaplanan sulama sayıları ve verilen su miktarları

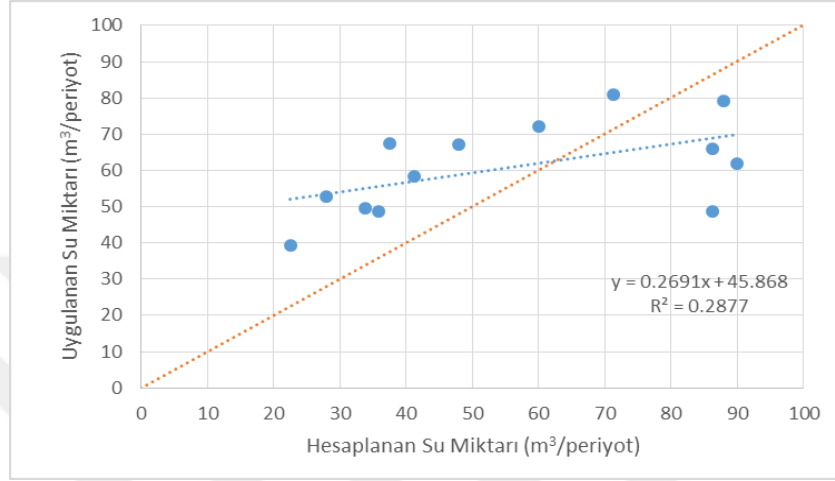
| Periyot       | Sulama Sayısı (Adet/gün) |          | Uygulanan Su Miktarı (ton/Periyot) |          |
|---------------|--------------------------|----------|------------------------------------|----------|
|               | Hesap                    | Uygulama | Hesap                              | Uygulama |
| 1-15 Ocak     | 6                        | 10       | 22,5                               | 39,38    |
| 16-31 Ocak    | 7                        | 12       | 28,00                              | 52,80    |
| 1-15 Şubat    | 9                        | 12       | 33,75                              | 49,50    |
| 16-28 Şubat   | 11                       | 13       | 35,75                              | 48,59    |
| 1-15 Mart     | 11                       | 13       | 41,25                              | 58,50    |
| 16-31 Mart    | 12                       | 14       | 48,00                              | 67,20    |
| 1-15 Nisan    | 10                       | 15       | 37,50                              | 67,50    |
| 16-30 Nisan   | 16                       | 16       | 60,00                              | 72,00    |
| 1-15 Mayıs    | 19                       | 18       | 71,25                              | 81,00    |
| 16-31 Mayıs   | 22                       | 18       | 88,00                              | 79,20    |
| 1-15 Haziran  | 23                       | 16       | 86,25                              | 66,00    |
| 16-30 Haziran | 24                       | 15       | 90,00                              | 61,88    |
| 1-15 Temmuz   | 23                       | 13       | 86,25                              | 48,75    |

Gölgeleme seraya ulaşan ışınımında önemli ölçüde azalma sağladığından sulama sayısına da etki etmektedir. Yapılan hesaplamalarda 1 Mayıstan sonra gölgelemenin dikkate alınarak sulama sayısının belirlenmesine bağlı olarak yapılan hesaplamalarda periyotlara bağlı olarak üretici tarafından uygulanan su miktarları 15 Mayıs'tan sonra hesaplanan su miktarlarına yakınlık gösterirken, 15 Mayıs'a kadar olan dönemde uygulanan su miktarı hesaplanan su miktarından yine de fazla olmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Adana iklim koşullarında ileri teknoloji serasında üretim periyodu boyunca dönemlere bağlı üretici tarafından uygulanan ve güneş ışınımı şiddetine göre hesaplanan düzeltilmiş sulama sayıları ve verilen su miktarları

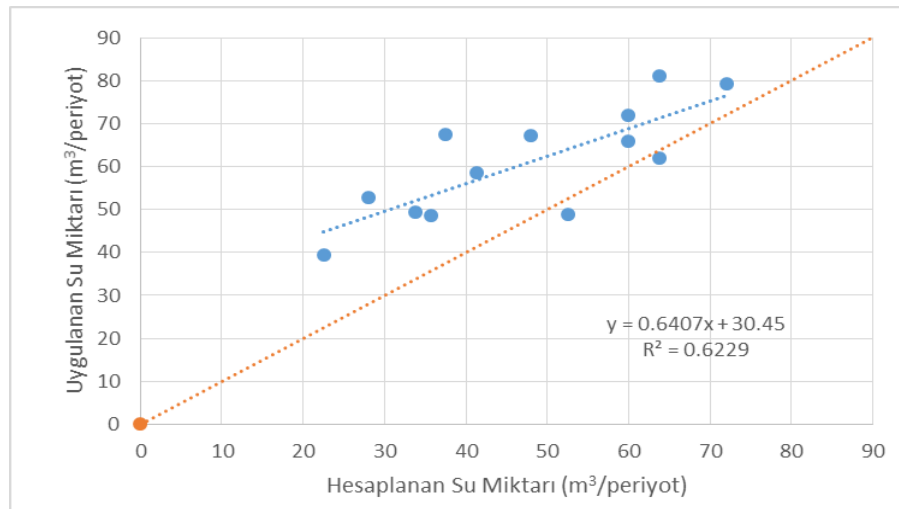
| Periyot       | Sulama Sayısı (Adet/gün) |          | Uygulanan Su Miktarı (ton/Periyot) |          |
|---------------|--------------------------|----------|------------------------------------|----------|
|               | Hesap                    | Uygulama | Hesap                              | Uygulama |
| 1-15 Ocak     | 6                        | 10       | 22,5                               | 39,38    |
| 16-31 Ocak    | 7                        | 12       | 28,00                              | 52,80    |
| 1-15 Şubat    | 9                        | 12       | 33,75                              | 49,50    |
| 16-28 Şubat   | 11                       | 13       | 35,75                              | 48,59    |
| 1-15 Mart     | 11                       | 13       | 41,25                              | 58,50    |
| 16-31 Mart    | 12                       | 14       | 48,00                              | 67,20    |
| 1-15 Nisan    | 10                       | 15       | 37,50                              | 67,50    |
| 16-30 Nisan   | 16                       | 16       | 60,00                              | 72,00    |
| 1-15 Mayıs    | 17                       | 18       | 63,75                              | 81,00    |
| 16-31 Mayıs   | 18                       | 18       | 72,00                              | 79,20    |
| 1-15 Haziran  | 16                       | 16       | 60,00                              | 66,00    |
| 16-30 Haziran | 17                       | 15       | 63,75                              | 61,88    |
| 1-15 Temmuz   | 14                       | 13       | 52,50                              | 48,75    |

Üretici tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve gölgeleme etkisi dikkate alınmadan güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanan sulama suyu arasındaki ilişki Şekil 4.13’de verilmiştir. Gölgeleme etkisi dikkate alınmadan yapılan karşılaştırmada üretim periyodunun başında hesaplanan sulama suyu miktarı uygulanan sulama suyu miktarından düşük olurken, Mayıs ayından sonra tam tersi bir durum ortaya çıkmıştır. Yapılan hesaplamalarda gölgeleme etkisi dikkate alınmadan yapılan regresyon analizinde  $R^2$  oldukça küçük bir değer (0,29) olarak belirlenmiştir.



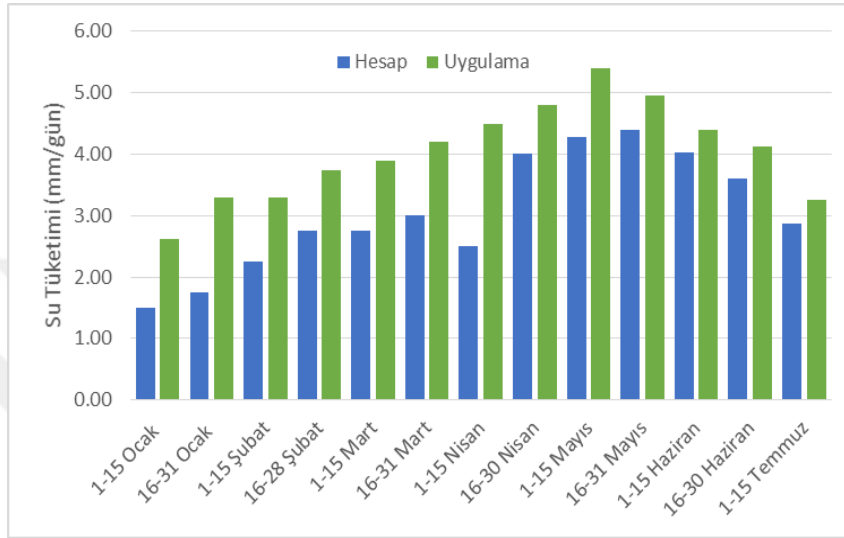
Şekil 4.13. Araştırma sırasında üretici tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanan sulama suyu miktarı arasındaki ilişki

Mayıs ayında yapılan gölgeleme etkisi dikkate alınarak hesaplanan sulama suyu miktarı ile uygulanan sulama suyu arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 4.14’te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gölgeleme etkisi dikkate alınarak yapılan değerlendirmede  $R^2$  katsayısı 0,62 olarak bulunmuştur. Gölgeleme etkisi dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda uygulanan sulama suyu miktarı hemen hemen tüm periyotlarda hesaplanan sulama suyundan daha fazla olmuştur.



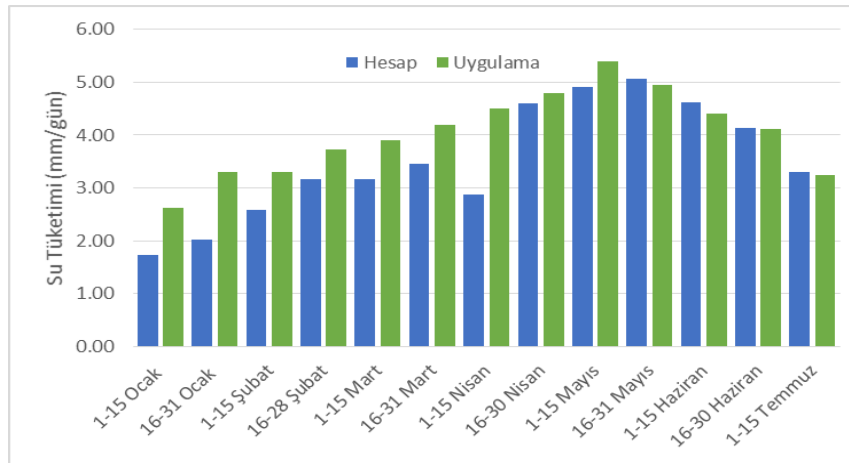
Şekil 4.14. Araştırma sırasında üretici tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve gölgeleme etkisi dikkate alınarak hesaplanan sulama suyu miktarı arasındaki ilişki

Yapılan çalışmada salkım domates bitkisinin günlük su tüketimleri hesaplanarak uygulanan günlük su tüketimleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalarda üretim periyodu boyunca her bir bitkiye her sulamada 100 ml su verileceği kabul edilmiştir. Üretici serasında ise her sulamada her bir bitkiye uygulanan su miktarı farklılık göstermiştir. Şekil 4.15'te hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi üretim periyodu boyunca uygulanan günlük su tüketimi hesaplanan günlük su tüketiminden yüksek olmuştur.



Şekil 4.15. Her bir bitkiye her sulamada 100 ml su verildiğinde hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri

Hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri arasındaki farkın giderilmesi amacıyla her sulamada her bir bitkiye 100 ml su yerine 115 ml su verilmesi durumunda hesaplanan ve uygulanan su tüketimleri arasındaki ilişki Şekil 4.16'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi verilen su miktarının her bir sulamada 100 ml'den 115 ml'ye yükseltilmesi durumunda üretim periyodunun başlarında farkı azaltırken sonlara doğru hesaplanan ve uygulanan su tüketimleri hemen hemen eşit olmuştur.



Şekil 4.16. Her bir bitkiye her sulamada 115 ml su verildiğinde hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Hızla artan dünya nüfusunun sürdürülebilirliği için tarımsal üretimin arttırılması zorunlu hale gelmiştir. Bunu başarmanın bir yolu, tüm yıl boyunca kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasıyla yüksek miktarlarda kaliteli ürünler sağlayan sera tarımının arttırılmasıdır. Son otuz yılda dünya genelinde özellikle Güneydoğu Avrupa (GDA) ve Akdeniz ülkelerinde, sebze ve meyve üretimi için örtü altı tarımının hızla geliştiğini görmekteyiz. Ülkelerin sürdürülebilir tarımsal üretimi, seralarda üretim konusunda giderek daha önem kazanmaya başlamıştır. Örtü altı tarımında geleneksel odak noktası toplam üretimi maksimuma çıkarmaktır, ancak küresel iklim değişikliği sonucu azalan temiz su kaynakları nedeniyle artık serada su tüketiminin dikkate alınması zorunlu hale gelmiştir. Sera üreticileri, üretim ile ilgili süreçlerde uygulanmakta olan yöntemleri, teknikleri ve yönetim uygulamalarını iyileştirerek daha az su kullanmaya zorlanmaktadır.

Sulama planlamasının amacı, bitkilere ihtiyaç duydukları su miktarını ihtiyaç duydukları anda sağlamaktır. Üretimin yapıldığı yetiştirme ortamının boyutu ile birlikte substratın veya toprağın fiziksel özellikleri, uygulanan suyun ne kadarının tutulacağını (su tutma kapasitesi) ve bitki için ne kadarının mevcut olduğunu belirler. Bitkiler büyüdükçe, bitkiler tarafından alınan su miktarı, uygulanan toplam suyun neredeyse yüzde 100'üne hızla yaklaşır. Bu nedenlerle ne zaman sulama yapılacağı ve ne kadar uygulanacağı çok önemlidir. Sulama suyu uygulamasının verimliliğini en üst düzeye çıkarmak, seradaki sınırlı su kaynaklarını daha geniş alanlarda kullanmanın pratik bir yoludur. Bu aynı zamanda enerji tüketimini ve sulama suyunu kullanmadan veya yeniden uygulamadan önce taşımak, filtrelemek ve işlemek için kullanılan diğer girdileri azaltır ve böylece işletmenin karlılığını artırır.

Seralarda sulama yönetimi farklı şekillerde yapılabilmektedir. Ancak son yıllarda kurulan ileri teknoloji seralarında sulama yönetimi güneş ışıını şiddetine göre yapılmaktadır. Seradaki iklim etmenlerinden güneş ışıını şiddeti sulama suyu miktarını etkiler. Güneş ışıını yoğunluğu ne kadar yüksekse, günlük toplam ışıını o kadar yüksek olur. ışıını ve ışıık, doğrudan fotosentez oranını arttırmak ve güneş ışıını şiddetine bağlı olarak artan sıcaklığa bağlı bitkilerin terlemesi ve topraktan buharlaşmayı artırarak bitkinin su gereksiniminin yükselmesine neden olur. Sabahın erken saatlerinden başlayarak, gün ışıınının öğle saatlerinde en yüksek değerine ulaşmasına bağlı bitkinin suya olan ihtiyacı da artmaktadır.

Yüksek teknolojiye sahip seralarda sulama yönetimi oldukça zor olup uzman bilgisi gerektirmektedir. Bu tür seralarda sulama oldukça hassastır. Sulama da bitkinin özellikleri ve seraya ulaşan güneş ışıınının bilinmesi önemlidir. Topraksız kültürde yapılan sulama planlamasında sistemindeki performansı en üst düzeye çıkarmak için, yetiştirme ortamının

bitkilerde stres oluşmadan hemen önceki noktaya kadar kurumasına izin verilmelidir. Bu da, kullanılan ortamın türüne ve nem tutma özelliğine bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir.

İleri teknoloji seralarında ne kadar su verilmelidir sorusuna cevap bulmak oldukça önemlidir. Bunun da nedeni kök bölgesinin tutunduğu yetiştirme ortamında fazla suyun tutulamamasıdır. Bu sorunun cevabı, bitki aktivitesi için en iyi gösterge olan drenaj suyunda yatmaktadır. Bu nedenle, iyi tasarlanmış ileri teknoloji seralarında drenaj suyunun ölçümü sulama yönetiminde önemli rol oynamaktadır. Drenaj, bitki aktivitesi ve bitkinin su ve besin maddesi alımı hakkında en iyi göstergedir. Drenaj yüzdesi büyük ölçüde fotosentez, su alımı, terleme, buharlaşma vb. bitkinin tüm faaliyetlerini etkileyen ışık yoğunluğu ve sıcaklığa bağlıdır. Drenaj yüzdesi günün bulutluluk durumuna bağlı olarak değişmektedir. Bulutlu ve kapalı günlerde drenaj yüzdesi: %15-20 oranında, güneşli günlerde %30-40 arasında alınmalıdır.

Yapılan çalışmada, seranın dışına monte edilen Piranometre ile 400-1100 nanometre bandındaki güneş ışınımı şiddeti ölçülmüştür. Serada yapılan topraksız kültür sulama planlamasında  $80 \text{ J/cm}^2$  başına bir sulama uygulanmıştır. Gün boyu yapılan sulama miktarı bir damlatıcıdan toplanan suyun ölçülmesi ile belirlenmiştir. Aynı zamanda kontrol slabından dönen su toplanarak günlük drenaj oranı belirlenmiştir.

Araştırma süresince kaydedilen günlük toplam küresel ışıınım değerleri incelendiğinde Ocak ayında gökyüzünün bulutluluğuna bağlı olarak  $0,35 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  ile  $1,64 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Seralarda optimum bir bitki gelişimi için günlük toplam küresel ışıının  $2,3 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  değerinde olmalıdır. Belirtilen nedenle güneş ışıınının düşük olduğu dönemlerde sera örtü malzemesinin mümkün olduğunca temiz ve geçirgenliğinin yüksek olması gereklidir. Üretim periyodunun ilerleyen dönemlerinde günlük toplam küresel ışıınım değerleri yükselerek Mayıs ayında  $5,5 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  değerine ulaşmıştır. Bu durum serada sıcaklığın ve transpirasyonun yükselmesine neden olmaktadır. Bu koşullarda da serada sıcaklığın kontrolü için havalandırma ile birlikte gölgeleme yapılması veya sıcaklığın çok yükseldiği saatlerde evaporatif soğutma yapma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Araştırma süresince serada ve dış ortamda ortaya çıkan sıcaklık değerleri değerlendirildiğinde serada ısıtmanın yapıldığı soğuk günlerde gece saatlerinde ortaya çıkan sıcaklık değerleri ayar sıcaklığı olan  $15^\circ\text{C}$ 'de tutulmuştur. Gündüz saatlerindeki sıcaklık değerleri ise dış sıcaklık geçişlerine ve serada yapılan havalandırmaya bağlı olarak değişim göstermiştir.

Araştırmanın yapıldığı Ocak ayında dış sıcaklık değerleri  $-3^\circ\text{C}$  ile  $22^\circ\text{C}$  arasında değişirken, serada sıcaklıklar gece saatlerinde  $15^\circ\text{C}$ 'de tutulmuştur. Gündüz saatlerinde ise dış sıcaklığa bağlı olarak  $27^\circ\text{C}$ 'ye kadar yükselmiştir. Araştırmanın yapıldığı dönemde en düşük sıcaklığın yaşandığı 21 Ocak gününde ortaya çıkmıştır. 21 Ocak gününde güneş ışıını şiddeti öğle saatlerinde  $250 \text{ W m}^{-2}$ 'ye ulaşırken dış sıcaklık  $12^\circ\text{C}$ 'ye iç sıcaklık sera etkisi nedeniyle  $27^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmaktadır. 21 Ocak gününde en düşük dış sıcaklık güneşin doğuşundan önce  $-2,9^\circ\text{C}$ 'ye ulaşırken ısıtılan serada gece saatleri için set edilen  $15^\circ\text{C}$ 'de tutulabilmektedir.

Araştırmanın yapıldığı serada Şubat ayında sera dışında en düşük sıcaklık  $-2,7^{\circ}\text{C}$  olurken, en yüksek sıcaklık gündüz saatlerinde  $28,8^{\circ}\text{C}$ , gece saatlerindeki sıcaklık değerleri düzenli olarak ısıtılan serada  $15^{\circ}\text{C}$  civarında seyretmiştir.

Nisan ayında artan dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak serada da sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Nisan ayında en düşük dış sıcaklık değeri  $2,2^{\circ}\text{C}$  olurken serada sıcaklıklar gece saatlerinde  $15^{\circ}\text{C}$ 'de tutulmuştur. Nisan ayının ikinci yarısından sonra yükselen dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak serada da sıcaklıklar yükselerek  $36,8^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmıştır. Nisan ayının sonlarına doğru serada gündüz saatlerinde iç sıcaklık iyi bir havalandırma ile dış sıcaklık değerlerine yaklaştırılmıştır. Nisan ayının sonlarına doğru dış sıcaklık  $33,9^{\circ}\text{C}$  olurken havalandırılan serada ulaşılan sıcaklık  $36,8^{\circ}\text{C}$  olmuştur. Diğer bir ifade ile iç dış ortam arasındaki sıcaklık farklı iyi bir havalandırma ile  $2,9^{\circ}\text{C}$  olmuştur.

Üretim periyodunun ilerleyen dönemlerinde Mayıs ayında dış sıcaklık  $32-33^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken dış sıcaklık değerlerinin yükselmesine bağlı olarak serada sıcaklık değerleri Mayıs ayının başlarında  $32,8^{\circ}\text{C}$  Mayıs ayının sonlarına doğru  $34-35^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselmiştir. Ancak, serada gölgeleme ve havalandırmanın birlikte yapılması sonucu iç sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerine yaklaştırılabilmiştir. Mayıs ayında gölgeleme ve iyi bir havalandırma ile iç dış sıcaklık farkı  $1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çekilebilmiştir.

Yapılan çalışmada seraya ulaşan güneş ışınımı şiddetine göre ortaya çıkan terlemeye bağlı olarak sulama yapılmıştır. Ocak ayında hesaplanan sulama sayısı Ocak ayının ilk yarısı için 6 adet  $\text{gün}^{-1}$  olurken, Ocak ayının ikinci yarısı için bu değer 7 adet  $\text{gün}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Üretim periyodunun ilerleyen dönemlerinde artan güneş ışınımı şiddetine bağlı olarak seradaki bitkilerde ortaya çıkan terlemede artış göstermiştir. Mayıs ayının ilk yarısında küresel ışıma bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı 19 adet  $\text{gün}^{-1}$  olurken ikinci yarı için sulama sayısı 22 adet  $\text{gün}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalardan da görüleceği gibi sulama sayısı Ocak ayında yapılan sulama sayısına göre yaklaşık 3 kat artış göstermiştir.

Yapılan hesaplamalarda her sulamada bir bitkiye 100 ml su verilmiştir. Üretim periyodu boyunca gün içinde uygulanan sulama sayısı ve verilen su miktarı artan güneş ışınımı şiddetine bağlı olarak artmıştır. Ocak ayının ilk yarısında günde  $1500\text{ L da}^{-1}$  su uygulanırken, Şubat ayında  $2750\text{ L da}^{-1}$ , Mayıs ayında bu değer  $6000\text{ L da}^{-1}$  yükselmiştir.

Araştırmanın yapıldığı serada üretim periyodu boyunca bitki başına uygulanan su miktarı farklılık göstermiştir. Üretici gün içinde sulama sayısını artırma yerine her bir sulamada uyguladığı su miktarını dönen drenaj suyunu esas alarak arttırmıştır. Aralık ayının sonuna kadar her bir sulamada bitki başına 100 ml su verilirken bitkinin büyümesine bağlı olarak her bir sulamada uygulanan su miktarı Ocak ayında 110 ml, Şubat ayında 115 ml, daha sonraki dönemlerde her bir bitkiye her sulamada 120 ml su uygulanmıştır. Araştırmanın yapıldığı üretici serasında sulama sayısı en yüksek Mayıs ayında günde 18 kez olarak kaydedilmiştir. Üretici tarafından yapılan

sulama sayısının Mayıs ayında güneş ışıını şiddetine göre teorik olarak hesaplanan sulama sayısından daha az olmasının nedeni seranın gölgelendirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

- Ocak-Temmuz üretim periyodu süresince soğuk dönemlerde üretici tarafından uygulanan sulama sayısı hesaplanan sulama sayısından daha yüksek olmuştur. Buna karşın Mayıs ayının ikinci yarısından sonra güneş ışıını şiddetine bağlı olarak hesaplanan sulama sayısı üretici tarafından uygulanan sulama sayısından daha yüksek olmuştur. Bunun da nedeni hesaplamaların dış ışıını şiddetine göre yapılmasından kaynaklanmıştır. Mayıs ayının ortalarından sonra seranın gölgelendirilmesi nedeniyle seraya ulaşan güneş ışıını şiddeti dış ışıını şiddetinden düşük olmuştur.
- Yapılan çalışmada Nisan ayının sonlarına doğru serada yapılan gölgeleme dikkate alındığında Mayıs ayının ikinci yarısından sonra her 15 günlük üretim periyodu için gölgelemenin %10 olarak arttığı kabul edildiğinde üretici tarafından uygulanan ve gölgeleme dikkate alınarak hesaplanan sulama sayısının düzenlenmesi durumunda Mayıs ayından sonra yapılan sulama sayılarının birbirine yaklaştığı görülmektedir. Ancak, Ocak-Mayıs döneminde hesaplanan sulama sayıları üretici tarafından uygulanan sulama sayılarından düşük olmaktadır. Bunun da nedeni üreticinin bitki gelişmesini risk etmek istememesine bağlı olarak uyguladığı fazla sudan kaynaklanmaktadır. Bu durum bir anlamda su kaybı anlamına gelmektedir.
- Araştırmanın yapıldığı serada üretici tarafından üretim periyodu boyunca her bir sulamada bir bitkiye uygulanan su miktarı farklılık göstermektedir. Üretici tarafından üretim periyodunun ilk dönemlerinde bitki başına her bir sulamada 100 ml su uygulanırken ilerleyen dönemlerde bitki büyümesine ve artan güneş ışıını şiddetine bağlı olarak her bir sulamada bitki başına uygulanan su miktarı 120 ml'ye kadar artırılmıştır.
- Gölgeleme seraya ulaşan günlük küresel güneş ışıınıda önemli ölçüde azalma sağladığından sulama sayısına da etki etmektedir. Yapılan hesaplamalarda 1 Mayıstan sonra gölgelemenin dikkate alınarak sulama sayısının belirlenmesine bağlı olarak yapılan hesaplamalarda periyotlara bağlı olarak üretici tarafından uygulanan su miktarları 15 Mayıs'tan sonra hesaplanan su miktarlarına yakınlık gösterirken, 15 Mayıs'a kadar olan dönemde uygulanan su miktarı hesaplanan su miktarından yine de fazla olmuştur.
- Üretici tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve gölgeleme etkisi dikkate alınmadan yapılan karşılaştırmada üretim periyodunun başında hesaplanan sulama suyu miktarı uygulanan sulama suyu miktarından düşük olurken, Mayıs ayından sonra tam tersi bir durum ortaya çıkmıştır. Yapılan hesaplamalarda gölgeleme etkisi dikkate alınmadan yapılan regresyon analizinde  $R^2$  oldukça küçük bir değer (0,29) olarak belirlenmiştir.

- Mayıs ayında yapılan gölgeleme etkisi dikkate alınarak yapılan değerlendirmede  $R^2$  katsayısı 0,62 olarak bulunmuştur. Gölgeleme etkisi dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda uygulanan sulama suyu miktarı hemen hemen tüm periyotlarda hesaplanan sulama suyundan daha fazla olmuştur.
- Yapılan çalışmada salkım domates bitkisinin günlük su tüketimleri hesaplanarak uygulanan günlük su tüketimleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalarda üretim periyodu boyunca her bir bitkiye her sulamada 100 ml su verileceği kabul edildiğinde üretim periyodu boyunca uygulanan günlük su tüketimi hesaplanan günlük su tüketiminden yüksek olmuştur. Hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri arasındaki farkın giderilmesi amacıyla her sulamada her bir bitkiye 100 ml su yerine 115 ml su verilmesi durumunda hesaplanan ve uygulanan su tüketimleri arasındaki üretim periyodunun başlarında fark azalırken sonlara doğru hesaplanan ve uygulanan su tüketimleri hemen hemen eşit olmuştur.

## 5.2. Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler yapılabilir.

Çalışmada hesaplanan ve uygulanan günlük su tüketimleri arasındaki farkın giderilmesi amacıyla her sulamada her bir bitkiye 100 ml su yerine 115 ml su verilmesi durumunda hesaplanan ve uygulanan su tüketimleri arasındaki üretim periyodunun başlarında oluşan fark azalırken sonlara doğru hesaplanan ve uygulanan su tüketimleri hemen hemen eşit olmuştur. Bu nedenle uygulamalarda her bir bitkiye 100 ml su yerine 115 ml su verilmesi daha sonra konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalar için yeni araştırmacılara önerilebilir.

İleri teknoloji seralarında (modern seralarda) uygulanan sulama sularının yaklaşık %20-%33'lük bölümünün drenaj suyunu oluşturacak şekilde planlanması ile oldukça fazla bir drenaj suyu ortaya çıkmaktadır. Oluşan bu drenaj sularının sulama açısından gerekli analizleri yapılarak, sulama suyu olarak tekrar sulamada kullanılabilir hale getirilmesi veya daha farklı amaçlarda kullanılabilirliğinin sağlanması önerilebilir.

Güneş ışıını şiddetine göre sulama denetiminin yapıldığı seralarda, Piranometrenin sera içerisinde gölgelemenin olmadığı yere yerleştirilmesi, gölgeleme ile oluşan güneş ışıını şiddetinin sulama programlamalarında dikkate alınmasına olanak sağlayacaktır. Bu durumda hesaplanan sulama sayılarının, gerçekte uygulanan sulama sayılarına daha yakın bir biçimde belirlenmesi mümkün olabilecektir.



## KAYNAKLAR

- Anonim, 2023a. TR63 Bölgesi Seracılık (Örtüaltı Bitki Yetiştiriciliği) Sektör Raporu 2015. [https://www.dogaka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/wwwdogakagovtr\\_622\\_lk5l43wg\\_seracilik-ortualti-bitki-yetistiriciligi-sektor-raporu-2015.pdf](https://www.dogaka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/wwwdogakagovtr_622_lk5l43wg_seracilik-ortualti-bitki-yetistiriciligi-sektor-raporu-2015.pdf) [Son erişim tarihi: 28.07.2023].
- Anonim, 2023b. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Örtüaltı Yetiştiriciliği. Seracılık ve Örtüaltı üretimimizde mevcut durum. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik> [Son erişim tarihi: 29.07.2023].
- Askalan, O. A., 2022. Sera Koşullarında Yetiştirilen ve Damla Sulamayla Sulanan Domates Bitkisinde Sürdürülebilir Sulama Suyu Yönetimi: Mogadişu/Somali Örneği. Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 68s.
- Aydın, V., 2019. Topraksız Tarımda Üretim Maliyetleri ve Son Durum. Sera-Bir Aktüel, 18-19.
- Bayar, S., 2012. Modern Seralarda Yatırım ve İşletme Masrafları. Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Baytorun, A. N., 2022. Seralarda İklimlendirme. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 496 s.
- Baytorun, A. N., 2023. Seralar ve Yönetimi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 634 s.
- Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S., ve Çaylı, A., 2017. Antalya İklim Koşullarında Farklı Donanımlara Sahip Seraların Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. Türk Tarım –Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2): 144-152.
- Baytorun, A. N., ve Makauy, A. M. A., 2019. Farklı İklim Bölgelerindeki Seralarda Evaporatif Soğutma Olanaklarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(4): 29-38.
- Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S., ve Çaylı, A., 2019a. Investigation of TR63 region climate conditions in terms of greenhouse. Proceedings E-Book, 102.
- Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S., ve Çaylı, A., 2019b. Seralarda Isı Perdesi Kullanımının Isı Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi ve Ekonomik Açından Bir Değerlendirme. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(6): 886-895.
- Baytorun, A. N., ve Üstün, S., 2022. Seralarda Bir Günlük Toplam Sıcaklığa Göre Yapılan Dinamik Kontrol Stratejisine Bağlı Enerji Tasarrufunun Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi, 25(5): 1119-1126.
- Castilla, N., Hernandez, J., ve Abou Hadid, A. F., 2004. Strategic crop and greenhouse management in mild winter climate areas. Acta Hort., 633: 183–196.
- Castilla, N., ve Hernández, J., 2005. The plastic greenhouse industry of Spain. Chronica Horticulturae, 45(3): 15-20.

- Chang, J., Wu, X., Wang, Y., Meyerson, L. A., Gu, B., Min, Y., Xue, H., Peng, C., ve Ge, Y., 2013. "Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply?", *Front Ecol Environ*; doi:10.1890/100223.
- Chen, R., Kang, S., Hao, X., Li, F., Du, T., Qiu, R., ve Chen, J., 2015. Variations in tomato yield and quality in relation to soil properties and evapotranspiration under greenhouse condition. *Scientia Horticulturae*, 197: 318-328.
- Corporation, S. B., 2009. Greenhouse Technology Globally: The Future Of Food. [www.st-benedict-biscop.com](http://www.st-benedict-biscop.com) [Son erişim tarihi: 01.11.2016].
- Eltez, R. Z., Tüzel, Y., Tüzel, İ. H., Ayşe, G. Ü. L., ve Demirelli, A., 2002. Besleyici film tekniğinde (NFT) sürekli ve fasıllı akışın domates yetiştiriciliğinde verim, kalite ve su tüketimine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1).
- Europe Hydroponics Market Research Report, 2022. Europe Hydroponics Market Research Report – Segmented By Equipment; Type; Crop Type; Input Type; And Region -Industry Analysis, Share, Size, Growth, Trends, And Forecast (2022 to 2027).
- FAO-IFAD-WFP, 2014. "The State of Food Insecurity in the World 2014, Strengthening the Enabling Environment for Food Security and Nutrition", Food and Agriculture Organization.
- Gong, X., Liu, H., Sun, J., Gao, Y., ve Zhang, H., 2019. Comparison of Shuttleworth-Wallace model and dual crop coefficient method for estimating evapotranspiration of tomato cultivated in a solar greenhouse. *Agricultural Water Management*, 217: 141-153.
- Gül, A., 2013. Progress in soilless cultivation in Turkey. *Soil-Water Journal*, 2(2): 2257-2264.
- Gül, A., 2019. *Topraksız Tarım*. Meta Basım, İzmir, 146 s.
- Hoşgören, Ç., 2019. Çoklu stres koşullarının kinoada (*Chenopodium quinoa* Willd.) su kullanım ve verim parametrelerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 203s.
- Körner, O., ve Challa, H., 2003. Design for an improved temperature integration concept in greenhouse cultivation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39(1): 39-59.
- Kürklü, A., 2022. Yeni Nesil Seracılık Yarı-Kapalı Sera Teknolojileri. [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015\\_2.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015_2.pdf) [Son erişim tarihi: 08.08.2023].
- Market Data Forecast report, 2023. Market Data Forecast report, ID2019, p: 145. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-hydroponics-market> [Son erişim tarihi: 08.08.2023].
- MBM, 2023. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Adana.
- Nisen A, Grafiadellis M, Jiménez R, La Malfa G, Martinez-Garcia PF, Monteiro A, Verlodt H, Villele O, Zabeltitz Cv, Denis Jc, Baudoin W, Garnaud Jc 1988. Cultures protegees en climat mediterranean. FAO, Rome.

- Norrie, J., Graham, M. E. D., ve Gosselin, A., 1994. Potential evapotranspiration as a means of predicting irrigation timing in greenhouse tomatoes grown in peat bags. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(2): 163-168.
- Pardossi, A., Tognoni, F., ve Incrocci, L., 2004. Mediterranean Greenhouse Technology. *Chronica Horticulture* 44(2): 28-34.
- Pardossi, A., Tognoni, F., ve Incrocci, L., 2016. <https://www.researchgate.net/publication/285745841> [Son erişim tarihi: 21.05.2022].
- Rezaei, F., ve Ghaemi, A. A., 2016. Evapotranspiration of cherry tomatoes under drip irrigation with fish effluent in hydroponic system. In *International Symposium on the Role of Plant Genetic Resources in Reclaiming Lands and Environment Deteriorated by Human and* 1190, pp. 177-182.
- TOB, 2019. Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik>.
- TOB, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Tarımsal Ürünler Pazar Raporu, Domates, Haziran, [www.arastirma.tarimorman.gov.tr](http://www.arastirma.tarimorman.gov.tr).
- Teichert, A., 2006. Zielsetzung Energieeinsparung. Möglichkeiten und technische Maßnahmen in Gewächshausanlagen. *Obst- und Gartenbau. Landinfo* 3/2006.
- Tunalı, U., Tüzel, I. H., Tüzel, Y., ve Şenol, Y., 2023. Estimation of actual crop evapotranspiration using artificial neural networks in tomato grown in closed soilless culture system. *Agricultural Water Management*, 284: 108331.
- Tüzel, Y., Gül, A., Öztekin, G. B., Engindeniz, S., Boyacı, F., Duyar, H., ... , ve Durdu, T., 2020. Türkiye’de örtüaltı yetiştiriciliği ve yeni gelişmeler. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, 13(17): 725-750.
- UNICEF, 2013. “Improving Child Nutrition: The Achievable Imperative for Global Progress”.
- Von Zabeltitz, C., 1986. *Gewächshäuser „Planung und Bau “Handbuch des erwerbsgärtners.* Ulmer, Stuttgart.
- WFP, 2010. World Food Programme, “What Causes Hunger?”, *Food Programme Fighting Hunger Worldwide*.
- WFP, 2015. World Food Programme. *Hunger Statistics*.
- WHO-UNICEF, 2014. WHO-UNICEF Joint Monitoring Programme Progress on Drinking Water and Sanitation.
- Yang, L., Liu, H., Tang, X., ve Li, L., 2022. Tomato evapotranspiration, crop coefficient and irrigation water use efficiency in the winter period in a sunken chinese solar greenhouse. *Water*, 14(15): 2410.



## ÖZGEÇMİŞ

Fatih Agah GÖKÇE, ilkokul, ortaokul ve lise öğrenimi Adana’da tamamlamıştır. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 1991 yılında mezun olmuştur. 2005-2010 yılları arasında Adana Gaspardo-Maschio Tarım Makinaları ve San. Tic. Ltd. Şti Bölge Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak çalışmıştır. 2014-2019 yılları arasında Adana Büyükşehir Belediyesi Tarım ve Hayvancılık Hizmetleri Dairesi Başkanlığında Danışmanlık görevlerinde bulunmuştur.

