

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN BİTKİ SU
TÜKETİMİNİN BUHARLAŞMA VE TERLEME BİLEŞENLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yasin Mohamed IBRAHİM

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN BİTKİ SU
TÜKETİMİNİN BUHARLAŞMA VE TERLEME BİLEŞENLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yasin Mohamed IBRAHİM

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN BİTKİ SU
TÜKETİMİNİN BUHARLAŞMA VE TERLEME BİLEŞENLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**Yasin Mohamed IBRAHİM
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN BİTKİ SU
TÜKETİMİNİN BUHARLAŞMA VE TERLEME BİLEŞENLERİNİN
BELİRLENMESİ

Yasin Mohamed IBRAHİM
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ TEZİ

Bu tez 14/01/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT

ÖZET

SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN BİTKİ SU TÜKETİMİNİN BUHARLAŞMA VE TERLEME BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

Yasin Mohamed IBRAHİM

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Ocak 2022; 60 sayfa

Bu çalışmada farklı sulama suyu düzeylerinde yetiştirilen kıvrıkcık marulda (*Lactuca sativa* var. Caipira) evapotranspirasyon (ET_c) bileşenlerinden olan evaporasyon (E) ve transpirasyon (T) miktarlarının ayrı ayrı hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla yürütülen çalışma 2020 yılı güz yetiştirme döneminde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında bulunan plastik serada 16.10.2020-22.12.2020 tarihleri arasında tesadüf parseller deneme deseninde yürütülmüştür. E ve T'yi ayrı ayrı hesaplamak amacıyla üzerinde bitki olan ve olmayan saksılar kullanılmıştır. Su stresinin ET ve bileşenlerine olan etkisinin incelenmesi amacıyla araştırmada 3 farklı sulama suyu seviyesi (I_{100} : Tam sulanan konu (%100), I_{66} : I_{100} konusuna uygulanan suyun %66'sının uygulandığı konu ($I_{100} \times 0.66$) ve I_{33} : I_{100} konusuna uygulanan suyun %33'ünün uygulandığı konu ($I_{100} \times 0.33$)) seçilmiştir. Deneme süresince saksılar en fazla iki günde bir tartılmış ve I_{100} konusunda elverişli kapasitenin %30-40'ı kadar su eksildiğinde tüm konularda sulama yapılmıştır. Tam sulama konusuna uygulanması gereken su miktarı eksilen nemin tarla kapasitesine getirilmesini sağlayacak şekilde kontrollü olarak yapılmıştır. Araştırmada bitkiden meydana gelen terleme doğrudan ölçülerek ($T_{r(o)}$) ve modelle tahmin edilerek ($T_{r(e)}$) iki yöntem ile belirlenmiştir. $T_{r(o)}$ ve $T_{r(e)}$ arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki elde edilmiştir. Fakat bu ilişkinin artan su stresine bağlı olarak azaldığı da saptanmıştır. Araştırmada topraktan olan buharlaşma, çıplak topraktan (E) ve bitkili saksılarda örtü yüzdesi dışında kalan alanlarda meydana gelen buharlaşma (E_s) olmak üzere iki biçimde belirlenmiştir. Araştırmada su stresinin, marul bitkisinin bitki boyu, kök uzunluğu, örtü yüzdesi, yaprak alan indeksi (LAI), yaprak sayısı, yaş ve kuru baş ağırlığı ile kök ağırlığını önemli düzeyde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır ($p < 0.01$). Araştırmada farklı sulama suyu düzeylerinde E_s/ET_c ve LAI arasındaki ilişkiler de incelenmiş olup tüm sulama konularında üstel bir ilişki belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan yöntem ve bölge koşullarına göre kalibre edilen modellerin, marul bitkisinin ET değerini tahmin etmek ve ET'yi bileşenlerine ayırmak için güvenle kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Evaporasyon, Evapotranspirasyon, Model, Transpirasyon, Yaprak alan indeksi

JÜRİ: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT

ABSTRACT

DETERMINATION OF EVAPORATION AND TRANSPIRATION COMPONENTS OF CROP EVAPOTRANSPIRATION OF LETTUCE GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Yasin Mohamed IBRAHIM

MSc Thesis in Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

January 2022; 60 pages

This study aimed to separately compute the evapotranspiration (ET_c) components of curly lettuce (*Lactuca sativa* var. Caipira) grown under different irrigation levels into evaporation (E) and transpiration (T). For this purpose, the study was carried out in the autumn growing season in 2020 in a plastic greenhouse located in the experimental area of Akdeniz University Faculty of Agriculture in a randomized plot design between 16.10.2020 and 22.12.2020. In order to investigate the effect of water stress on ET and its components, three different irrigation water levels (I_{100} : for full irrigation treatment (100%), I_{66} for 66% ($I_{100} \times 0.66$) and I_{33} for 33% ($I_{100} \times 0.33$)) were selected. During the experiment, the pots were weighed at most once every two days, and irrigation was carried out in all treatments when 30-40% of the water holding capacity in I_{100} declined. The amount of water required to be applied to the all irrigation treatments was conducted in a controlled manner to ensure that the depleted moisture was brought to the field capacity. In the research, plant transpiration was determined by using two methods by directly measuring ($T_{r(o)}$) and by predicting with a model ($T_{r(e)}$). A strong positive relationship was obtained between $T_{r(o)}$ and $T_{r(e)}$. However, it was also found that this relationship decreased with the increment of water stress. In the research, evaporation from the soil was determined in two ways: evaporation from bare soil (E) and evaporation from planted pots (E_s) except the area covered by percentage of plant cover. In the research, it was concluded that water stress significantly affected the lettuce plant height, root length, cover percentage, leaf area index (LAI), number of leaves, fresh and dry head weights and root weights ($p < 0.01$). In the research, an exponential relationship between E_s/ET and LAI was found in all treatments. According to the method used in the research and the conditions of the region, it was concluded that the calibrated models can be used for accurate prediction of lettuce ET values and partitioning of ET into its components.

KEYWORDS: Evaporation, Evapotranspiration, Model, Transpiration, Leaf area index

COMMITTEE: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT

ÖNSÖZ

Tarımsal üretimin en kritik ve en önemli girdilerinden biri olarak kabul edilen su gıda güvenliğinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Sulu tarım, tarımsal üretimin % 20'sine katkıda bulunur ve dünya çapındaki toplam gıda üretiminin yüzde 40'ını temsil etmektedir. Sulama aynı zamanda yüksek verimli ve kaliteli gıda üretimi için de oldukça önemlidir. Ancak, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde dünya nüfusunun artması ve sanayileşme suyun tarımsal amaçlı kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle suyun en etkin biçimde kullanılması oldukça önemlidir. Bitki su tüketimi (ET), sulama sistemlerini tasarlamak, en uygun sulama programlamasını hesaplamak ve bitki su durumunu iyileştirmek için kullanılan önemli araçlardan biri olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla tarımsal amaçlı kullanılan suyu korumak amacıyla bitki su tüketiminin hassas düzeyde belirlenmesi gerekmektedir.

Bitkinin su durumu hakkında yeterli bilgiye sahip olmak için ET'nin bileşenlerine (evaporasyon ve transpirasyon) ayrılması oldukça önemlidir. Bu bağlamda, bu çalışmanın sera koşullarında yetiştirilen kıvrıkcık marul bitkisinden elde edilen ET değerlerinin bileşenlerine ayrılması konusunda literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Bana bu araştırma olanağını sağlayan, önerileri ile beni yönlendiren ve çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tanıdığım günden beri maddi ve manevi olarak varlığını her zaman yanımda hissettiğim, bilgi ve deneyimleriyle adeta bana rehber olan kıymetli hocam Dr. Cihan KARACA'ya şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında beni cesaretlendirerek hiçbir desteği benden esirgemeyen değerli hocalarım, Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ ve Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT'e yaptıkları katkılardan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu süreçte en az benim kadar emek veren ve beni hiç bir zaman yalnız bırakmayan kıymetli arkadaşlarım, Ahmed Mubarak AHMED, Mehmet KIYAR ve Süleyman Şehir'e teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezi hayatımın her aşamasında beni sevgi ve sabırla destekleyen annem Sahira Abukar ve babam Mohamed IBRAHİM'e ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Marul Bitkisinde Su-Verim İlişkileri	4
2.2. ET'nin Bileşenlerine Ayrılması İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	6
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Araştırma yeri ve iklim özellikler	13
3.1.2. Denemede kullanılan saksıların özellikleri	13
3.1.3. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri	14
3.1.4. Denemede kullanılan sulama suyunun özellikleri.....	14
3.1.5. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal	15
3.1.6. Sera içi iklim verilerinin elde edilmesi	15
3.1.7. Kültürel uygulamalar.....	15
3.2. Metot	15
3.2.1. Saksı toprağının hazırlanması ve fide dikimi.....	15
3.2.2. Araştırma konuları ve deneme deseni	16
3.2.3. Toprak su içeriğinin takibi ve evapotranspirasyon (ET), evaporasyon (E) ve transpirasyon (T) miktarlarının belirlenmesi.....	17
3.2.4. Su kullanım randımanının belirlenmesi	19
3.2.5. Yetiştirme dönemi içindeki bitki ölçümleri	19
3.2.6. Hasat sonrası ölçümler	21
3.2.7. İstatistiksel analizler.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. İklimsel Değerlere İlişkin Bulgular.....	23
4.1.1. Sıcaklık.....	23
4.1.2. Bağlı nem	24

4.2. Su Bütçesi Bileşenleri	25
4.2.1. Araştırmada uygulanan sulama suyu miktarları ve sulama uygulamalarının tarihleri	25
4.2.2. Araştırmada farklı sulama konularındaki saksı ağırlıklarının değişimi	26
4.2.3. Farklı sulama konularında marul bitkisinin günlük bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin değişimi	28
4.2.4. Farklı sulama konularında bitkisiz saksılardan meydana gelen evaporasyon (E) ve bitkili saksılardan meydana gelen evaporasyon (E_s) değerlerinin değişimi	29
4.2.5. Farklı sulama konularında marul bitkisinin ölçülen ($T_{r(o)}$) ve model ile tahmin edilen ($T_{r(e)}$) günlük transpirasyon değerlerinin değişimi	31
4.2.6. Farklı sulama konularında marul bitkisinin bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi	34
4.2.7. Farklı sulama konularında marul bitkisine ait E_s/ET ve LAI arasındaki ilişkiler	36
4.3. Farklı Sulama Konularında Bazı Büyüme ve Verim Parametrelerin Sezonluk Değişimi	38
4.3.1. Farklı sulama konularında bitki boyunun sezonluk değişimi	38
4.3.2. Farklı sulama konularında yaprak alan indeksinin (LAI) sezonluk değişimi	39
4.3.3. Farklı sulama konularında örtü yüzdesinin sezonluk değişimi	39
4.3.4. Farklı sulama konularında kök ağırlığı ve kök uzunluğunun sezonluk değişimleri	40
4.3.5. Farklı sulama konularında baş ağırlığının sezonluk değişimi	41
4.3.6. Farklı sulama konularında yaprak sayısının sezonluk değişimi	42
4.4. Farklı Sulama Konularının Büyüme ve Verim Parametrelerine Etkisi	42
5. SONUÇLAR	46
6. KAYNAKLAR	47
7. EKLER	54
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sera Koşullarında Yetiştirilen Marul Bitkisinin Bitki Su Tüketiminin Buharlaştırma ve Terleme Bileşenlerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/01/2022

Yasin Mohamed IBRAHİM

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ΔS	: Topraktaki nem miktarının değişimi
A	: Alan
Ca^{++}	: Kalsiyum
Cl^-	: Klor
$CO^=$	: Karbonat
D	: Drene olan su miktarı
d	: Willmott indeksi
EC_e	: Toprak saturasyon çamurundan elde edilen suyun elektriksel iletkenliği
E	: Bitkisiz saksılardan meydana gelen evaporasyon
E_s	: Bitkili saksılardan meydana gelen evaporasyon
ET	: Bitki su tüketimi
ET_c	: Gerçek bitki su tüketimi
f_c	: Bitki örtüsünün fraksiyonunu
HA	: Hacim ağırlığı
HCO_3^-	: Bikarbonat
I	: Sulama suyu miktarı
I_{100}	: Tam sulanan konu (%100)
I_{66}	: I_{100} konusuna uygulanan suyun %66'sının uygulandığı konu ($I_{100} \times 0.66$)
I_{33}	: I_{100} konusuna uygulanan suyun %33'ünün uygulandığı konu ($I_{100} \times 0.33$)
K^+	: Potasyum
K_c	: Bitki katsayısı
K_{cb}	: Bazal bitki katsayısı
kg	: Kilogram
LAI	: Yaprak alanı indeksi
MBE	: Ortalama taraflı hata
Mg^{++}	: Magnezyum
mm	: Milimetre
n	: Yaprak sayısı
N	: Azot
Na^+	: Sodyum

R_i	: Yetiştirme döneminin i'nci gününde bitki örtüsünün günlük radyasyon yakalama oranı
R^2	: Determinasyon katsayısı
RE	: Göreli Hata
RH	: Bağıl nem
RH_{mak}	: Maksimum bağıl nem
RH_{min}	: Minimum bağıl nem
RH_{ort}	: Ortalama bağıl nem
RSME	: Ortalama hatanın karesi
SA	: Saksı ağırlığı
S_2O_4	: Sülfat
SN	: Solma Noktası
T	: Transpirasyon
T_{mak}	: Maksimum sıcaklık
T_{min}	: Minimum sıcaklık
T_{ort}	: Ortalama sıcaklık
WUE	: Su kullanım etkinliği
Y_a	: Ortalama yaprak alanı

Tezde ondalık ayıraç olarak nokta (.) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

DSGS	: Dikimden Sonra Gün Sayısı
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
SAR	: Sodyum Adsorbsiyon Oranı
TAGEM	: Tarımsal Araştırma ve Politikalar Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan saksılar	16
Şekil 3.2. Bitkisiz ve bitkili saksılardaki nem değişimlerinin takibi	17
Şekil 3.3. DSGS 20. günde (04.11.2020) sökülen solda sağa doğru I_{33} , I_{66} ve I_{100} konusuna ait bitkiler	20
Şekil 3.4. DSGS 32. günde (16.11.2020) sökülen solda sağa doğru I_{33} , I_{66} ve I_{100} konusuna ait bitkiler	20
Şekil 3.5. DSGS 68. günde (22.12.2020) sökülen solda sağa doğru I_{33} , I_{66} ve I_{100} konusuna ait bitkiler	20
Şekil 3.6. Image J yazılımı ile yaprak alanlarının belirlenmesi	21
Şekil 4.1. Yetiştirme döneminde sera içindeki ölçülen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerleri	23
Şekil 4.2. Yetiştirme döneminde sera içindeki ölçülen maksimum, ortalama ve bağıl nem (%) değerleri	24
Şekil 4.3. Bitkisiz saksı grubundaki farklı sulama konularında toprak nem içeriğinin sezonluk değişimi	27
Şekil 4.4. Bitkili saksı grubundaki farklı sulama konularında toprak nem içeriğinin sezonluk değişimi	27
Şekil 4.5. Farklı sulama konularında ölçülen günlük ortalama ET_c değerleri	28
Şekil 4.6. Farklı sulama konularında bitkisiz saksılardan meydana gelen buharlaşma (E) miktarları	29
Şekil 4.7. Farklı sulama konularında bitkili saksılardan meydana gelen buharlaşma (E_s) miktarları	30
Şekil 4.8. Farklı sulama konularında ölçülen transpirasyon ($T_{r(o)}$) değerleri	31
Şekil 4.9. Farklı sulama konularında model ile tahmin edilen transpirasyon ($T_{r(e)}$) değerleri	32
Şekil 4.10. Farklı sulama konularında ölçülen ($T_{r(o)}$) ve model ($T_{r(e)}$) ile tahmin edilen transpirasyon değerinin bire bir çizgisi etrafındaki dağılımı	33
Şekil 4.11. Marul bitkisinin I_{100} sulama konusunda bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi	34
Şekil 4.12. Marul bitkisinin I_{66} sulama konusunda bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi	35

Şekil 4.13. Marul bitkisinin I ₃₃ sulama konusunda bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi	35
Şekil 4.14. Farklı sulama konularından elde edilen LAI değerleri ile E_s/ET_c arasındaki ilişkiler	37
Şekil 4.15. Farklı sulama konularında bitki boyunun sezonluk değişimi	38
Şekil 4.16. Farklı sulama konularında LAI'nın sezonluk değişimi	39
Şekil 4.17. Farklı sulama konularına ait bitkilerin örtü yüzdelerinin sezonluk değişimi	40
Şekil 4.18. Farklı sulama konularında kök ağırlıklarının sezonluk değişimi	40
Şekil 4.19. Farklı sulama konularında kök uzunluklarının sezonluk değişimi	41
Şekil 4.20. Farklı sulama konularında baş ağırlıklarının sezonluk değişimi	41
Şekil 4.21. Farklı sulama konularında yaprak sayısının sezonluk değişimi	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Antalya iline ait uzun yıllık ortalama iklim verileri	13
Çizelge 3.2. Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler	14
Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan sulama suyunun bazı özellikleri.....	14
Çizelge 3.4. Araştırmaya ait sulama konuları.....	16
Çizelge 4.1. Farklı sulama konularında bitkisiz saksılara ait sulama bilgileri	25
Çizelge 4.2. Farklı sulama konularında bitkili saksılara ait sulama bilgileri.....	25
Çizelge 4.3. Transpirasyon modelinin bazı performans değerleri	33
Çizelge 4.4. Yetiştirme döneminin sonunda farklı sulama konularının marul bitkisinin bazı büyüme parametrelerine olan etkisi	43
Çizelge 4.5. Yetiştirme döneminin sonunda farklı sulama konularının marul bitkisinin bazı verim parametrelerine olan etkisi	43

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler'in raporlarına göre artan nüfus nedeniyle gıda ve tarım ürünlerine olan talebin 2050 yılında %70'in üzerine çıkması beklenmektedir (Karaca 2020). Dolayısıyla bu nüfusun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir. Tarımsal üretimin gelecekteki nüfusun ihtiyaçlarını yeterince karşılayacak şekilde optimize edilmesinde sulama uygulamaları önemli bir yer tutmaktadır. Dünyanın birçok bölgesinde, gıda üretiminde sulama kilit rol oynamaktadır. Ayrıca, özellikle mevcut suyun sınırlı olduğu bölgelerde çiftçilerin gelirlerinin istikrara kavuşturulması açısından da sulama önemlidir. Öte yandan, dünyanın su kıtlığı ile karşı karşıya olduğu da bilinen bir gerçektir (Altobelli vd. 2016). Yaz aylarında kurak ve yarı kurak iklim ile karakterize edilen Akdeniz Bölgesi'nde su kaynaklarının %75'inin tarım için kullanıldığı bildirilmiştir (Gaaloul vd. 2020). Bu bölgelerde artan su kıtlığı, bitkisel üretimi etkileyen faktörlerin başında bulunmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarını optimum kullanmak için su kullanım etkililiğini arttırmak gerekmektedir (Kang vd. 2009).

Bitki-su ilişkisini toprak ve iklim faktörleriyle ilgili olarak derinlemesine anlamak, suyun bitkiler tarafından verimli kullanılması açısından önemlidir. Bu nedenle, sınırlı su ile tarımsal üretimi artırmak için bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) kavramının iyi anlaşılması gerekmektedir. Evapotranspirasyon hidrolojik döngünün yaklaşık %60'ına (Anderson vd. 2017) ve kurak alanlardaki su dengesinin %95'ine (Kool vd. 2014) tekabül etmektedir. Evapotranspirasyon (ET), toprak buharlaşması (E) ve bitki terlemesi (T) olmak üzere iki farklı bileşenden meydana gelmektedir. Evapotranspirasyonun bileşenleri (E ve T) farklı süreçler tarafından kontrol edilmektedir. Terleme, atmosferin buharlaşma talebi ve bitki fizyolojisi, özellikle yaprak stomaları tarafından kontrol edilmektedir. Çünkü, bitki atmosferdeki karbondioksiti sabitlerken, su buharının stomalardan atmosfere difuze olmasını sağlamaktadır. Hava yağışlı ve bulutlu olduğunda bitki yapraklarının stomaları kapanır ve stomaların kapanmasıyla terleme azalmaktadır. Buharlaşma, bitki dokularında meydana gelen biyolojik süreçten etkilenmez, sadece fiziksel faktörlerden (güneş radyasyonu, sıcaklık, toprağın nemi) etkilenmektedir (Lu vd. 2017).

Evapotranspirasyon (ET), yaygın olarak tanınan bir tarımsal meteorolojik unsurdur ve ölçümü sürdürülebilir su yönetimi için kritik öneme sahiptir. Tarımsal üretim amaçlı kullanılan suyun daha verimli kullanılması amacıyla sulama programlaması için gerekli en önemli parametredir. Bitki örtüsüyle kaplı alandan ET'nin belirlenmesi, su dengesini hesaplamak ve su gereksinimlerini tahmin etmek için bir araç olarak kullanılmaktadır (Labedzki 2011). ET'nin tahmin edilebilmesi için hidrolojik ve meteorolojik birçok parametreye ihtiyaç duyulmaktadır (Labedzki 2011). İklim parametreleri, bitki özellikleri, kültürel uygulamalar ve çevresel koşullar (Allen vd. 1998), ET'yi tahmin etmede dikkate alınması gereken ve ET'yi etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.

ET'nin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için kullanılan çok sayıda matematiksel yöntem ve model geliştirilmiş olup Penman-Monteith, A sınıfı Buharlaşma kabı, Kimberly-Penman, Priestley-Taylor, Hargreaves, Samani-Hargreaves ve Blaney-Cridle en yaygın yöntemler olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemlerin ihtiyaç duyduğu iklim parametreleri farklı olmakla birlikte bazı yöntemler çok sayıda iklimsel

parametreye ihtiyaç duyarken, bazıları ise tek bir iklim parametresi ile kullanılabilmektedir (Sönmez ve Tahmiscioğlu 2017). Allen vd. (1998) 1948'de Penman'ın açık su yüzeyinden olan buharlaşmayı, enerji dengesi ve kütle dengesi yöntemlerini beraber kullanarak hesapladığını belirtirken, bu amaçla sıcaklık, solar radyasyon, bağıl nem, rüzgar hızı parametrelerinin kullanıldığını ifade etmişlerdir. Allen vd. (1998) ise kombinasyon yöntemleri geliştirmiş ve modelleri yüzey direnci faktörleri ekleyerek modifiye etmişlerdir. FAO Penman-Monteith'in referans evapotranspirasyon (ET_0) tahmininde yüksek performans gösterdiğini bildirilmişlerdir.

ET'yi bileşenlerine ayırmak için deneysel yöntemler, modelleme veya simülasyon yöntemleri en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. ET'yi bu yöntemlerle bileşenlerine ayırmak günümüz teknolojisinde dahi oldukça zordur. Evapotranspirasyonu ayırmak için en yaygın kullanılan yöntemler (bitki özsuyu akışı, Bowen oranı, mikrolizimetreler ve eddy kovaryans yöntemi) yalnızca belirli bir uzaysal temsille sınırlıdır. Önceki çalışmalarda deneysel yöntemler arasında yer alan kararlı hidrojen ve oksijen izotopu yönteminin, ET'nin mekansal temsilinden bağımsız olarak ayrılması için kullanılabileceği ifade edilmiştir (Rothfuss vd. 2010). Araştırmacılar, mısır bitkisinin ET, E ve T değerlerini hesaplamak amacıyla lizimetreler ve bowen enerji dengesi yöntemlerini kullanmışlardır (Tian vd. 2016).

ET'yi bileşenlerine ayırmak için kullanılan yöntemler hem sera hem de tarla koşullarında kullanılabilmektedir. Deneysel yöntemlerden bazıları sadece T'yi (özsuyu akış yöntemi (sap flow)) ölçmek için kullanılırken, bazıları ise (lizimetreler, mikro lizimetreler ve saksılar) ise hem T hem de E'yi belirlemek için kullanılabilmektedir. ET'yi bileşenlerine ayırmak için geliştirilen deneysel yöntemlerin çoğu, maliyetli ekipman gerektirmektedir. Bu nedenle, araştırmacılar buharlaşma ve terlemeyi ayrı ayrı tahmin etmek için tahmin modelleri geliştirmişlerdir. Bu modeller, FAO tek ve çift bitki katsayısı, Shuttleworth-Wallace modeli ve bitki örtüsü ile güneş radyasyonu verileri kullanılarak geliştirilen modelleri içermektedir (Hernandez-Suarez 1988; Gallardo vd. 1996a; Tian vd. 2016). Ancak bu modellerden bazılarının, kullanılması oldukça zor, pahalı ve deneyimli iş gücü gerektiren bazı parametrelere ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, bu yöntem ve modellerden alınan ölçümlerin doğruluğunu ve geçerliliğini sağlamak için başka yöntemlerle karşılaştırılması gerekmektedir. FAO-56 dual bitki katsayısı ve Shuttleworth-Wallace yöntemleri, E, T ve ET'nin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılan modeller arasında kabul edilmektedir. FAO dual bitki katsayısı açık alanlarda temel bitki katsayısı (K_{cb}) aracılığıyla ET'yi E ve T'ye ayırmak için kullanılabilmektedir. Ancak bu yöntemle elde edilen sonuçların hatalı olabileceği bildirilmiştir. Shuttleworth-Wallace, özellikle sera koşullarında birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Bu yöntem, bitkinin yetiştirildiği topraktan ve bitki yüzeyinden ısı ve kütle transferini ve ayrıca aerodinamik direnci düzenlemek için yüzey direncini kullanarak ET'yi bileşenlerine ayırmaktadır (Huang vd. 2020).

Lizimetreler ve mikrolizimetreler gibi saksılar da ET, E ve T'yi ölçmek için kullanılan gereçler olarak kabul edilmektedir. Literatürde görülebileceği gibi, araştırmacılar bitki terlemesini ve ET oranını ölçmek için malçlı saksıları kullanmışlardır (Abu-awwad 1998; Kadayifci vd. 2004). Zhou vd. (2017) ET'yi bileşenlerine ayırmak amacıyla saksılara malç uygulayarak saksı toprağından meydana gelecek E'yi engellemişler ve böylece sadece T'yi belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca çalışmalarında özsuyu akış yöntemini kullanarak da T'yi hesaplamışlar ve saksılardan elde ettikleri

değerlerle karşılaştırmışlardır. Lu vd. (2018) saksılar ve lizimetreler ile ölçülen ET'yi karşılaştırmış, saksılar ve lizimetreler ile ölçülen ET arasında bir tutarsızlık olduğunu bildirmişlerdir. Yetiştirme ortamının toprak suyu durumundaki değişiklikler, besin ve oksijen miktarları, bitki büyümesi, bitki kök gelişimini sınırlayıcı etmenlerin varlığı, saksı ve tarla koşulları arasında önemli farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Lu vd. 2018).

Marul, dünyada en çok tüketilen sebzelerden biridir ($22.5 \text{ gr kişi}^{-1} \text{ gün}^{-1}$) ve ihtiyaç duyulan bazı besin maddeleri (kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, manganez, bakır ve çinko gibi) açısından oldukça zengin olması günlük diyet için önem arz etmektedir (Pinto vd. 2015). Literatürde marul gübrelemesi ve bitki koruma ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Sulama araştırmaları (Yazgan vd. 2006; Acar vd. 2008; Bozkurt vd. 2009; Yıldırım vd. 2015) daha çok A Sınıfı buharlaşma kaplarına dayalı sulama programlarının oluşturulmasına ve bunların belirlenmesine odaklanmıştır. Escarabajal-Henarejos vd. (2015) sulama otomasyonunda kullanılmak üzere bitki kök gelişimini incelemiş ve marul bitkisinin köklerinin ilkbahar ekim döneminde 20.2 cm'ye, sonbaharda ise 28.5 cm'ye kadar ulaştığını belirlemişlerdir. Kadayıfçı vd. (2004), malçlı ve malçsız uygulama ile farklı sulama suyu seviyelerinde cam seralarda saksıda yetiştirilen marulların T/ET ve E/ET oranlarını belirlemişlerdir. Ancak literatürde, bitki ağırlığı ile bitki büyüme parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi, ayrıca büyüme döneminde marul bitkisinin bitki su tüketiminin E ve T bileşenlerine ayrılması ve bu bileşenlerin bitki büyüme parametreleri ile ilişkilendirilmesine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, plastik sera koşullarında 3 farklı sulama suyu seviyesinde (I_{100} , I_{66} ve I_{33}) marul bitkisine ait her bir ET bileşeninin (E ve T) ayrı ayrı belirlenmesi amaçlanmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca E/ET oranı ile yaprak alan indeksi ve bitki örtü yüzdesi arasındaki ilişki incelenmiştir. T'nin iklime dayalı bir yöntemle daha kolay tahmin edilebilmesi amacıyla daha önce Hernandez-Suarez (1988) tarafından deneysel olarak geliştirilen model kullanılmış ve doğrudan ölçüm yöntemiyle elde edilen T değerleri yardımıyla bu yetiştirme koşullarına göre kalibre edilen modelin performansı incelenmiştir. Ayrıca bu çalışmayla kısıntılı sulamanın marul bitkisinin bazı gelişim parametreleri ve verimine olan etkisinin araştırılması da amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Nüfus artışı, iklim değişikliği ve tarımsal amaçlı kullanımının artması nedeniyle su talebi her geçen gün artmaktadır. İklim değişikliği, suyun azalmasına ve kuraklıklara neden olmaktadır (Okello vd. 2015). Dünya nüfusunun yaklaşık %1.3'ü temiz su bulamamakta, yaklaşık 2 milyar insan ise yeterli suya ulaşamamaktadır (Türkeş 2001). 2050 yılında dünya nüfusunun 9.8 milyar olacağı tahmin edilmektedir (Karaca vd. 2018). Dolayısıyla mevcut su kaynaklarının artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılaması amacıyla çeşitli önlemler alınmalıdır. Mevcut tatlı su kaynaklarının %70'i tarımsal amaçlı kullanılmaktadır (FAO 2017; Michelin vd. 2020). Bu nedenle mevcut su kaynaklarından en yüksek düzeyde yararlanmak için tarımsal amaçlı su kullanımının bilimsel temellere dayalı olarak planlanması gerekmektedir.

Tarımsal amaçlı su kullanım yüzdesi, şehir ve sanayi amaçlı kullanımda artan talep nedeniyle hızla azalmaktadır. Tarımsal üretimde bitki kök bölgesinde azalan suyun bitkinin verim ve kalite parametrelerini etkilememesi amacıyla sulama yapılmaktadır. Bu nedenle su kullanım randımanını artırmak için yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Sulama suyu yönetimini geliştirmek için kullanılabilecek birçok yol vardır. Sulama teknolojileri, sulama suyunun randımanı artırmanın yollarından biridir. Tarımda en büyük su kaybı geleneksel yüzey sulama yöntemlerinin kullanılmasıdır. Bu nedenle damla ve yağmurlama sulama yönteminin seçilmesi, su kullanım randımanını artırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, su kullanım randımanını artırmak için sulama programı yaklaşımlarının geliştirilmesi gereklidir (Kirda 2002). Kısıntılı sulama, çıplak toprakta buharlaşma yoluyla meydana gelen su kaybının azaltılarak su kullanım randımanını en üst düzeye çıkarmak için kullanılan bir tekniktir. Kısıntılı sulama sadece bitki su kullanım randımanını en üst düzeye çıkarmak için değil, aynı zamanda verim kalitesinin de artması açısından oldukça önem arz etmektedir. Araştırmacılar, farklı sulama seviyelerine maruz kalan bir bitkinin verimini ve kalitesini evapotranspirasyon yoluyla kaybedilen su miktarı ile karşılaştırmakta ve maksimum su kullanım randımanı ile en yüksek bitki verimini sağlayan sulama seviyesini tercih etmektedir (Kirda 2002; Tejero vd. 2011).

2.1. Marul Bitkisinde Su-Verim İlişkileri

Asteraceae familyasında olan Marul (*Lactuca sativa* var. *Caipira*) dünyanın birçok bölgesinde özellikle ilkbahar ve sonbaharda her mevsim yetiştirilebilen yapraklı bir sebzedir. Bu nedenle dünyada yaygın olarak tüketilen salatalardan biri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca ekonomik açıdan değerli olan marul, başta A vitamini ve potasyum olmak üzere iyi bir mineral ve vitamin kaynağıdır. Dünyada marul üretimi 2017 yılında 2686655 tona ulaşmıştır. Marul üretiminin en fazla olduğu ülkeler sırasıyla Çin, Hindistan, ABD, İspanya, İtalya ve Türkiye'dir. (Shatilov vd. 2019; Esguerra vd. 2020). Türkiye'de marul bitkisinin üretimi hızla artmakta olup 2016 yılında yaklaşık 478442 ton, üretim yapılan arazi ise 22156 da'a ulaşmıştır (Şahin ve Albayratı 2018). Marul bitkisinde üretim artışı yeterli sulama yönetimine bağlıdır. Arıtılmış atık suyun marul sulamasında da kullanılabileceği bildirilmiştir. Arıtılan atık suyun bitki verimini önemli ölçüde azaltmadığı ancak marul bitkisinin nitrat içeriğini arttırdığı bulunmuştur (Zavadil 2009).

Yazgan vd. (2008) ısıtmasız bir serada kısıntılı sulamanın marul verimine etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma 2007 yılında Bursa'da Uludağ

Üniversitesi Yenişehir Lisesi Tarımsal Araştırma İstasyonunda yapılmıştır. Marul bitkisine sulama suyu, iki günde bir A Sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşmanın %100, 75, 50, 25 ve 0'ı olacak şekilde uygulanmıştır. Araştırmacılar marul bitkisinin su tüketiminin 78 ile 511 mm arasında değiştiğini bildirirken, araştırma boyunca 51.4 ile 484.5 mm arasında sulama suyu uygulamışlardır. Bitki verimi, kuru madde miktarı ve ortalama yaprak sayısının uygulanan sulama suyu miktarından etkilendiği belirtilmiştir.

Mohamoud (2019) Akdeniz Üniversitesi'nde plastik sera koşullarında farklı su stresi seviyelerinin bazı kıvrıkcık ve göbekli marul çeşitlerinde bitki verim ve kalitesine olan etkisini araştırmak için bir çalışma yürütmüştür. Araştırmada A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşmaya dayalı olarak dört farklı sulama suyu konusu (%125, %100, %75 ve %50) ve geleneksel damla sulama ile ardışık yarı ıslatma sulama olmak üzere iki farklı sulama yöntemi denenmiştir. Araştırmacı bitki verim ve kalite parametrelerinin su stresinden önemli düzeyde etkilendiğini bildirmiştir.

Santosh, vd. (2017) farklı sulama suyu seviyelerinin sera ve açık alanda yetiştirilen marul bitkisinin verimine etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada FAO-56 Penman Monteith eşitliğine bağlı olarak sera koşulları için beş farklı sulama konusu (%120, %100, %75 ve %50) ve açık alanda bir sulama konusu (%100) denemişlerdir. Araştırmacılar sera dışına kıyasla sera içindeki tam sulama konusundaki bitki boyu, baş çapı, yaprak sayısı, yaprak yaş ağırlığı, kuru yaş ağırlığı ve verim miktarlarının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca uygulanan sulama suyu miktarlarının bitki verim ve kalite parametrelerini etkilediğini ifade etmişlerdir.

Kuslu vd. (2008) Erzurum ilinde kıvrıkcık marulda kısıntılı sulamanın evapotranspirasyon, su kullanım randımanı (WUE), verim bileşenleri ve mineral içerikleri üzerine etkilerini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada kontrol konusu (T-100) ile birlikte beş farklı sulama konusu (T-100'ün %80'i, %60'ı, %40'ı ve %20'si) denenmiştir. Araştırmacılar tam sulama konusunda, etkili kök derinliğinde (30 cm) mevcut toprak neminin yaklaşık %30'u tüketildiğinde eksilen miktar kadar sulama suyu uygulamışlardır. Çalışmada en yüksek ve en düşük verim ve bitki parametreleri değerleri sırasıyla tam sulama (T-100) ve T-20 sulama uygulamasından elde edilmiştir. Öte yandan araştırmacılar, 2006 yılında uygulanan sulama suyu miktarının 2005 denemesine göre daha yüksek olduğunu ve yıllar arasında verim farkının ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Bu farklılığın sebeplerinin farklı iklim koşullarından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar uygulanan sulama suyu seviyesinin bitki boyu, baş çapı, bitki su tüketimi, yaprak sayısı ve makro ve mikro element içeriğini önemli düzeyde etkilediğini ve bu parametreler için en düşük değerlerin T-20 konusundan elde edildiğini saptamışlardır.

Aydınsakir vd. (2019) Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde güz ve bahar dönemlerinde, cam sera içindeki topraksız yetiştirme ortamında farklı azot ve sulama seviyelerinin marul bitkisinin verim ve kalitesine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, seraya ulaşan solar radyasyon miktarına bağlı olarak sulama programlaması yapmışlardır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar kısıntılı sulamanın marul verimini istatistiksel anlamda etkilemediğini göstermektedir. Ayrıca farklı muamelelere bağlı olarak marul bitkisinin verimini sırasıyla güz döneminde 354 ve 472 gr bitki⁻¹ ve ilkbahar döneminde 333 ve 611 g bitki⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Acar vd. (2008) Konya'da sera koşullarında farklı sulama ve azot düzeylerinin marul verim özelliklerine etkisini belirlemek için yürüttükleri çalışmada sulama konularını A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmaya dayalı olarak (%60, %80 ve %100) belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları en yüksek baş ağırlığı ve pazarlanabilir baş ağırlığının sırasıyla 355.17 ve 334.78 g bitki⁻¹ olarak tam sulama uygulamasında (%100) elde edildiğini göstermektedir.

Şeniyigit ve Kaplan (2013) Isparta'da plastik sera koşullarında farklı sulama seviyelerinin Yedikule marul çeşidinin verim ve bazı kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. Sulama konuları A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarına dayalı olarak belirlenmiştir ve altı farklı sulama konusu seçilmiştir (%0, %25, %50, %75, %100 ve %125). Araştırmacılar, deneme boyunca farklı sulama konularına bağlı olarak 0 ila 106.3 mm arasında sulama suyu uygularlarken ET'nin sırasıyla 69.1 ila 158.5 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmada en yüksek bitki verimi, bitki kalitesi ve su kullanım randımanı %100 sulama uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmacılar, marul bitkisine aşırı su uygulanmasının verim azalmasına ve düşük su kullanım randımanına neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Kırnak vd. (2016) sera koşullarında gerçekleştirilen, farklı sulama suyu miktarlarının hem marul bitkisi verimini hem de baş çapı, bitki boyu gibi bitki gelişim parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini ifade etmişlerdir. Sahin vd. (2016) ise kısıntılı sulama uygulamalarıyla bitkide yüksek mineral ve antioksidan içeriği elde edilebileceğini bildirmişlerdir.

2.2. ET'nin Bileşenlerine Ayrılması İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Evapotranspirasyon, toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) ve bitkiden meydana gelen terlemenin (transpirasyon) birleşimi olarak tanımlanmaktadır. E, sıvı moleküllerin (su) gaz haline dönüşmesi olayıdır. Bu olayın gerçekleşmesi için enerji gerekmektedir ve solar radyasyon bu enerjinin başlıca kaynağı olarak kabul edilmektedir. Topraktan meydana gelecek E miktarı, bitki örtüsünün özelliği ve solar radyasyon miktarından etkilenmektedir. Bitki yapraklarının toprak yüzeyi ile atmosfer arasına girmesi sonucunda, solar radyasyon toprak yüzeyine ulaşamaz ve E miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Buna karşı gölgelemenin düşük olduğu ve solar radyasyonun doğrudan toprak yüzeyine ulaşmasıyla ise E miktarı artmaktadır. T ise, bitki dokusunda bulunan su moleküllerinin, yaprakların stomalarından atmosfere aktarılması olayıdır. T sulama yönetimi, bitki özellikleri, kültürel uygulamalar ve iklimsel koşullardan etkilenmektedir. T ve E'nin bileşiminden meydana gelen ET'nin bileşenlerine kolayca ayrılmasının zor olduğu kabul edilmektedir (Allen vd. 1998; Sterlin 2005). Bu nedenle ET bileşenlerinin ayrı ayrı belirlenmesi amacıyla çok sayıda çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir.

ET'nin bileşenleri olan E ve T'nin ayrı ayrı belirlenmesi, su kullanım etkinliği de dahil olmak üzere birçok hidrolojik amaç için önemlidir (Anderson vd. 2017). ET'nin bileşenlerine ayrılması, bitki su durumunun ve bitkiler ile çevre arasındaki ilişkinin derinlemesine anlaşılmasını sağlamaktadır (Li vd. 2019). ET, toprak, bitki, atmosfer koşulları ve kültürel uygulamalardan önemli düzeyde etkilenmektedir. Bu duruma bağlı olarak da ET'nin E ve T bileşenlerine ayrılması oldukça zordur. Bu nedenle önceki çalışmalar, ET'nin bileşenlerine ayrılması ile ilgili çok sayıda yöntemin kullanıldığı

göstermektedir. Bu yöntemler arasında özsuyu akışı ve izotopik yöntemler, ağırlık tipi lizimetre, mikrolizimetreler, çift bitki katsayısı yöntemi, Shuttleworth-Wallace (S-W) modeli ve Bowen oranı enerjisi dengesi modeli en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

ET'yi bileşenlerine ayırmak amacıyla ilk çalışmalar Ritchie (1972) ve Tanner ve Jury (1976) tarafından yapılmıştır. Ritchie (1972) bitkisel materyal olarak sorgum bitkisinin yetiştirildiği çalışmada E'yi belirlemek amacıyla çalışma yürütmüştür. Araştırmacı, E'yi tahmin etmek için bitki örtü yüzdesi, potansiyel evaporasyon (E_p), bitki tacına ulaşan net radyasyon ve yağış verilerini kullanarak bir model geliştirmiştir. Araştırmada model ile tahmin edilen E ile ağırlık tipi lizimetre ile ölçülen E arasında iyi bir uyum belirlenmiştir. Tanner ve Jury (1976), Priestley ve Taylor (1972)'in "potansiyel" ET formülü ile tutarlı olan "potansiyel" E ve T tahminlerine dayalı bir ET modeli geliştirmek ve test etmek amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar model ile tahmin edilen E'nin tahmin yöntemine bağlı olarak standart hata değeri 0.40 ila 0.94 mm gün⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Özsuyu akışı ve izotopik yöntemler ET'yi bileşenlerine ayırmak için kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Özsuyu akış yöntemleri ile yalnızca bitkilerden meydana gelen T ölçülebilmektedir. Fakat ölçmek amacıyla bitki gövdesine sabitlenen alıcılara sıcaklıktan etkilendiği için ölçüm hataları meydana gelebilmektedir. Bu nedenle bazı araştırmacılar özsuyu akış yöntemini kullanmak amacıyla bu yöntemle ölçülen değerleri diğer yöntemlerle kalibre ederek kullanmışlardır (Zhou vd. 2017). İzotopik yöntem ise, hem buharlaşma hem de terlemeyi hesaplamak için kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemin kullanılabilmesi için, toprak ve bitki yüzeylerinin üzerindeki buhar değişimlerinin bilinmesinin zorunludur. Kool vd. (2014), bitkilerin su buharı (H₂O) ve karbondioksit (CO₂) değişimi sırasında aldığı izotop fonksiyonunun belirlemiş ve bu değişimden yararlanarak buharlaşmanın stomatal iletkenlikten ölçtüğünü belirtmişlerdir. Ağırlık tipi lizimetreler, mikrolizimetreler ve saksılar, E ve T'yi ayrı ayrı ölçmek için tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Bu aletler, ET'yi ve ET'nin bileşenlerinden birini ölçmek için kullanılmaktadır. Araştırmacılar, ET, T ve E'yi ölçmek için bitkili ve bitkisiz saksılar veya lizimetreler kullanmaktadır. Bazen araştırmacılar E ve T'yi belirlemek için lizimetre ve mikrolizimetreyi birlikte kullanmaktadır. Nitekim Flumignan vd. (2011) bu amaçla lizimetre ve mikrolizimetreyi beraber kullanmışlardır. Bu yöntemlere ek olarak, E ve T'yi ayrı ayrı tahmin etmek için çift bitki katsayısı yöntemi, Shuttleworth-Wallace (S-W) modeli ve bitki örtü yüzdesi ve net radyasyona dayalı geliştirilen modeller kullanılmaktadır.

E'yi ET'den ayırma söz konusu olduğunda, araştırmacılar temel olarak bitki örtüsü altındaki toprağın buharlaşmasını incelemişlerdir. Ancak çıplak topraktan meydana gelen buharlaşmanın da dikkate alınması oldukça önemlidir. Çıplak toprak buharlaşması, özellikle bitkiler küçükken ve bitkinin yaprakları yaşlanmaya maruz kaldığında, bitki örtüsüyle kaplı olmayan toprakta meydana gelmektedir. Gallardo vd. (1996a), ET'nin çıplak topraklardan olan buharlaşma, bitki tacı altında olan buharlaşma ve bitkiden meydana gelen terleme olarak ayrı ayrı belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

E ve T arasındaki oranının bitki gelişim dönemine bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Nitekim Liu vd. (2002), kışlık buğday ve mısır çeşitlerinde bitki gelişim dönemlerine bağlı olarak E oranının değiştiğini belirlemişlerdir. Wei vd. (2014) ise mısır

bitkisinin ilk gelişim döneminde %72.5 olan E oranının hasat döneminde %15.8'e düştüğünü belirtmişlerdir

Solar radyasyon, bitki taç örtüsünün özellikleri ve sulama miktarı, ET'yi etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle bazı araştırmacılar ET'yi tahmin etmek amacıyla bu faktörlere bağlı olarak modeller geliştirmişlerdir. Hernandez-Suarez (1988) sulama programlaması için bitki örtü yüzdesine bağlı bir model geliştirmiştir. Araştırmacı, lizimetrelerde çeşitli bitkilerin ET'sini ölçmüş ve bitki kanopisi tarafından radyasyona bağlı olarak geliştirilen modelinin, lizimetrelerde ölçülen ET'yi yakından simüle ettiğini belirtmiştir. Gallardo vd. (1996a) bitki örtüsü tarafından yakalanan radyasyon yüzdesini belirleyerek ET'nin bileşenlerine ayrılabilceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, enerji ve su dengesi yöntemlerini kullanarak modellenen ET_c ile ölçülen ET arasında iyi bir uyum olduğu bildirmişlerdir.

Sebze bitkilerinde, özellikle marul bitkisinde, ET'nin bileşenlerine ayrılmasıyla ilgili yayınlanmış literatür çok azdır ve yürütülen araştırmalar yaygın olarak T/ET oranını bulmaya odaklanmıştır. Sammis vd. (1990) su bütçesi yöntemini kullanarak altı farklı sulama seviyesinde marul bitkisine ait T, E ve ET miktarlarını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, T'nin en yüksek sulama konusundan en düşük sulama konusuna doğru 107 mm'den 20 mm'ye kadar düştüğünü, E'nin ise 76 mm'den 58 mm'ye kadar düştüğünü belirlenmişlerdir. Ayrıca bu çalışma E ve T arasındaki oranın sulama seviyesine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Araştırmada uygulanan sulama suyu seviyesi azaldıkça T'nin ET içindeki oranında düşüş meydana geldiği ifade edilmiştir

Heinen ve Van Moolenbroek (1994) marul bitkisinde malç uygulamasına bağlı ET'nin bileşenlerine ayrılması amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, ET'nin bileşenlerinden olan T'yi malçlanmış parsellerden belirlerken ET'yi malç uygulaması yapılmamış parsellerden belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları, T ve E nin ET içindeki oranlarının sırasıyla %55 ile %45'olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar bitki gelişim döneminin başında bitki kök bölgesinden E ile kaybedilen su miktarının ET'nin yaklaşık %90'ı olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar bitki boyutu, solar radyasyon ve ısı denklemi modeline bağlı olarak E ve T'yi tahmin etmek amacıyla regresyon analizi yapmışlardır. Ancak araştırmacılar bu sınırlı veri setlerine dayanan regresyonlardan elde edilen sonuçları, her zaman ekstrapolasyon veya enterpolasyon için kullanılamayacağını ifade etmişlerdir.

Gallardo vd. (1996a) marul bitkisinde farklı büyüme dönemlerinde bitki gelişimini tahmin etmek için çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, farklı gelişim dönemlerindeki marul bitkisinin ET miktarlarını tahmin etmek amacıyla kıyas bitki su tüketimi (ET₀) ve bitki örtüsünün fraksiyonuna dayalı model geliştirmişlerdir. Modelde T, bitki örtüsü tarafından yakalanan solar radyasyon miktarına bağlı olarak tahmin edilirken, bitki örtüsü altındaki E ise bitki örtüsü tarafından yakalanamayan solar radyasyon değerleri kullanılarak tahmin edilmektedir.

Ventura vd. (2001) önceki çalışmalarda (Hernandez-Suarez, 1988, Gallardo vd. 1996a), geliştirilen modeller yardımıyla marul, brokoli ve domates bitkilerinin E ve T miktarlarını ayrı olarak tahmin etmişlerdir. Araştırmacılar atmosferden gelen solar radyasyonun toprak ve bitki örtü yüzeyi tarafından yakalanma oranlarına bağlı olarak geliştirilen modeller yardımıyla T ve E'yi hesaplamışlardır ve bu modellerde girdi olarak

sadece ET_0 değerlerini kullanmışlardır. Araştırmacılar, yetiştirme döneminin başında E'nin ET'nin baskın bileşeni olduğunu ve yetiştirme sezonunun sonunda ise sifıra düştüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar, terleme ve buharlaşma toplamından hesaplanan modellenmiş ET değerlerini, enerji dengesinden yöntemiyle hesaplanan gerçek evapotranspirasyon değeri (ET_a) ile karşılaştırmışlardır. Model sonuçları üç farklı bitkide yapılan beş farklı çalışmanın tamamında ET ve ET_a değerleri arasında iyi bir uyum göstermiştir.

Abu-Awwad (1998) biber bitkisinde malç uygulamasına bağlı olarak, beş farklı sulama suyu seviyesinin E ve T oranına etkisini belirlemek amacıyla sera koşullarında saksı denemesi yürütmüşlerdir. Araştırmacılar malç uygulamasının yapıldığı saksılarda E ile su kaybının meydana gelmeyeceği için sadece T'yi ölçmüşlerdir. Buna karşın malç uygulamasının yapılmadığı saksılarda hem E'yi hem de T'yi hesaplamışlardır. Bu çalışma malç uygulamasının bitki su tüketimini azalttığını göstermiştir. Araştırmacılar sezonluk ET ve T ile uygulanan sulama suyu arasındaki ilişkileri inceleyerek doğrusal eşitlikler geliştirmiştir.

Kadayıfçı vd. (2004) cam sera koşullarında farklı sulama seviyelerinde saksıda yetiştirilen marul bitkisinin malç uygulamasına bağlı olarak T, E ve ET miktarlarını belirlemek amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, malç uygulamasının yapıldığı saksılardan T'yi belirlerken malç uygulamasının yapılmadığı saksılardan ET'yi belirlemişlerdir. E'yi ise T miktarını ET'den çıkartarak hesaplamışlardır. Araştırmada malç uygulamasının uygulanan sulama suyu miktarını ve ET miktarını önemli düzeyde azalttığını ifade edilmiştir.

Zhou vd. (2017) yağmura dayalı olarak yetiştirilen mısırdaki T'nin ET içindeki oranını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar T'yi belirlemek amacıyla özsuyu akış yöntemini kullanmışlardır ve bu yöntemi malç uygulaması yapılan saksıdan su bütçesi eşitliği ile elde ettikleri T değerlerini kullanarak kalibre etmişlerdir. Çünkü araştırmacılar kalibre edilmeden özsuyu akış yöntemi ile belirlenen T'nin hatalı olabileceğini bildirmişlerdir. Buna neden olarak ise, bitki gövdesinin sıcaklığının özsuyu akış yöntemi ile kontrol edilememesi olarak göstermişlerdir. Araştırmacılar, özsuyu akış yöntemi ile doğrudan belirledikleri T değerleri arasında önemli düzeyde doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir ($R^2= 0.97$). Elde ettikleri sonuçlar yağmura dayalı olarak yetiştirilen mısırdaki T/ET oranının Temmuz-Eylül ayları arasında %63.3 olduğunu ve yaprak alan indeksi (LAI) ile doğrusal bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, ET'nin E ve T'ye ayrılmasıyla bitkinin su kullanım etkinliği ve verimini önemli ölçüde artıracığını bildirmişlerdir.

Özçelik vd. (2019) T'nin ölçülmesinin havza yönetim çalışmaları için önemli olduğunu ve bu amaçla özsuyu akış yönteminin kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Liu vd. (2002) de özsuyu akış yöntemiyle T'nin hatasız hesaplanması için malç uygulamasının yapıldığı saksılarda su bütçesi eşitliği ile elde edilen T değerlerinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bazı araştırmacılar ise, ET bileşenlerini ölçmek için iki farklı tekniği birleştirerek kullanmaktadırlar. Er-Raki vd. (2009) yarı kurak koşullarda yetiştirilen zeytin bitkisinde, eddy kovaryans yöntemiyle toplam ET'yi belirlerken, özsuyu akış yöntemiyle T'yi belirlemişlerdir. Araştırmacılar, özsuyu akış yöntemi ile elde edilen T'nin ET_0 ile ilişkili

olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonuçları T/ET oranının damla sulama ile sulanan bitkilerde yaklaşık olarak 0.87 olduğunu gösterirken, salma sulama yöntemi ile sulanan ağaçlarda bu oranın kök bölgesindeki suyun varlığına bağlı olarak değiştiğini (kuru koşulların olduğu zamanlarda yaklaşık 1.0 ile ıslak koşulların olduğu zamanlarda 0.65) göstermektedir.

Zhang vd. (2011) sulanan kışlık buğday çeşidinde mikrometeorolojik yöntem olan eddy kovaryans yöntemi ve kararlı izotop tekniklerinin kombinasyonu kullanarak ET, E ve T'yi belirlemişlerdir. Araştırmacılar kök su alım derinliklerinin zamansal değişkenliğini de belirlemişlerdir. Araştırmacılar, kışlık buğdayın büyümesi sırasında toprak buharlaşmasının toplam su tüketiminin %30'una kadar ulaşabileceğini bildirmişlerdir.

Çelik vd. (2018) kışlık buğdayda T/ET oranını araştırmak için kararlı izotop karıştırma modeli kullanarak bir araştırma yapmışlardır. Araştırmacılar iki sulama seviyesi (S₀: yağmurlu ve S₁: tam sulama) dikkate aldıkları çalışmada, E ve T'nin ET içindeki oranını saptamak için basit izotopik kütle dengesi modeli olan Keeling plot modelini kullanmışlardır. Araştırma sonuçları uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça T'nin ET içindeki oranının da arttığını göstermektedir. Araştırmacılar kararlı izotopların sınırlı su kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek amacıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Flumignan vd. (2011) iki farklı sulama yöntemi altında (damla ve yağmurlama) ve susuz koşullarda kahve ağaçlarının E, T ve çift bitki katsayısını (K_e ve K_{cb}) belirlemek için çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar E'yi mikrolizimetre, ET_c'yi lizimetre ve ET_o'yu ASCE Penman-Monteith yöntemiyle belirlerken, T'yi ise ET ve E'nin farkından hesaplanmışlardır. Benzer şekilde, buharlaşma katsayısı (K_e) ve bazal bitki katsayısı (K_{cb}), sırasıyla E ve T'nin ASCE Penman-Monteith yöntemiyle saatlik olarak tahmin edilen ET_o değerine oranı olarak belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları, iklim koşulları ve sulama yönteminin E ve K_e değerlerini doğrudan etkilediğini gösterirken T ve K_{cb}'yi ise bitki fenolojisi ve yaprak alanı gelişimine bağlı olarak etkilediğini göstermektedir. Araştırmacılar yağışa bağlı yetiştiricilikte, E ve T değerlerinin ET'nin sırasıyla %35 ve %65'inin temsil ettiğini ifade etmişlerdir.

Yan vd. (2015) karabuğday bitkisinin saatlik ET_c ve bitki tacı altındaki buharlaşma miktarlarını (E_p) belirlemek için Bowen enerji yöntemi ve mikrolizimetre kullanmışlardır. Çalışmalarında, bitkinin tüm gelişim dönemlerinde ET_c ve E_p değerlerinin sırasıyla toplam 187.4 ve 72.1 mm olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca E_p/ET_c oranının LAI ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Xiao vd. (2016) gelişimini tamamlamış mısır tarlasında 43 gün boyunca E, T ve ET'yi farklı yöntemler kullanarak ölçmüşlerdir. Araştırmacılar E'yi ısı-darbe (heat-pulse) sensörleri ve toprağa duyarlı ısı dengesi yöntemleri, T'yi özsu akış yöntemi ve ET'yi eddy kovaryans yöntemi ile belirlemişlerdir. Ölçüm süresi boyunca E ve T, ET'nin sırasıyla %13 ve %87'sini oluşturmuştur. Araştırma sonuçları E'nin, toprak nemi ve net radyasyondaki değişimlerden, T'nin ise öncelikle net radyasyondaki değişimlerden etkilendiğini göstermektedir. Araştırmacılar tarafından kullanılan üç yöntemde zamana bağlı olarak benzer eğilim göstermiş ve bu yöntemler arasında güçlü korelasyon olduğu saptanmıştır.

Rothfuss vd. (2010) δ_{ET} , δ_T ve δ_E 'nin kararlı izotopik oksijen bileşimini ölçerek, tamamen kontrollü koşullar altında (iklim odası) çayır bitki su tüketimini buharlaşma ve terlemeye geçişini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, bitkinin erken aşamalarında E'nin, ET'nin baskın bileşeni olduğunu, ancak dikimden 43 gün sonra bitki kanopisinin artmasıyla E'nin %100'den %5'e düştüğünü bildirmişlerdir. Bitkinin son aşamasında E'nin azalması birçok çalışmada belirlenmekle birlikte, bazı bitkilerin toprağı örtmesi yaprak yaşlanması nedeniyle azalmakta ve bu da buharlaşmanın artmasına neden olmaktadır.

Gong vd. (2021) sera koşullarında domates bitkisinde E, T ve ET değerlerini sırasıyla ağırlık tipi lizimetre, mikrolizimetreler ve özsuyu akış izleme yöntemleri ile ölçmüşlerdir. Çalışmada ayrıca, yaprak yaşlanması ve toprak su stresi indeksinin (f_{sw}) buharlaşma üzerindeki etkisini göz önünde bulundurarak Priestley-Taylor (PT) modelini modifiye etmişlerdir. Dört farklı dönemde yürütülen bu çalışmada E'nin ET içindeki oranının %15.4-26.5 arasında değiştiğı belirlenmiştir. Araştırmacılar yaprak alan indeksi (LAI) ile E/ET oranı arasındaki önemli bir logaritmik ilişki olduğunu belirtirken, ET'yi etkileyen en önemli iki faktörün LAI ve hava sıcaklığı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar PT'nin ET ve T'nin saatlik ve günlük tahmini için kullanılabileceğini göstermektedir.

Shuttleworth-Wallace (S-W), E ve T'yi ayrı ayrı tahmin etmek için kullanılan yaygın modellerden biridir ve açık alanda yapılan çok sayıda çalışma ile doğrulanmıştır. Ancak, Huang vd. (2020) seralardaki, düşük rüzgar hızı ve heterojen sera alt yüzeyinin tarla (açık) koşullarına kıyasla oldukça farklı olmasından dolayı, yöntemin sera koşullarında kullanımın farklı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar venlo tipi serada hıyar bitkisinin E ve T değerlerini sırasıyla lizimetre ve özsuyu akış yöntemi ile belirledikten sonra S-W yöntemine ait direnç parametrelerini sera koşulları için belirlemişlerdir. Araştırmada E'nin ET'ye oranı güz ve bahar sezonundaki fide döneminde sırasıyla %20.88 ve %44.27 olduğu belirtilirken sezonluk ortalamasının % 7.75 ve % 21.87 olduğunu belirtilmiştir. Bu durum E ve T oranının yetiştirme dönemine bağılı olarak da değiştiğini göstermektedir. Araştırmacılar ayrıca bitki gelişim dönemleri boyunca T'nin baskın bileşen olduğunu ifade etmişlerdir.

Zhang vd. (2018) SimDualKc yönteminin uygulanabilirliğini doğrulamak ve kalibre etmek amacıyla plastik-malç uygulamasının yapıldığı koşullarda yetiştirilen domates bitkisinde iki yıllık bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, gerçek koşullara göre ayarlanmış bitki katsayılarının sonuçlarının modelden başarılı bir şekilde elde edildiğini ve daha sonra yerel olarak kullanılmaya uygun olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar hem damla hem de salma sulamada sulama suyu miktarının artmasıyla toplam ET'nin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, iki büyüme mevsimi boyunca terlemenin ET'nin %86'sından fazlasını oluşturduğunu, E'nin ise ET'nin %14'ünden daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Sepaskhah ve Ilampur (1995) su stresinin ET bileşenleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, E'yi mikrolizimetre ve ET'yi su bütçesi yöntemiyle belirlerlerken, T'yi ET ve E arasındaki farktan hesaplamışlardır. Araştırma sonuçları E/ET oranının toprak su içeriğinden önemli düzeyde etkilendiğini göstermiştir. Su stresinin olmadığı koşullarda E/ET oranı 0.52 olarak belirlenirken su stresi koşullarında

0.59 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar bu durumu su stresine bağlı olarak azalan LAI ve bitki taç alanı ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve iklim özellikler

Araştırma, 36° 53' 15"- 36° 54' 15" K enlemleri ve 30° 38' 30"- 30° 39' 45" D boylamları arasında bulunan ve denizden yüksekliği 54 m olan Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde yer alan plastik serada yürütülmüştür. Araştırma alanında Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 18.6 °C olup, en soğuk ay Ocak (9.9 °C) ve en sıcak ay ise Temmuz (28.4 °C) ayıdır. Uzun yıllık ortalama bağıl nem, toplam yağış ve buharlaşma miktarları sırasıyla %63.2, 1066.9 mm ve 1826.5 mm'dir (MGM 2021). Deneme alanına ilişkin uzun yıllık ortalama iklimsel değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Antalya iline ait uzun yıllık ortalama iklim verileri

Aylar	İklim Öğeleri								
	Ort. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Oransal Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)	Güneşlenme Süresi (sa gün ⁻¹)	Güneşlenme Şiddeti (cal cm ⁻² gün ⁻¹)
Ocak	9.9	6.0	14.9	3.5	65.5	236.3	70.7	5.2	195.4
Şubat	10.5	6.4	15.5	3.6	65.3	156.2	73.6	5.6	265.7
Mart	12.7	8.0	17.9	3.3	66.2	96.8	105.1	6.5	367.5
Nisan	16.2	11.2	21.3	3.0	67.6	52.5	127.9	8.1	449.4
Mayıs	20.5	15.1	25.6	2.6	66.6	31.5	172.9	10.6	531.1
Haziran	25.3	19.6	30.8	2.9	59.3	9.4	243.2	11.4	590.0
Temmuz	28.4	22.6	34.1	2.8	57.1	2.5	280.3	12.1	581.2
Ağustos	28.2	22.6	34.0	2.7	59.3	2.7	253.5	11.4	529.0
Eylül	24.8	19.3	31.0	2.8	59.1	14.5	203.4	10.0	450.7
Ekim	20.1	15.2	26.5	2.8	60.6	72.0	142.3	8.1	326.9
Kasım	15.1	10.7	21.2	2.9	64.6	131.4	85.3	6.3	224.9
Aralık	11.4	7.5	16.7	3.3	67.0	261.1	68.3	5.0	170.6
Ort./Top.*	18.6	13.7	24.1	3.0	63.2	1066.9*	1826.5*	8.4	390.2

3.1.2. Denemede kullanılan saksıların özellikleri

Marul yüzlek köklü bir sebze olup maksimum kök derinliği 0.3 m'dir (Yıldırım vd. 2015; Escarabajal–Henarejos vd. 2015). Araştırmada marul bitkisinin kök gelişimini

sınırlandırmayacak boyutlarda olan ağırlık tipi mini lizimetre olarak da tanımlanabilecek plastik saksılar kullanılmıştır. Bu saksılar 34.5 cm üst ve 32 cm taban çapında ve 32 cm yüksekliğinde olup 23 litre hacme sahiptir. Saksıların tabanında drenaj sularının tahliye olması için yeterli miktarda drenaj delikleri bulunmaktadır. Bu deliklerden toprak akışı olmaması amacıyla saksı zemini zarf malzemesiyle kaplanmıştır. Saksılardan drene olan suyun miktarını belirlemek amacıyla saksıların altına yeterli büyüklükte leğenler yerleştirilmiştir. Sulamanın kontrollü yapılabilmesi amacıyla toprak yüzeyi ile saksının tepe noktası arasında 2 cm boşluk bırakılmıştır.

3.1.3. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fide dikiminden önce saksılardan toprak örnekleri alınarak toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

TK (%)	SN (%)	HA (g/cm ³)	EC _e (dS/m)	pH _e	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür
23.76	9.11	1.43	0.72	8.05	56.56	17.88	25.56	Kumlu tın

Çizelgede; TK, toprağın ağırlık yüzdesi cinsinden tarla kapasitesini (g g⁻¹); SN, toprağın ağırlık yüzdesi cinsinden solma noktasını (g g⁻¹); HA, toprağın hacim ağırlığını (g cm⁻³); EC_e, toprak saturasyon çamurundan ekstrakta edilen suyun elektriksel iletkenliğini (dS m⁻¹) ve pH_e, toprak saturasyon çamurundan ekstrakta edilen suyun pH değerini ifade etmektedir.

Araştırmada kullanılan toprak Çizelge 3.2’den de görüleceği üzere kumlu-tınlı toprak tekstürüne sahip olup marul yetiştiriciliği için yeterli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir.

3.1.4. Denemede kullanılan sulama suyunun özellikleri

Deneme kullanılan sulama suyu Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanı’nda bulunan sulama sisteminden sağlanmıştır. Bu sulama suyu C₂S₁ kalite sınıfındadır. Araştırmada kullanılan sulama suyuna ait bazı özellikler Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan sulama suyunun bazı özellikleri

EC (dS m ⁻¹)	pH	SAR	Katyonlar (me l ⁻¹)				Anyonlar (me l ⁻¹)				Kalite Sınıfı
			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	
0.445	7.35	0.55	0.85	0.05	2.85	2.07	0	4.91	0.52	0.41	C ₂ S ₁

Çizelgede; EC, sulama suyunun elektriksel iletkenliğini (dS m⁻¹), pH, sulama suyunun pH’sını; SAR, sodyum adsorpsiyon oranını; Na, sodyum miktarını (me l⁻¹); K, potasyum miktarını (me l⁻¹); Ca, kalsiyum miktarını (me l⁻¹); Mg, magnezyum miktarını (me l⁻¹); CO₃, karbonat miktarını (me l⁻¹); HCO₃, bikarbonat miktarını (me l⁻¹); Cl, klor

miktarını (me l⁻¹) ve SO₄, sülfat miktarını göstermektedir.

3.1.5. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak Antalya’da örtüaltında yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan kıvırcık marul (*Lactuca sativa* var. Caipira) çeşidi kullanılmıştır. Geç sapa kalkan kıvırcık tipli bu marul çeşidi koyu yeşil yapraklara sahip ve ılıman sahil bölgelerimizde tarla koşullarında ilkbahar, erken yaz, sonbahar ve erken kış, örtü altı koşullarında ise geç sonbahar, kış, erken ilkbahar yetiştiriciliğine uygundur. Olgunluk süresi yetiştirme dönemi ve iklim koşullarına bağlı olarak ortalama; sıcak dönemlerde 50-60 gün, serin dönemlerde 70-90 gündür. Baş yapısı homojen, yaprakları kalın, sulu ve gevrekli. Marul mildiyösünün 16-28 ırklarına, marul yaprak bitine ve marul mozaik virüsüne dayanıklıdır (Anonim 2021).

3.1.6. Sera içi iklim verilerinin elde edilmesi

Araştırma boyunca sera içi sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ölçülmesi amacıyla Testo 175 H1 iklim sensörü kullanılmıştır. Bu iklim sensörü maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerini her 15 dakikada bir ölçerek hafızasına kaydetme özelliğine sahiptir (EK-1). Sera içi iklim sensörü zeminden 50 cm yükseklikte olacak biçimde konumlandırılmıştır.

3.1.7. Kültürel uygulamalar

Araştırma 16.10.2020 ve 22.12.2020 tarihleri arasında güz döneminde düşük teknoloji Akdeniz tipi plastik serada yürütülmüştür. Marul fidelerinin dikiminden sonra her bitkili saksıya 100 ml can suyu verilmiştir. Araştırma boyunca her bir saksıya toplamda 20 gr 18 18 18 içerikli gübre verilmiştir. Bu gübrelerin yarısı ilk sulamada verilirken kalan kısmı denemenin ortasında verilmiştir. Bitki hastalık ve zararlı takipleri sürekli yapılmıştır. Deneme boyunca herhangi bir kimyasal ilaç kullanılmamıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Saksı toprağının hazırlanması ve fide dikimi

Araştırmaya başlamadan önce tüm saksılar, 4 mm’lik elekten geçirilmiş ve eşit miktarda hava kurusu toprakla doğal birim hacim ağırlığını sağlayacak şekilde doldurulmuştur. Saksıların tamamı beş defa doyurularak ve kurumaya bırakılarak saksı içindeki toprağın doğal hacim ağırlığına gelmesi sağlanmıştır. Araştırmada marul bitkisinin ET_c değerini belirlemek amacıyla bazı saksılara fide dikilirken, E değerini belirlemek amacıyla bazı saksılara ise fide dikilmemiştir.

Deneme başlangıcında tüm fideler detaylı incelenerek gelişimi zayıf ve hastalıklı fideler ayrılmıştır ve saksılara dikilmek için seçilen tüm fidelerin eş olması sağlanmıştır. Saksı toprakları tava geldiğinde fide dikimi yapılmıştır.

3.2.2. Araştırma konuları ve deneme deseni

Kısıntılı sulama uygulamalarının E ve T oranına olan etkisinin belirlenmesi amacıyla üç farklı sulama konusu seçilmiştir. Araştırmaya ait sulama konuları Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Araştırmaya ait sulama konuları

Konu	Açıklama
I ₁₀₀	Tam sulanan konu (%100)
I ₆₆	I ₁₀₀ konusuna uygulanan suyun %66’sının uygulandığı konu (I ₁₀₀ x0.66)
I ₃₃	I ₁₀₀ konusuna uygulanan suyun %33’ünün uygulandığı konu (I ₁₀₀ x0.33)

Deneme süresince saksıların tamamı en fazla iki günde bir tartılmış ve bitkili ve bitkisiz I₁₀₀ konularında elverişli kapasitenin %30-40’ı kadar su eksildiğinde tüm konularda sulama yapılmıştır. Tam sulama konusuna uygulanması gereken su miktarı eksilen nemin tarla kapasitesine getirilmesini sağlayacak şekilde kontrollü olarak yapılmıştır.

Araştırma tesadüf parselleri deneme deseninde bitkili saksılar 4 ve bitkisiz saksılar 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Araştırma saksıları deneme alanına rastgele dağıtılmıştır. Ayrıca bitki ağırlığının zamana bağlı olarak değişimini incelemek amacıyla her bir sulama konusu için 5’er adet bitkili saksı hazırlanmıştır. Böylece deneme toplam 36 adet saksıda yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan saksılar

3.2.3. Toprak su içeriğinin takibi ve evapotranspirasyon (ET), evaporasyon (E) ve transpirasyon (T) miktarlarının belirlenmesi

Araştırma saksıları en fazla iki günde bir olmak üzere tartılması amacıyla 0.02 kg hassasiyete sahip 50x60 cm boyutlarında dijital tartı kullanılmıştır. Bitkili ve bitkisiz saksılardaki nem değişimleri iki ölçüm arasındaki saksı ağırlıklarını farkı alınarak hesaplanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Bitkisiz ve bitkili saksılardaki nem değişimlerinin takibi

Farklı sulama konularında yetiştirilen bitkilerin ET_c değerlerinin belirlenmesi amacıyla su bütçesi eşitliği kullanılmıştır (Eşitlik 3.1).

$$ET_c = I - D - C_w \mp \Delta S \quad (3.1)$$

Eşitlikte ET_c , iki ölçüm arasındaki bitki su tüketimi değerini (mm); I , iki ölçüm arasında uygulanan sulama suyu miktarını (mm); D , iki ölçüm arasında saksılardan drene olan su miktarını (mm); C_w , iki ölçüm arasındaki bitki ağırlık farkını (mm) ve ΔS , iki ölçüm arasında saksıdaki toprak su içeriğindeki değişimi (mm) göstermektedir.

Araştırmada farklı sulama konularında bitkisiz saksılardaki E değerleri su bütçesi eşitliği ile belirlenmiştir (Eşitlik 3.2).

$$E = I - D \mp \Delta S \quad (3.2)$$

Eşitlikte E , iki ölçüm arasındaki evaporasyon miktarını (mm); I , iki ölçüm arasında uygulanan sulama suyu miktarını (mm); D , iki ölçüm arasında saksılardan drene olan su miktarını (mm) ve ΔS , iki ölçüm arasında saksıdaki toprak su içeriğindeki değişimi (mm) göstermektedir.

Yetiştirme döneminin başında marul fideleri çok küçük bir alandaki toprağı kaplayarak gölgelerken, bu alan yetiştirme döneminin sonuna doğru sürekli artmış ve saksı yüzeyinin tamamı bitki örtüsüyle kaplanmıştı. Bu durum ise bitkili saksılardaki

evaporasyon (E_s) değerleri ile bitkisiz saksılardaki E değerleri arasında farklılığa sebep olmaktadır. Bu nedenle, araştırma süresi boyunca saksıların tamamında her bir bitkinin örtü yüzdesi ölçülerek takip edilmiştir. Eşitlik 3.3 yardımıyla bitkili saksılarda bitki örtüsü tarafından kaplanmayan alanlardaki E_s değerleri hesaplanmıştır.

$$E_s = E \times (1 - f_c) \quad (3.3)$$

$$f_c = \frac{A_p}{A_c}$$

Eşitlikte E_s , bitkili saksılarda örtü yüzdesi dışında kalan alanlarda meydana gelen evaporasyon miktarını (mm); E , iki ölçüm arasındaki evaporasyon miktarını (mm); f_c , bitki örtüsünün fraksiyonunu; A_p , saksı yüzey alanını (cm^2) ve A_c , bitki örtüsünün yüzey alanını (cm^2) ifade etmektedir.

Araştırmada bitkilerin T değerleri doğrudan hesaplanarak ve modeller ile tahmin edilerek iki farklı yöntemle belirlenmiştir. T değerlerinin doğrudan hesaplanmasında Eşitlik 3.4 kullanılmıştır.

$$T_{r(o)} = ET_c - E_s$$

$$T_{r(o)} = ET_c - E \times (1 - f_c) \quad (3.4)$$

$$f_c = \frac{A_p}{A_c}$$

Eşitlikte $T_{r(o)}$, iki ölçüm arasında bitkilerden doğrudan hesaplanan transpirasyon miktarını (mm); ET_c , iki ölçüm arasındaki bitki su tüketimi değerini (mm); E_s , bitkili saksılarda örtü yüzdesi dışında kalan alanlarda meydana gelen evaporasyon miktarını (mm); E , iki ölçüm arasındaki evaporasyon miktarını (mm); f_c , bitki örtüsünün fraksiyonunu; A_p , saksı yüzey alanını (cm^2) ve A_c , bitki örtüsünün yüzey alanını (cm^2) ifade etmektedir.

Farklı sulama konularındaki bitkilerden meydana gelen transpirasyon değerleri, Hernandez-Suarez (1988) tarafından deneysel olarak geliştirilen model yardımıyla dolaylı olarak tahmin edilmiştir. Bu model Eşitlik 3.5’de gösterilmiştir.

$$T_{r(e)} = ET_c \times \left(\frac{R_i}{100} \right)$$

$$R_i = 0.63 + 1.373 \times G_i - 0.0039 \times G_i^2 \quad (3.5)$$

$$G_i = \frac{A_p}{A_c} * 100$$

Eşitlikte, $T_{r(e)}$, model ile hesaplanan transpirasyon miktarını (mm); ET_c , bitki su tüketimi değerini (mm); R_i , yetiştirme döneminin i ’nci gününde bitki örtüsünün günlük radyasyon yakalama oranını; G_i , bitki örtüsünün taş alanını (cm^2); A_p , saksı yüzey alanını (cm^2) ve A_c , bitki örtüsünün yüzey alanını (cm^2) ifade etmektedir.

3.2.4. Su kullanım randımanının belirlenmesi

Su kullanım randımanının (WUE) belirlenmesinde gerekli olan dekarda yetiştirilen bitki sayısını hesaplamak amacıyla denemede yetiştirilen marul çeşidi için önerilen fide dikim sıklığı kullanılmıştır (Anonim 2021). Bu amaçla sıra üzeri 0.5 m ve sıra arası 0.3 m olacak şekilde dekara 6666.7 bitki olacağı varsayılmıştır. WUE'nin hesaplanmasında Eşitlik 3.6 kullanılmıştır.

$$WUE = \frac{V}{ET} \quad (3.6)$$

Eşitlikte WUE, su kullanım randımanını ($\text{kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); V, yaş baş ağırlığını (kg da^{-1}) ve ET, bitki su tüketimini (mm) göstermektedir.

3.2.5. Yetiştirme dönemi içindeki bitki ölçümleri

3.2.5.1. Bitki boyu

Araştırma boyunca bitki boyu değişiminin belirlenmesi amacıyla tüm bitkilerin boyları ölçülmüştür. Bu amaçla el tipi şerit metre kullanılmış olup bitki boyları kök boğazından bitki tepe noktası arasındaki mesafenin ölçülmesiyle belirlenmiştir. Farklı sulama konularındaki bitki boyları haftada en az iki defa olmak üzere denemenin ilk gününden son gününe kadar takip edilmiştir. Ölçülmeyen günlerdeki bitkilerin boyları doğrusal interpolasyon yöntemiyle tahmin edilmiştir.

3.2.5.2. Bitki örtü yüzdesi ve bitki örtüsünün fraksiyonu

Bitki örtü yüzdesi ve fraksiyonunun belirlenmesi amacıyla bitki taçının çap ölçümleri yapılmıştır. Çap ölçümleri en ve boy olmak üzere örtü yüzey alanını temsil edecek şekilde el tipi şerit metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bitki örtüsünün en ve boy uzunluklarından ortalama çap değeri elde edilmiştir. Bu ortalama çap değerinden dairesel yüzey alanı hesaplanarak bitkinin saksı üzerinde kapladığı alan hesaplanmıştır. Ölçülmeyen günlerdeki bitkilerin ortalama yüzey çapları doğrusal interpolasyon yöntemiyle tahmin edilmiştir. Bu yüzey çapları kullanılarak bitki örtü yüzdesi ve fraksiyonu yetiştirme dönemi boyunca her bir gün için hesaplanmıştır.

3.2.5.3. Diğer bitki gelişim parametreleri

Yetiştirme dönemi boyunca farklı sulama konularındaki diğer bitki gelişim parametrelerinin (bitki kök ve gövde ağırlığı, bitki kök uzunluğu, yaprak sayısı, ortalama yaprak alanı ve yaprak alan indeksi) takip edilebilmesi amacıyla her bir sulama konusu için hazırlanan saksılara ek olarak beşer saksıya fide dikilmiştir. İlk bitki parametrelerine ait değerler fide dikiminden önce elde edilirken, son değerler ise bitki su tüketimi değerlerinin belirlendiği ana deneme saksılarındaki bitkilerin deneme sonunda sökülmesiyle elde edilmiştir. Deneme başlangıcı ve sonu arasında kalan zamandaki bitki gelişim parametreleri her sulama konusu için ayrılan beşer saksının düzenli aralıklarla sökülüp tartılmasıyla elde edilmiştir. Bu ölçümler sırasıyla 16.10.2020, 26.10.2020, 04.11.2020, 16.11.2020, 30.11.2020, 16.12.2020 ve 22.12.2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçülmeyen günlerdeki bitkilerin bitki gelişim parametreleri doğrusal interpolasyon yöntemiyle tahmin edilmiştir. 04.11.2020, 16.11.2020 ve

22.12.2020 tarihlerinde sökülen bitkilere ait resimler sırasıyla Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. DSGS 20. günde (04.11.2020) sökülen solda sağa doğru I₃₃, I₆₆ ve I₁₀₀ konusuna ait bitkiler



Şekil 3.4. DSGS 32. günde (16.11.2020) sökülen solda sağa doğru I₃₃, I₆₆ ve I₁₀₀ konusuna ait bitkiler



Şekil 3.5. DSGS 68. günde (22.12.2020) sökülen solda sağa doğru I₃₃, I₆₆ ve I₁₀₀ konusuna ait bitkiler

Farklı sulama konularındaki bitki yapraklarının ağırlıkları ölçüldükten sonra her bir yaprak gövdeden ayrılarak her bir yaprağın alanı ayrı olarak hesaplanmıştır (Şekil. 3.6). Yaprak alanlarını belirlemek amacıyla Image J yazılımı (Ferreire ve Rasband 2012) kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Image J yazılımı ile yaprak alanlarının belirlenmesi

Her bir sulama konusuna ait yaprak alan indeksi (LAI) değerleri Eşitlik 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$LAI = \frac{\Sigma LA}{A_p} \quad (3.7)$$

Eşitlikteki LAI, yaprak alan indeksi değerini ($m^2 m^{-2}$); ΣLA , toplam yaprak alanını (m^2) ve A_p , saksı yüzey alanını (m^2) ifade etmektedir.

3.2.6. Hasat sonrası ölçümler

Farklı sulama konularındaki bitkilerin hasat sonundaki kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bu amaçla deneme sonunda sökülen tüm bitkiler yaş ağırlıkları alındıktan sonra $65^\circ C$ 'de 24 saat boyunca etüvde kurumaya bırakılmıştır. Söz konusu süre sonunda her bir bitki tartılarak bitkilerin kuru madde miktarları belirlenmiştir.

3.2.7. İstatistiksel analizler

Araştırmada farklı sulama konularından elde edilen ortalamalar arasındaki farklılıkların önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla varyans analiz testi yapılmıştır. Ortalamaların birbirinden olan farklılığının tespit edilmesi amacıyla LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır ($p < 0.05$).

Model performansları, determinasyon katsayısı (R^2), tahminin standart hataları (RMSE), görelî hata (RE), ortalama taraflı hata (MBE) ve Willmott indeksi (d) parametreleri kullanılarak belirlenmiştir (Eşitlik 3.8, 3.9, 3.10 3.11 ve 3.12).

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i) (Y_i - \bar{Y}_i)]}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (3.8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (3.9)$$

$$RE = \frac{RMSE}{\bar{Y}_i} \quad (3.10)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)}{n} \quad (3.11)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|X_i - \bar{Y}_i| + |Y_i - \bar{Y}_i|)^2} \quad (3.12)$$

Model performans kriterleri kullanılırken eşitliklerdeki n, gözlem sayısını; X_i , tahmini değeri; Y_i , ölçülmüş değeri; $\bar{Y}_i$, ölçülmüş değerlerin ortalamasını ve $\bar{X}_i$ tahmini değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

RMSE, RE ile MBE'nin 0 olması ve R^2 ile d'nin 1'e eşit olması tahmin modelinin mükemmel olduğunu ifade etmektedir.

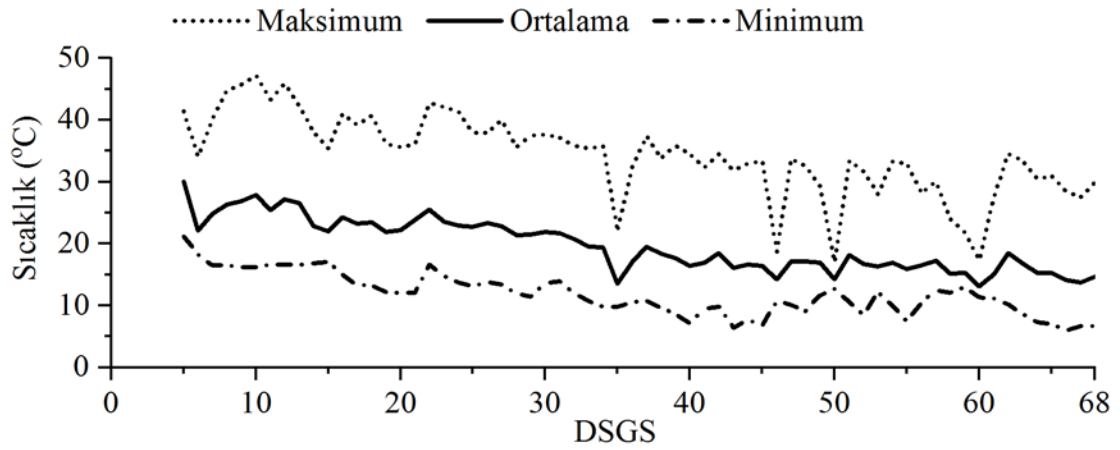
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İklimsel Değerlere İlişkin Bulgular

Sera içinde ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerlerine ilişkin bilgiler için grafikler hazırlanmıştır. Bu grafiklerin apsis ekseninde dikimden sonra geçen gün sayısı (DSGS) bulunurken ordinat ekseninde iklimsel parametrenin ismi ve ölçüm birimi bulunmaktadır. Bahsedilen bu grafiklerde DSGS-1, fidelerin dikildiği 16.10.2020 tarihini gösterirken; DSGS-68, bitkilerin hasat olduğu 22.12.2020 tarihini göstermektedir.

4.1.1. Sıcaklık

Deneme süresince sera içinde ölçülen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık değerleri EK 1’de verilirken bu değerlerden elde edilen grafikler Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Yetiştirme döneminde sera içindeki ölçülen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık (°C) değerleri

Yetiştirme döneminde sera içindeki günlük ortalama minimum sıcaklık değerleri 6 ile 21.2 °C arasında değişmiş ve yetiştirme sezonuna ait ortalama sıcaklık 19.7 °C olarak belirlenmiştir. Günlük ortalama maksimum sıcaklık değerleri ise 17 ile 47.2 °C arasında değişmiştir (Şekil 4.1)

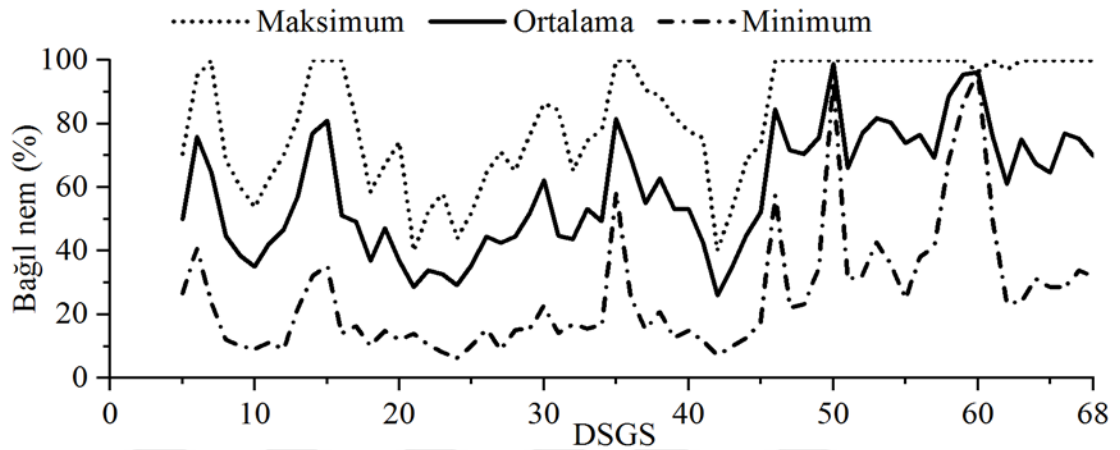
Soğuğa kısmen dayanıklı ve yüksek sıcaklığa duyarlı olan marul bitkisi serin iklim sebzesi olarak kabul edilmektedir. Santosh vd. (2017) marul bitkisi için optimum sıcaklık koşullarının 15 °C ila 25 °C arasında olduğunu belirtmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde yetiştirme sezonunda marul bitki gelişimini engellemeyecek veya sınırlandırmayacak sıcaklık koşulları meydana gelmiştir.

Bazı araştırmacılar sıcaklığın marul bitkisinin verim ve kalitesini önemli ölçüde etkileyebileceğini bildirmişlerdir (Ahmed vd. 2020). Wallace vd. (2012) alçak tünel ve tarla koşullarında marul bitkisinde yürüttükleri çalışmada, açıkta yetiştirilen bitkilerin hem rüzgar hem de yüksek sıcaklıktan önemli düzeyde etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca marul bitkisinin erken aşamada yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda bitki verim ve kalitesinin önemli düzeyde azaldığını ifade etmişlerdir. Ouyang vd. (2020) oksijen konsantrasyonu ve sıcaklık değişimlerinin marul bitkisinin

baş boyu, LAI ve ET gibi bitki parametrelerini de önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Ahmed vd. (2020) hava ve yaprak sıcaklığının yaprak gelişimini ve bitki içinde meydana gelen fizyolojik olayları etkilediğini ve artan sıcaklığa bağlı olarak marul bitkisinin büyüme hızının arttığını belirtmişlerdir.

4.1.2. Bağıl nem

Araştırma boyunca sera içinde ölçülen maksimum, ortalama ve minimum bağıl nem değerleri EK 1’de verilirken bu değerlerden elde edilen grafikler ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yetiştirme döneminde sera içindeki ölçülen maksimum, ortalama ve bağıl nem (%) değerleri

Yetiştirme dönemi boyunca sera içi ortalama bağıl nem değerleri %25.9 ile %98.9 arasında değişmiştir (Şekil 4.2). Sera içi nem değeri havaların soğumasıyla ilişkili olarak artmıştır. Bu duruma soğuk ve yağışlı günlerde sera havalandırma pencerelerinin kapatılması da etkili olmuştur. Düşük bağıl nem ve yüksek sıcaklık bitki su tüketimini artırıcı bir etkiye sahipken (Rabbi vd. 2019) yüksek bağıl nem koşulları terlemeyi sınırlandırarak bitkinin büyümesi ve bitki besin asimilasyonunun azalmasına neden olmaktadır (Ferrante ve Mariani 2018). Bu nedenle denemeden elde edilen ET_c ve T verileri bu iklim koşullarına göre değerlendirilecektir.

Bağıl nem, stoma iletkenliği ile yakından ilişkilidir. Bitkiyi çevreleyen buhar basıncının artması stoma iletkenliğinin azalmasına neden olduğundan, bu aynı zamanda yüksek bağıl nem ile terlemenin azaldığı anlamına gelmektedir. Düşük bağıl nemde yapraktan terleme hızı artar, bu da yüksek su kaybına neden olmaktadır (Ahmet vd. 2020). Ahmet vd. (2020) bağıl nemin %40 altına düşmesi durumunda bitkinin fotosentetik işlevi ve büyüme hızını düştüğünü belirtmişlerdir.

4.2. Su Bütçesi Bileşenleri

4.2.1. Araştırmada uygulanan sulama suyu miktarları ve sulama uygulamalarının tarihleri

Araştırmada uygulanan sulama suyu miktarı ve sulama uygulamalarının tarihlerinin gösterilmesi amacıyla iki farklı çizelge hazırlanmıştır. Farklı sulama konularında E değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan bitkisiz saksılara ait sulama bilgileri Çizelge 4.1’de verilirken, ET_c değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan bitkili saksılara ait sulama bilgileri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı sulama konularında bitkisiz saksılara ait sulama bilgileri

Tarih	DSGS	I ₁₀₀		I ₆₆		I ₃₃	
		mm	lt	mm	lt	mm	lt
23.10.2020	8	19.37	1.81	12.84	1.20	6.42	0.60
28.10.2020	13	16.27	1.52	10.70	1.00	5.35	0.50
04.11.2020	20	20.34	1.90	12.84	1.20	6.42	0.60
09.11.2020	25	19.26	1.80	12.84	1.20	6.42	0.60
15.11.2020	31	18.19	1.70	11.77	1.10	5.35	0.50
23.11.2020	39	17.12	1.60	11.77	1.10	5.35	0.50
30.11.2020	46	16.05	1.50	10.70	1.00	5.35	0.50
18.12.2020	64	18.19	1.70	11.77	1.10	6.42	0.60
Toplam		144.81	13.53	95.25	8.90	47.09	4.40

Çizelge 4.2. Farklı sulama konularında bitkili saksılara ait sulama bilgileri

Tarih	DSGS	I ₁₀₀		I ₆₆		I ₃₃	
		mm	lt	mm	lt	mm	lt
23.10.2020	8	19.80	1.85	13.06	1.22	6.53	0.61
28.10.2020	13	16.48	1.54	10.81	1.01	5.46	0.51
04.11.2020	20	21.41	2.00	13.91	1.30	7.49	0.70
09.11.2020	25	20.34	1.90	13.91	1.30	6.42	0.60
15.11.2020	31	21.41	2.00	13.91	1.30	6.42	0.60
23.11.2020	39	22.48	2.10	14.98	1.40	7.49	0.70
30.11.2020	46	24.62	2.30	16.05	1.50	7.49	0.70
09.12.2020	55	13.91	1.30	8.56	0.80	4.28	0.40
18.12.2020	64	21.41	2.00	13.91	1.30	7.49	0.70
Toplam		181.84	16.99	119.12	11.13	59.08	5.52

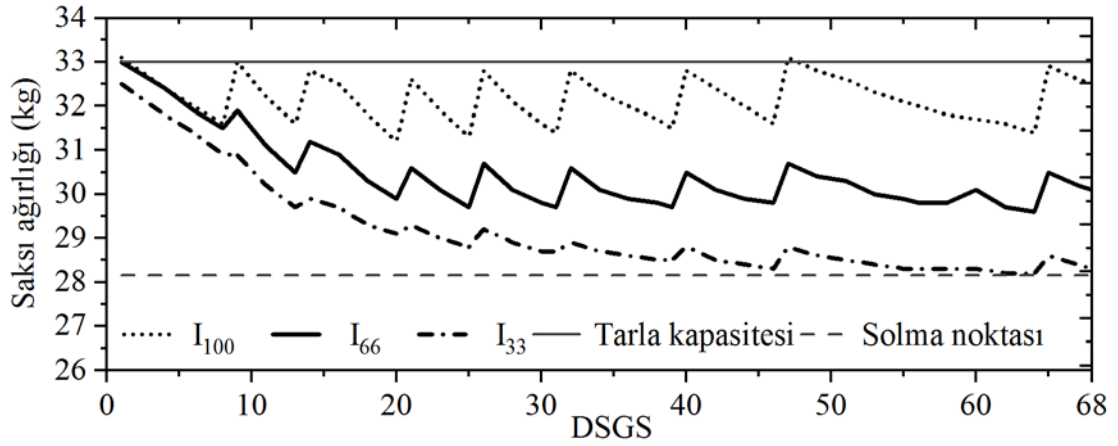
Yetiştirme sezonu boyunca bitkisiz saksılarda I₁₀₀, I₆₆ ve I₃₃ konularına sırasıyla toplam 144.81, 95.25, ve 47.09 mm sulama suyu uygulanırken bitkili saksılarda sırasıyla

181.84, 119.12 ve 59.08 mm sulama suyu uygulanmıştır. Bu durum aynı sulama konularında bitkili saksılara 1.26 kat daha fazla sulama suyu uygulandığını göstermektedir. Ayrıca yetiştirme dönemi boyunca bitkili saksılara toplamda dokuz adet sulama uygulaması yapılırken bitkisiz saksılara toplamda sekiz adet sulama suyu uygulaması yapılmıştır. Her iki saksı gurubunda da sulama aralıkları dönem başından dönem sonuna doğru gidildikçe artmıştır. Bu duruma Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de de gösterildiği gibi azalan sera içi sıcaklığının düşmesi ve bağıl nem oranının artması sebep olmuştur.

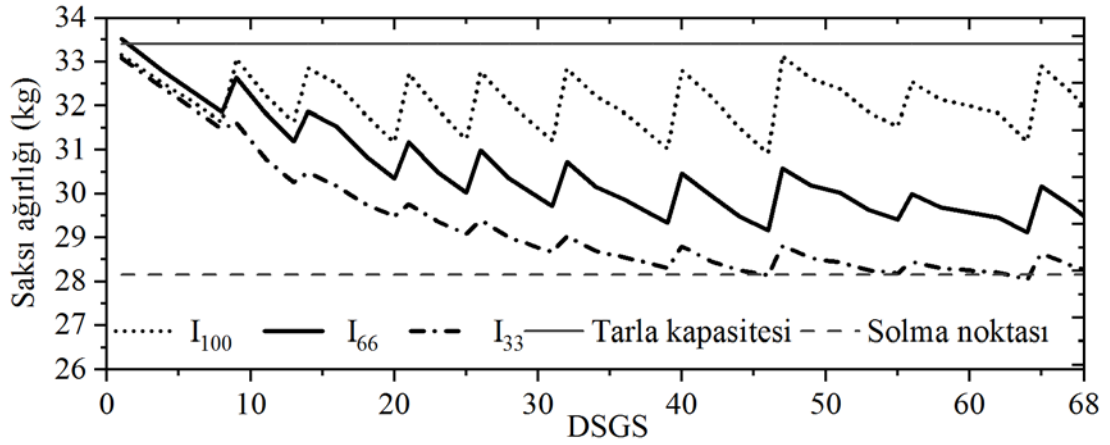
Bozkurt vd. (2009) Doğu Akdeniz bölgesinde sera koşullarında yetiştirilen marulun (*Lactuca sativa* var. *longifolia* cv. Lital) verim, kalite ve su verimliliği üzerine farklı sulama suyu seviyeleri ve azot formlarının etkilerini incelemiştir. Çalışmalarında, sulama programı damla sulama ile A sınıfı buharlaştırma kabına göre yapılmıştır. Araştırmacılar, pandan ölçülen buharlaşmayı dört farklı pan katsayısı ($K_{cp} = 0, 0.75, 1.00, 1.25$) ile çarparak dört farklı sulamada uygulanacak sulama suyu miktarını hesaplamışlardır. Çalışmada $K_{cp}75$, $K_{cp}100$ ve $K_{cp}125$ uygulamalarında mevsimsel sulama suyu miktarları sırasıyla 298.9, 365.2 ve 431.5 mm olarak belirlenmiştir. Bozkurt vd. (2009) tarafından uygulanan sulama suyu miktarı, bu çalışmada uygulanan sulama suyu miktarından daha fazladır. Bozkurt ve Mansuroğlu (2011) aynı bölgede (Doğu Akdeniz) aynı marul çeşidinde farklı sulama yöntemi (yüzey sulama, yüzey üstü damla sulama ve yüzey altı damla sulama), lateral derinliği (10 ve 20 cm) ve sulama seviyelerinin (0.25, 0.50, 0.75, 1.0 ve 1.25 pan katsayıları) verim, kalite ve su özelliklerine etkisini belirlemek için çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, I25 ile I125 arasındaki uygulamalarda sulama suyu miktarı sırasıyla 75, 151, 226, 301 ve 376 mm arasında değişmiştir. Bu miktar sulama değeri bir öncekinden daha az olmakla birlikte çalışmada kullanılan sulamadan da yüksektir. Bu çalışmada kullanılan sulama miktarının diğer çalışmalara göre daha az olmasının nedeninin, farklı iklim özellikleri ile bu çalışmada yetiştirme ortamı olarak saksı kullanılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.2. Araştırmada farklı sulama konularındaki saksı ağırlıklarının değişimi

Araştırmada farklı sulama konularında saksı ağırlıklarının değişimini göstermek amacıyla hazırlanan grafikler kg birimi ile gösterilmiştir. Bu amaçla bitkisiz saksı grubuna ait farklı sulama konularındaki saksıların sezonluk toprak nem değişimi Şekil 4.3’de verilirken bitkili saksı grubuna ait farklı sulama konularındaki saksıların sezonluk toprak nem değişimi Şekil 4.4.’de verilmiştir. Bu grafikleri hazırlamak için kullanılan sayısal veriler EK-2’de gösterilmiştir. Bitkili grup için hazırlanan grafik bitki ağırlıkları toplam ağırlıktan çıkartılarak hazırlanmıştır.



Şekil 4.3. Bitkisiz saksı grubundaki farklı sulama konularında toprak nem içeriğinin sezonluk değişimi



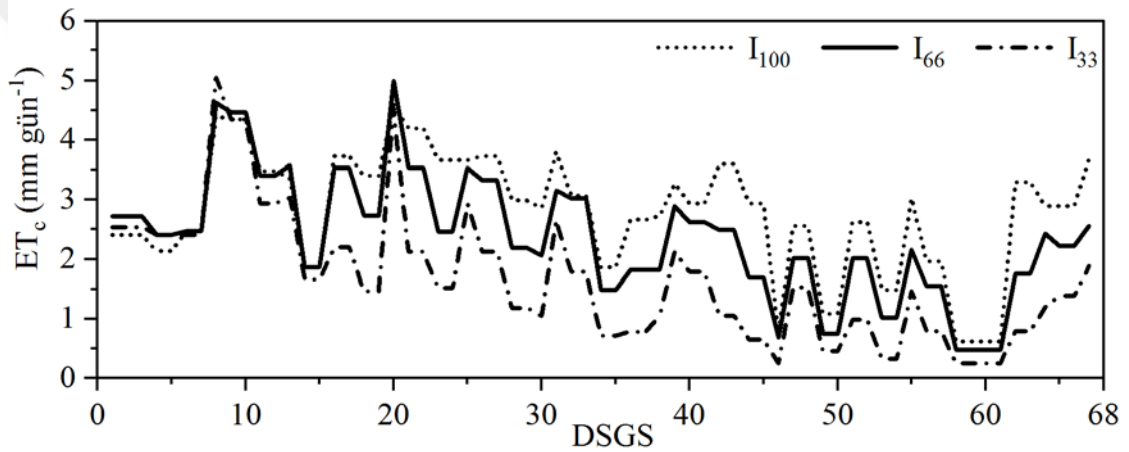
Şekil 4.4. Bitkili saksı grubundaki farklı sulama konularında toprak nem içeriğinin sezonluk değişimi

Şekil 4.3 ve 4.4, I₁₀₀ konusunda bitkisiz ve bitkili saksılarda su içeriğinin sırasıyla 33.1-31.2 kg ve 33.1-30.9 kg arasında değiştiğini göstermektedir. Yetiştirme sezonunu boyunca saksı su içerikleri tüketilmesine izin verilen su miktarı seviyesini (%30) geçmemiştir. Her iki saksı grubunda da yetiştirme döneminin sonuna doğru saksılardaki su içeriğinin azalma hızı yavaşlamıştır. Bu durum neticesinde sulama aralığı artmıştır. Bitkisiz ve bitkili saksı grubunda I₆₆ konusunda dönem başında sırasıyla 33 ve 33.5 kg toprak su içerirken dönem sonunda sırasıyla 30.1 ve 29.5 kg su içermektedir. Bu durum bitkili ve bitkisiz saksılarda dönem başı ile dönem sonu arasında sırasıyla 2.9 kg ve 4.0 kg toprak su açığı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, her sulamadan sonra toprak su içeriği değerlerini gösteren pik değerleri, bir önceki sulamanın yapıldığı zamana kıyasla azalmıştır. I₆₆ konusunda yaklaşık olarak DSGS 40. güne kadar her iki saksı grubundaki toprak nem içeriği değerlerindeki azalma hızı bu günden itibaren düşüş göstermiştir. Bu durum I₃₃ konusunda DSGS 47'den itibaren gözlemlenmiştir. I₃₃ konusunda dönem sonunda toprak nem içerikleri bitkisiz ve bitkili saksı gruplarında 28.3 kg'a kadar düşmüştür.

Her iki saksı grubunda da sulama aralıklarının artması ve su içeriğinin azalma hızının yavaşlamasının nedeni olarak sera koşullarında sıcaklığın azalması ve bağıl nemin artması olduğu düşünülmektedir. Çünkü yetiştirme dönemi sonunda Kasım sonundan Aralık ayına kadar sıcaklık düşmüş ve bağıl nem artmıştır. Yıldırım vd. (2015) birinci denemede uygulanan sulama miktarının ikinci denemeye göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü, birinci deneme Ekim-Aralık, ikinci deneme ise Ocak-Mart arasında yapılmıştır. Farklı sıcaklık ve bağıl nem nedeniyle marul bitkisinin sulama suyu ihtiyacı mevsimden mevsime farklılık gösterebilmektedir.

4.2.3. Farklı sulama konularında marul bitkisinin günlük bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin değişimi

Bitkili saksı grubundaki farklı sulama konuları için hesaplanan günlük ortalama ET_c değerleri EK-3’de verilirken, ET_c ’nin yetiştirme dönemi boyunca değişimi Şekil 4.5’te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Farklı sulama konularında ölçülen günlük ortalama ET_c değerleri

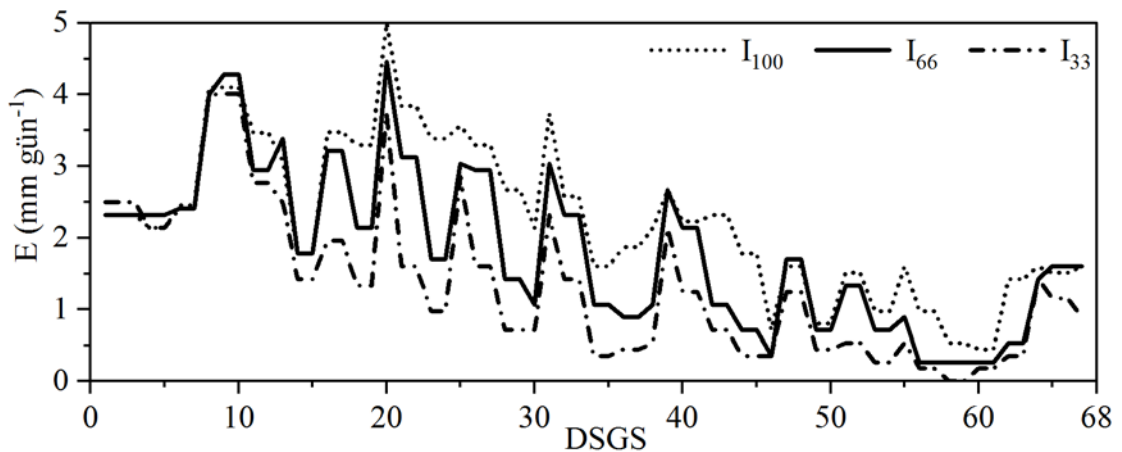
Şekil 4.5 genel olarak incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça günlük ortalama ET_c miktarlarının da azaldığı görülmektedir. I_{100} , I_{66} ve I_{33} konularında ölçülen toplam ET_c değerleri sırasıyla 186.5, 157.88 ve 110.51 mm’dir. Farklı sulama konularında günlük ortalama ET_c değerlerinin DSGS 16. güne kadar birbirlerine yakın olduğu, bu tarihten itibaren ise I_{33} konusunun diğer sulama konularından önemli ölçüde ayrılarak azaldığı belirlenmiştir. Şekil 4.5, sıcaklık (Şekil 4.1) ve nem (Şekil 4.2) grafikleri ile beraber değerlendirildiğinde bazı günlere ait ortalama ET_c değerlerindeki ani düşüşün yüksek nem ve düşük sıcaklık nedeniyle meydana geldiği anlaşılmaktadır. Şekil 4.5’de günlük ET_c değerlerinin yukarı yönlü pik yaptığı günlerde bağıl nem değerlerinin de düşük olduğu görülmektedir. Nitekim Ferrante ve Mariani (2018) yüksek bağıl nem koşullarında bitki su tüketiminin azaldığını bildirmiştir. Ayrıca, bağıl nemin yüksek ve sıcaklığın düşük olduğu günlerde sulama konularında meydana gelen ET_c miktarları arasındaki farkın diğer günlere kıyasla oldukça az olduğu saptanmıştır. Yıldırım vd. (2015) cam sera koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvırcık marulun verim ve gelişimine olan etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada sulama suyu programlaması A sınıfı buharlaşma kabına dayalı olarak yapılmıştır. Araştırmacılar pandan olan buharlaşmayı beş farklı pan katsayısı (K_{cp} = 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25) ile

çarparak beş farklı sulama konusunda uygulanacak sulama suyu miktarlarını hesaplamışlardır. Bu çalışmada benzer yetiştirme dönemlerinde ET_c miktarları 88 ($K_{cp} = 0.25$) ile 115 ($K_{cp}: 1.25$) mm arasında değişmiştir. Bu açıdan incelendiğinde bu çalışmadan elde edilen ET_c miktarları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılığa sera örtü tipi, iklim koşulları ve sulama programlamasında kullanılan yöntemin neden olduğu düşünülmektedir.

Bozkurt vd. (2009) yürüttükleri bir çalışmada marul bitkisinin sezonluk toplam ET miktarını kontrol konusunda 411 mm olduğunu belirtmişlerdir. Bozkurt ve Mansuroğlu (2011) aynı bölgede benzer deneme koşullarında yürüttükleri çalışmada kontrol konusundaki toplam ET'yi 452 mm olarak belirlemişlerdir. Aynı bölgede benzer koşullarda elde edilen ET değerleri arasındaki fark, yetiştirme dönemleri arasındaki iklim ve uygulanan sulama yöntemindeki farklılıklardan meydana gelmiş olabilir. Sahin vd. (2016) Erzurum'da yürüttükleri çalışmada tarla koşullarında yetiştirilen marul bitkisinin tam sulama konusundaki ET miktarının 204 mm olduğunu bildirmişlerdir. Kadayıfçı vd. (2004) plastik sera koşullarında saksılarda yetiştirilen marul bitkisinin malç uygulamasının yapıldığı ve yapılmadığı koşullarda sırasıyla 180 ve 285 mm olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar kültürel uygulamaların ET'yi önemli derecede etkilediğini göstermektedir. Kuslu vd. (2008) Erzurum'da yarı kurak iklim koşulları altında kıvrıcık marul üzerinde kısıntılı sulamanın etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar su stresine bağlı olarak ET'nin azaldığını ve kontrol konusunda ET'nin 232 mm olduğunu bildirmişlerdir. Literatürdeki ET değerleri ile bu çalışmadan elde edilen ET değerleri arasındaki farklılığın çeşit, iklim, yetiştirme koşulları ve kültürel uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.4. Farklı sulama konularında bitkisiz saksılardan meydana gelen evaporasyon (E) ve bitkili saksılardan meydana gelen evaporasyon (E_s) değerlerinin değişimi

Bitkisiz saksılarda farklı sulama konularında meydana gelen E miktarları EK-3'de verilirken, E değerlerinin yetiştirme dönemi boyunca dağılımı Şekil 4.6'da verilmiştir.

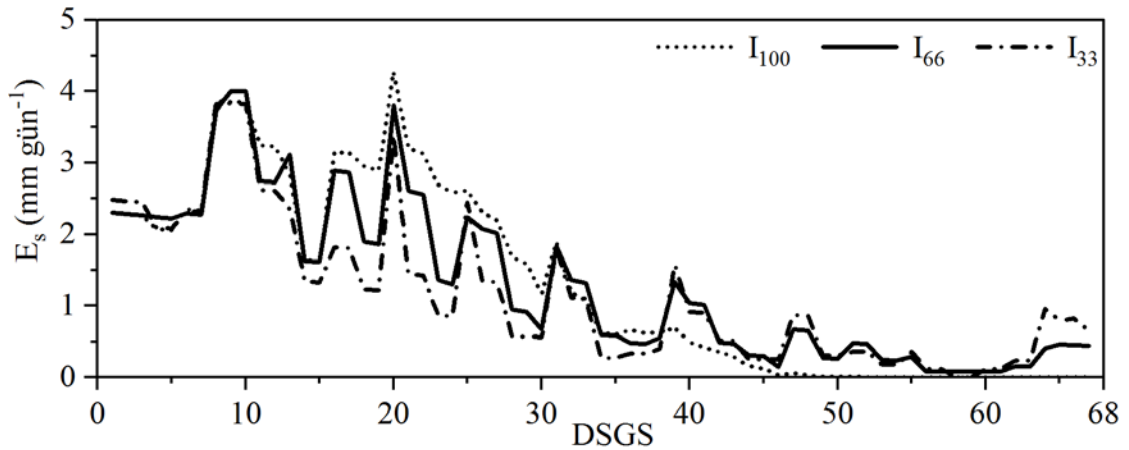


Şekil 4.6. Farklı sulama konularında bitkisiz saksılardan meydana gelen buharlaşma (E) miktarları

Üç farklı sulama seviyesinde (I_{100} , I_{66} , I_{33}) bitkisiz saksılardan meydana gelen toplam E miktarları sırasıyla 151.4, 126.5 ve 92 mm olarak gerçekleşmiştir. Sera içi iklim

koşulları bitkili saksılarda olduğu gibi bitkisiz saksı grubundaki farklı konulardaki buharlaşma miktarlarını da benzer biçimde etkilemiştir. Düşük nem koşullarında farklı sulama konularının E miktarları arasında farklılık artarken, yüksek nem ve düşük sıcaklık koşullarında sulama konuları arasında fark azalmıştır (Şekil 4.6). Çıplak topraktan olan bu E değerleri ET_c bileşenlerinden olan E değeri olarak kullanılamamaktadır. Çünkü bitki örtü yüzdesi arttıkça ET_c 'nin bileşenlerinden olan T miktarı artarken E miktarı düşmektedir. Buna karşın, çıplak toprak koşullarında yüzeyi gölgeleyecek her hangi bir bitki örtüsü bulunmadığı için E miktarı yalnızca iklim ve toprak nemi koşullarından etkilenmektedir. Bununla birlikte ET_c 'nin bileşenlerinden olan E_s 'yi belirlemek için E değerleri kullanılabilir. Bu amaçla, Eşitlik 3.3 kullanılmış ve farklı sulama konularında E_s değerlerinin günlük ortalama değerleri hesaplanmıştır (EK-4). E_s 'nin yetiştirme dönemi boyunca değişimi Şekil 4.7'de verilmiştir.

Flumignan vd. (2012) yaptıkları çalışmada çıplak toprak yüzeyinden E değerleri ve referans evapotranspirasyon (ET_0) değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğunu bildirmişlerdir. Gallardo vd. (1996a) bitki büyümesinin ilk aşamasında E 'nin, marul bitkisinin ET_c değeriyle neredeyse eşit olduğunu bildirmiştir. Çünkü bitki taçı oldukça küçük olduğu için, toprak yüzeyinin neredeyse tamamına buharlaşma için gerekli enerji ulaşmaktadır. Aynı sonuç Ventura vd. (2001) tarafından da rapor edilmiştir. Nitekim yaptığımız bu çalışmada da yetiştirme döneminin başında bitkili ve bitkisiz saksılardan meydana gelen toplam buharlaşma miktarları birbirlerine çok yakın olarak elde edilmiştir. Eberbach ve Pala (2005) sıra aralığının evapotranspirasyon bileşenlerinin ayrılması üzerindeki etkisini incelemek için Suriye'de bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu araştırmacılar, geniş sıra aralıklı konulardan elde edilen toprak buharlaşma değerlerinin 205 mm'ye, terlemenin 172 mm'ye ulaştığını belirtmişlerdir. Bu durum gölgeleme yüzdesi ile ilişkilidir.



Şekil 4.7. Farklı sulama konularında bitkili saksılardan meydana gelen buharlaşma (E_s) miktarları

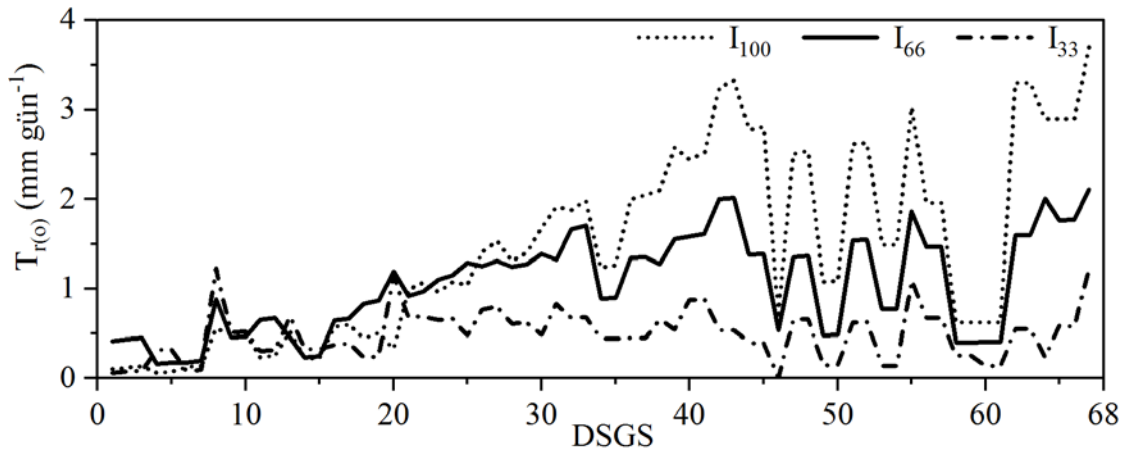
I_{100} , I_{66} , ve I_{33} konularında sırasıyla toplam 89.36, 87.89, 77.68 mm E_s meydana gelmiştir (Şekil 4.7). Sezonluk E_s değerleri incelendiğinde farklı sulama konularındaki buharlaşma miktarlarına iklime ek olarak bitki gelişim düzeylerinin de etki ettiği görülmektedir. E_s değerleri bitki gelişiminin erken dönemlerinde yüksek iken, yetiştirme döneminin sonuna doğru bitki örtüsünün artması nedeniyle azalmıştır. Nitekim Kadayıfçı

vd. (2004) bitki gelişiminin erken dönemlerinde buharlaşmanın yüksek olduğunu ve bitki büyümesine bağlı olarak azalmaya başladığını belirtmişlerdir. Zhang vd. (2013) ise E_s 'nin bitki gelişim döneminin başında ET_c 'nin ana bileşeni olduğunu ifade etmiştir. Farklı sulama konuları incelendiğinde, genel olarak DSGS 31. güne kadar en yüksek E_s miktarı I_{100} konusundan meydana gelirken, daha sonraki günlerde diğer sulama konularına kıyasla daha az E_s meydana gelmiştir. DSGS 45. günden itibaren ise I_{100} konusunda E_s sıfıra yakın seyretmiştir. Ayrıca kısıntılı sulama konularındaki (I_{66} ve I_{33}) E_s miktarlarının, tam sulanan konu olan I_{100} konusuna kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çünkü su stresinin olmadığı I_{100} konusunda diğer konulara kıyasla bitki gelişimi daha iyi olmuştur.

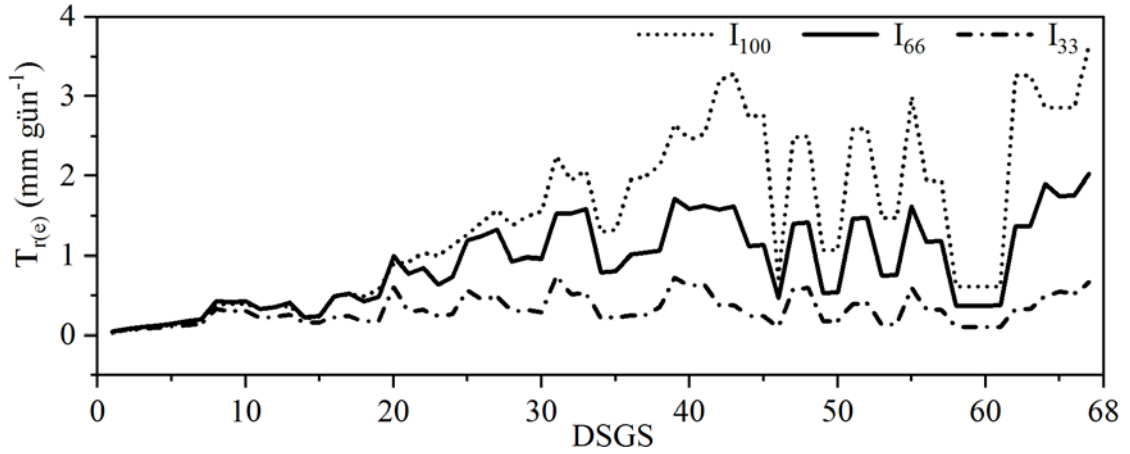
Çıplak toprak buharlaşmasından farklı olarak, bitki gölgesi altında meydana gelen buharlaşma, bitki örtü yüzdesinden etkilenmektedir. Bitki kanopisi tarafından yakalanan radyasyon, örtü altındaki buharlaşmanın azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, toprak örtüsü yüzdesinin artması buharlaşma oranını azaltmaktadır (Ritchie 1972; Tanner ve Jury 1976; Wang vd. 2007). Öte yandan, su stresinin E ve T 'yi önemli düzeyde etkilediği bilinmektedir (Sammis vd. 1990). Sammis vd. (1990) kısıntılı sulama konularında buharlaşma değerinin terleme değerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca literatürdeki birçok araştırmacı, dönemin başında ET_c 'nin baskın bileşeninin E_s olduğu ve vejetatif örtü arttıkça E_s 'in azaldığı konusunda hemfikirdir (Ritchie 1972; Tanner ve Jury 1976; Sammis vd. 1990; Wang vd. 2007).

4.2.5. Farklı sulama konularında marul bitkisinin ölçülen ($T_{r(o)}$) ve model ile tahmin edilen ($T_{r(e)}$) günlük transpirasyon değerlerinin değişimi

Marul bitkisinin farklı sulama konularında ölçülen ($T_{r(o)}$) ve model (Eşitlik 3.5) ile tahmin edilen ($T_{r(e)}$) günlük transpirasyon değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.



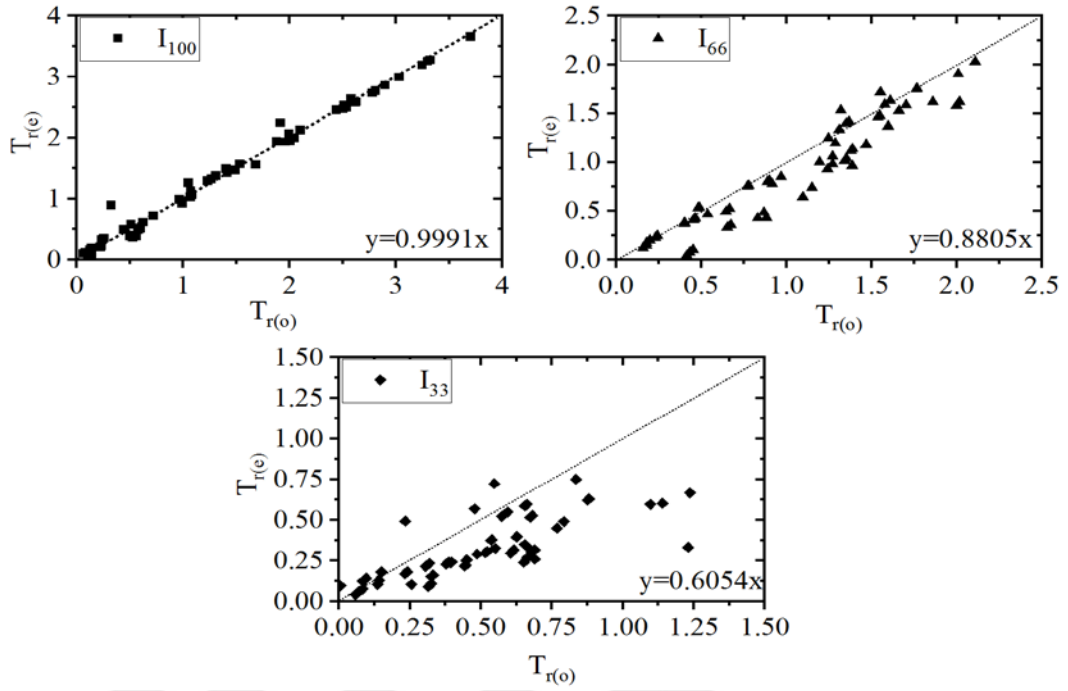
Şekil 4.8. Farklı sulama konularında ölçülen transpirasyon ($T_{r(o)}$) değerleri



Şekil 4.9. Farklı sulama konularında model ile tahmin edilen transpirasyon ($T_{r(e)}$) değerleri

Yetiştirme dönemi boyunca toplam $T_{r(o)}$ değerleri I_{100} , I_{66} ve I_{33} konusunda sırasıyla 97.4, 70.3 ve 33.0 mm olarak ölçülürken, $T_{r(e)}$ değerleri 97.9, 60.6 ve 21.2 mm olarak tahmin edilmiştir. Şekil 4.8 ve 4.9'daki iklimsel veriler ile beraber değerlendirildiğinde, $T_{r(o)}$ ve $T_{r(e)}$ değerlerinin sera içi ikliminden etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle, düşük sıcaklık ve yüksek nem koşullarında terlemenin azaldığı görülmektedir. E'nin aksine $T_{r(o)}$ ve $T_{r(e)}$ değerleri bitki örtüsündeki büyümeyle orantılı olarak artmıştır. Bu nedenle, I_{100} konusunda en yüksek $T_{r(o)}$ ve $T_{r(e)}$ değerleri elde edilmiştir. Yetiştirme dönemi boyunca bitki gelişimine bağlı olarak E değeri azaldıkça $T_{r(o)}$ ve $T_{r(e)}$ miktarları artmıştır. $T_{r(o)}$ ve $T_{r(e)}$ miktarlarının günlük değişimi, model performansı hakkında bilgi vermektedir. Fakat, ölçülen ve model ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla bazı performans kriterlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Farklı sulama konularında ölçülen ve tahmin edilen günlük transpirasyon miktarlarının birebir çizgisi etrafında dağılımı Şekil 4.10'da gösterilirken model performansı ile ilgili istatistiksel bilgiler Çizelge 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.10. Farklı sulama konularında ölçülen ($T_{r(o)}$) ve model ($T_{r(e)}$) ile tahmin edilen transpirasyon değerinin bire bir çizgisi etrafındaki dağılımı

Çizelge 4.3. Transpirasyon modelinin bazı performans değerleri

Sulama Konusu	R^2	RMSE	RE	MBE	d
I_{100}	0.990	0.104	0.071	-0.08	0.998
I_{66}	0.912	0.218	0.208	0.145	0.960
I_{33}	0.589	0.255	0.517	0.176	0.743

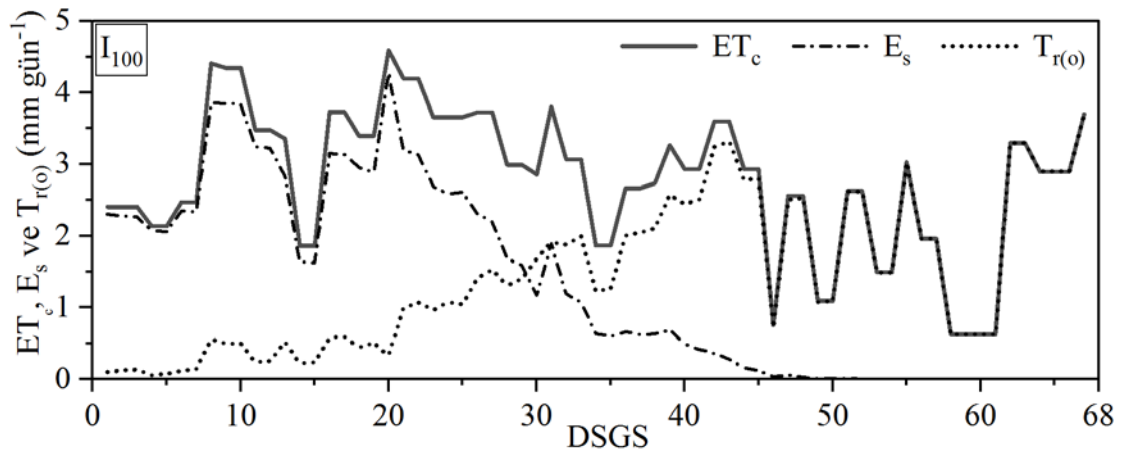
Araştırmada ölçülen ($T_{r(o)}$) ve model ($T_{r(e)}$) ile tahmin edilen transpirasyon değerlerinin bire bir çizgisi etrafındaki dağılımı (Şekil 4.10) ve modele ait bazı performans kriterleri (Çizelge 4.3) incelendiğinde en yüksek R^2 ve d ile en düşük RMSE, RE ve MBE değerinin I_{100} konusundan elde edildiği belirlenmiştir. I_{100} konusunda MBE değerleri çok küçük seviyede de olsa, modelin transpirasyon değerlerini yüksek tahmin ettiğini göstermektedir. Buna karşın, I_{66} ve I_{33} konusunda model transpirasyon değerlerini daha az tahmin etme eğilimindedir. En düşük performans ise su stresinin en fazla olduğu I_{33} konusunda meydana gelmiştir. Çizelge 4.3'ten su stresine bağlı olarak model performansının azaldığını anlaşılmaktadır. Bu aynı zamanda Akdeniz iklimin görüldüğü plastik sera koşullarında yetiştirilen marul bitkisinde Hernandez-Suarez (1998) tarafından önerilen modelin su stresine bağlı olarak model katsayılarının revize edilerek kullanılabileceğini göstermektedir. Çünkü, model bitki gelişimine bağlı olarak bitki yaprakları tarafından günlük radyasyon yakalama oranını içermektedir. Su stresi koşullarında bitki gelişimi, tam sulama konusuna kıyasla daha az olmaktadır. Bu durum

neticesinde ise model transpirasyon değerini fazla tahmin etmektedir. Ayrıca, Zhang vd. (2013) bitki örtüsünün fraksiyonu (f_c) haricinde bitki gelişim dönemlerinin artmasıyla da transpirasyonun arttığını bildirmiştir. Sonuç olarak, su stresinin olmadığı veya düşük su stresinin mevcut olduğu koşullarda bu modelin transpirasyonu hesaplamak için kullanılabileceği önerilirken, şiddetli su stresi koşullarında kullanımı önerilmemektedir.

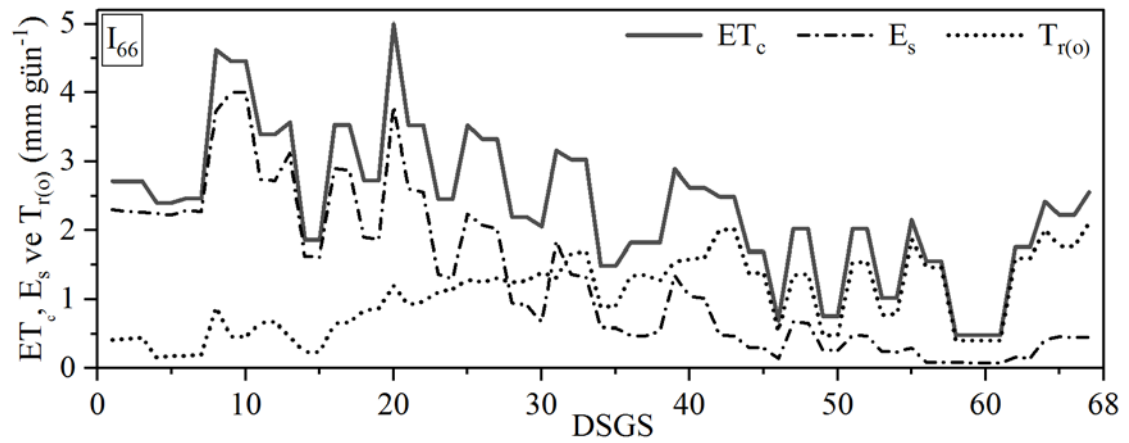
Kadayıfçı vd. (2004), Sammis vd. (1990) ve literatürdeki diğer birçok araştırmacı da sulama suyu miktarı arttıkça T 'nin arttığını göstermektedir. De-Graaf ve van den Ende (1981), bitki gelişimine bağlı olarak T 'nin arttığını belirtmişlerdir. Gallardo vd. (1996a) marul bitkisinin günlük terlemesinin ekimden 32 gün sonra ve dikimden 42 gün sonra sırasıyla 0.6 mm gün^{-1} ile 2.2 mm gün^{-1} arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, bazı bitkilerde yaprak yaşlanması veya yaprak dökümü nedeniyle mevsim sonunda terleme hızının düştüğü bildirilmiştir. Zhang vd. (2013) mısır bitkilerinin özellikle bitki hasadına yakın olduğu zamanlarda, bitki örtüsünün yaşlanması ve yaprakların düşmesine bağlı olarak T 'nin azaldığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada marul bitkisi kullanıldığı için yaprak dökümü olmamış ve bitki örtüsünün azalmasıyla terleme azalmamıştır. Hernandez-Suarez (1988) tarafından geliştirilen bu model, terleme, buharlaşma ve ET_c 'yi tahmin etmek için Ventura vd. (2001) tarafından da kullanılmıştır. Bu araştırmacılar, modelin geçerliliğini incelemek için modelden tahmin edilen ET_c 'yi diğer yöntemlerden hesaplanan ET_c ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, modellenen ET_c ile ölçülen ET_c ($RMSE = 0.90$ ile $R^2 = 0.62$) arasında iyi bir uyum olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada gözlenen ($T_{r(o)}$) ve modellenen ($T_{r(e)}$) arasında iyi bir ilişki olmasına rağmen Ventura vd. (2001) elde ettiği sonuçlar, ET_c söz konusu olduğunda modelin performansının düştüğünü göstermektedir.

4.2.6. Farklı sulama konularında marul bitkisinin bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi

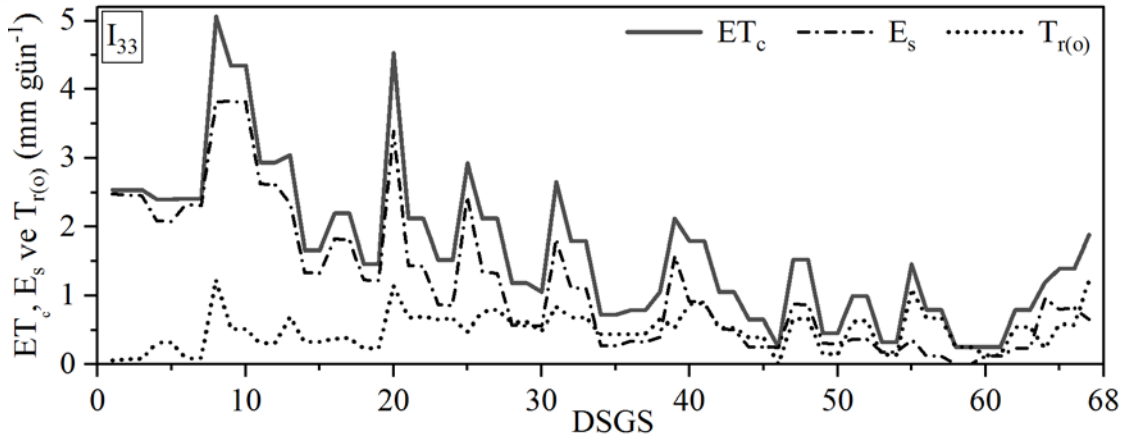
Marul bitkisinde ET_c ve bileşenlerinin birbirleri arasındaki ilişkileri daha iyi anlamak amacıyla her bir sulama konusu için günlük ortalama değerlerin sezonluk değişimini gösteren şekiller hazırlanmıştır. Bu amaçla I_{100} , I_{66} ve I_{33} konusu için hazırlanan şekiller sırasıyla Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Marul bitkisinin I_{100} sulama konusunda bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi



Şekil 4.12. Marul bitkisinin I₆₆ sulama konusunda bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi



Şekil 4.13. Marul bitkisinin I₃₃ sulama konusunda bitki su tüketimi bileşenlerinin yetiştirme sezonu boyunca değişimi

I₁₀₀ konusunun bitki su tüketimi bileşenleri incelendiğinde yetiştirme döneminin ilk haftasında ET_c'nin büyük bir bölümünün E_s'den meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.11). Buna karşın, bitki gelişiminin arttığı yetiştirme döneminin devamında E_s sürekli azalma eğilimi göstermiştir ve yetiştirme döneminin yaklaşık son çeyreğinde sıfıra yakın seyretmiştir. I₁₀₀ konusunda DSGS 29. günde E_s ve T_{r(o)} değerleri eşitlenmiştir. Ayrıca T_{r(o)} değerlerinin yetiştirme sezonun başından itibaren ET_c içindeki oranı sürekli artmıştır.

I₁₀₀ konusuna benzer biçimde I₆₆ konusunda da T_{r(o)} değerleri yetiştirme sezonunun başından itibaren bitki gelişimine bağlı olarak sürekli artmıştır (Şekil 4.12). Fakat DSGS 60. günden itibaren yetiştirme sezonun sonuna doğru T_{r(o)}'nun ET_c içinde oranı düşmüştür. Bu durum yetiştirme döneminin bu aralığında marul bitkisinin bu seviyedeki su kısıntısı koşullarında su stresinden daha fazla etkilendiğini göstermektedir.

Şekil 4.13 incelendiğinde ise diğer sulama konularının aksine I₃₃ konusunda E_s'nin ET_c içindeki payının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. I₃₃ konusunda yukarı ve aşağı pik değerleri E_s'nin T_{r(o)}'ya kıyasla iklimden daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Aynı

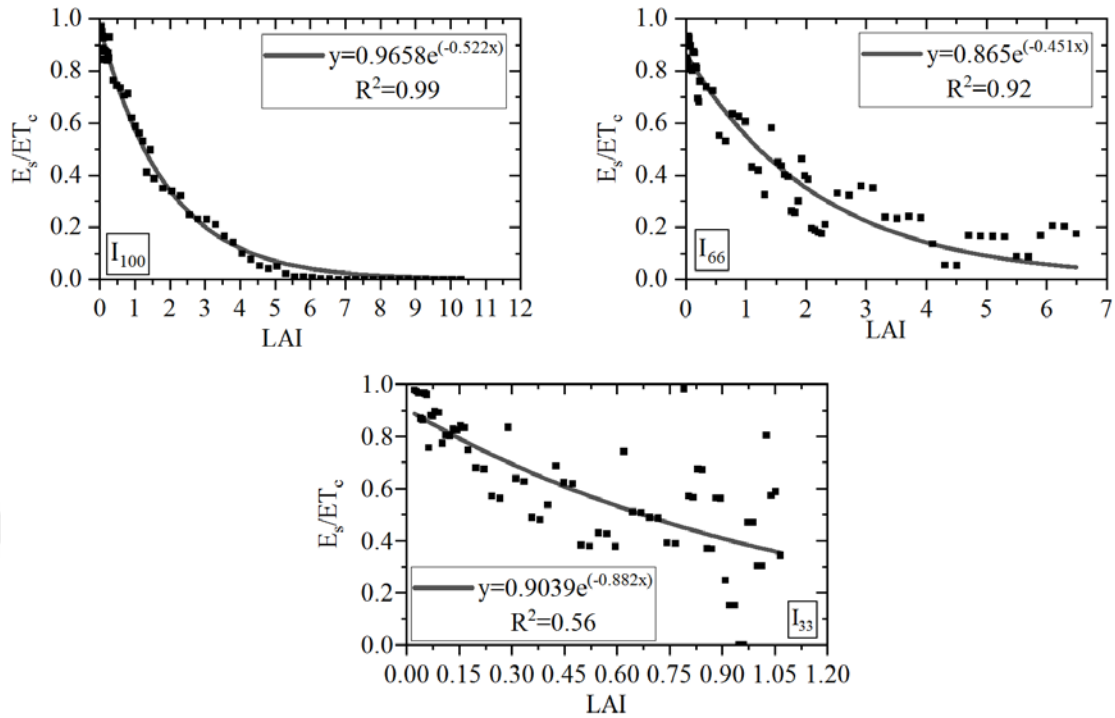
zamanda bitki gelişimi daha az olduğu için gölgeleme alanı da azalmış ve dolayısıyla buharlaşma bileşeni daha fazla artmıştır.

Toplam E/ET oranı değerleri I_{33} , I_{66} ve I_{100} için sırasıyla %70.2, %55.6 ve %48 olarak belirlenmiş, evaporasyon oranının kısıntılı sulamada yüksek, tam sulamada düşük olduğu bulunmuştur. Buna karşın, T/ET oranı I_{33} , I_{66} ve I_{100} için sırasıyla %29.8, %44.4 ve %52.1 olarak saplanmıştır. E'den farklı olarak, tam sulama konusunda T'nin oranı yüksek, bitki gelişimine paralel olarak kısıntılı sulama konularında düşük olduğu bulunmuştur.

Liu vd. (2002) buğday ve mısırın iyi gelişmediği ve terleme oranının buharlaşma oranından daha düşük olduğu durumlarda E'nin ET içinde oranının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Zhang vd. (2013) örtü yüzdesi ve yaprak alanı indeksine bağlı olarak T'nin ET içindeki oranının arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar yaprağın yaşlanmasına bağlı olarak mevsim sonunda terlemenin biraz azaldığını belirtmişlerdir. Kadayıfçı vd. (2004) kontrol konusundaki marul bitkisinin E/ET oranının 0.49 olduğunu bildirmişlerdir. Wang vd. (2014) izotopik yöntem kullanıldığında T/ET oranının %90'a ulaştığını bildirmişlerdir. Çelik vd. (2018) kışlık buğdayda T'nin bitkisi su tüketimine oranının yağışa dayalı susuz konuda (S0) %66'ya ve sulanan konuda (S1) %75'e ulaştığını bildirmişlerdir. Abu-Awwad (1994) mısırdaki E/ET oranının sulama sisteminden etkilendiğini bildirmiştir. Damla sulama koşullarında E'nin ET içindeki oranının %15 olduğunu, yağmurlama sulama sisteminde ise bu değer %23'e ulaştığını belirtmiştir. Heris vd. (2016) kanola bitkisinin T/ET oranının bitkinin erken döneminde 0.0 olduğunu ve LAI ve örtü yüzdesinin artmasıyla T oranının hızla artarak 0.87'ye kadar yükseldiğini belirtmişlerdir. Zhou vd. (2017) mısır bitkisinde yaptıkları çalışmalarında T'nin ET içinde oranının %79'a kadar çıktığını belirtirken, yetiştirme döneminin son aşamasında T oranının azalmaya başladığını bildirmiştir. Sun vd. (2005) mısır bitkisinde mikrolizimetreden dolayı olarak T'yi hesaplayarak T'nin ET'ye oranının %67'ye ulaştığını gözlemlemiştir. Literatürdeki araştırmacılar, toplam terleme oranının her zaman buharlaşma oranından daha yüksek olduğu konusunda hemfikirdir.

4.2.7. Farklı sulama konularında marul bitkisine ait E_s/ET ve LAI arasındaki ilişkiler

Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'den bitki gelişimine bağlı olarak E_s 'in ET_c içindeki oranının düştüğü anlaşılmaktadır. Bu nedenle bitki gelişiminin bir göstergesi olan LAI ile E_s/ET_c oranı arasında ilişkinin belirlenmesi amacıyla Şekil 4.14 hazırlanmıştır.



Şekil 4.14. Farklı sulama konularından elde edilen LAI değerleri ile E_s/ET_c arasındaki ilişkiler

Şekil 4.14 incelendiğinde LAI değerleri ile E_s/ET_c arasında tüm sulama konularında en iyi ilişkinin üssel ilişki olduğu belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda su stresinin olmadığı koşullarda LAI ile E_s/ET_c arasındaki ilişkinin en iyi üssel olarak elde edildiğini göstermiştir (Liu vd. 2002; Sun vd. 2005; Wang vd. 2007). En yüksek ilişki I_{100} konusundan elde edilirken en zayıf ilişki I_{33} konusundan elde edilmiştir. Bu durum artan sulama stresinin LAI değerleri ile E_s/ET_c arasındaki ilişkinin doğruluğunu azalttığını göstermektedir.

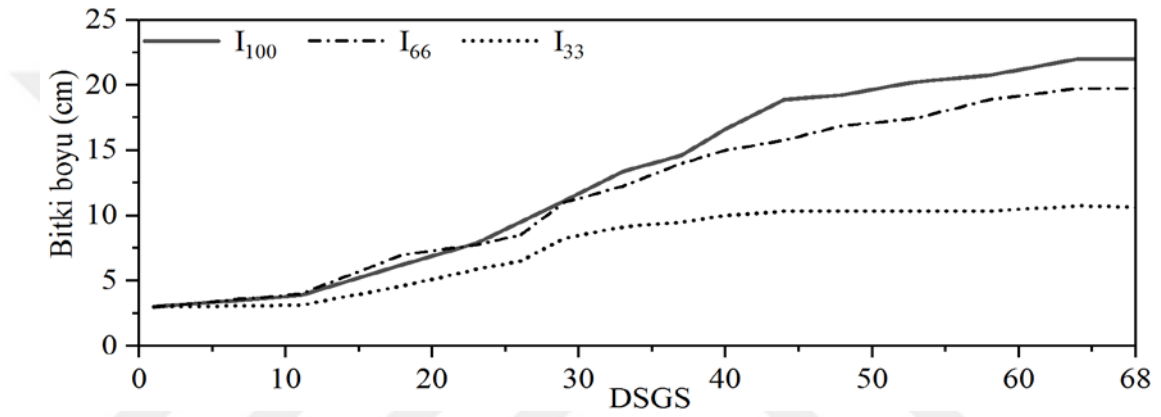
Ayrıca bu, bitki terleme ve toprak buharlaşması için su ihtiyacını karşıladığında, E_s/ET_c 'nin esas olarak LAI'den etkilendiği anlamına gelmektedir (Liu vd. 2002). Bitki, su stresine maruz kaldığında yaprak alanı azalır ve buharlaşma artar. Bu nedenle, E_s/ET_c arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler zayıftır ve üstel fonksiyon, LAI ile E_s/ET_c arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi belirtmek için kullanılamaz. Liu vd. (2002) mısır bitkisinde üstel fonksiyona sahip E/ET_c ve LAI arasındaki ilişkinin, E_s/ET_c ve LAI arasında kuvvetli bir negatif korelasyon bulunduğunu belirtmişlerdir. Fereres vd.(1989) pamuk, ayçiçeği ve mısır bitkileri altında E/ET ve LAI arasındaki ilişkiyi üstel fonksiyon kullanarak göstermiş ve bu çalışmadan elde edilen değere yaklaşık olarak benzer R^2 değeri bulmuştur. Gong vd. (2021) sera koşullarında domates bitkilerinde E/ET_c ve LAI arasındaki korelasyonun ardışık üç yılda $R^2 = 0.72$ ile 0.78 arasında değiştiğini bildirmiştir.

4.3. Farklı Sulama Konularında Bazı Büyüme ve Verim Parametrelerin Sezonluk Değişimi

Akdeniz tipi düşük teknoloji seralarda yetiştirilen marul bitkisinde farklı sulama konularının bazı büyüme ve verim parametrelerine olan etkisinin sezonluk değişimini incelemek amacıyla grafikler hazırlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan grafiklerde ordinat ekseninde bitki büyüme ve verim parametreleri, apsis ekseninde ise dikimden sonra geçen gün sayısı (DSGS) verilmiştir.

4.3.1. Farklı sulama konularında bitki boyunun sezonluk değişimi

Yetiştirme dönemi boyunca farklı sulama konularının bitki boyuna olan etkisi Şekil 4.15’de verilmiştir.

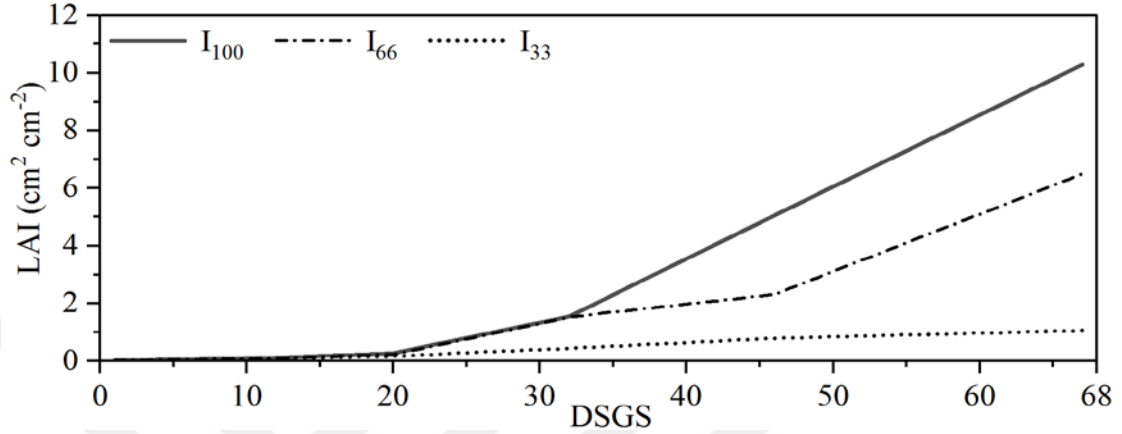


Şekil 4.15. Farklı sulama konularında bitki boyunun sezonluk değişimi

Farklı sulama konularında marul bitkisinin sezonluk bitki boyu değişimleri incelendiğinde (Şekil 4.15) I100 ve I66 konusunun DSGS 38. Güne kadar birbirlerine yakın olduğu görülürken bu tarihten itibaren bitki boyları arasındaki farklar artmıştır. Çünkü, I66 konusu yetiştirme döneminin başlarında su stresinden etkilenmemesine rağmen gelişme döneminin ortalarına kadar hızla gelişen bitki, su stresinden daha fazla etkilenmiştir. Bu durum sonucunda bitki boyu gelişimi yavaşlamıştır. Bu yavaşlama I33 konusunda DSGS 10 ve DSGS 29. günlerde gözlemlenmiştir. I33 konusunda DSGS 29. günden itibaren ise bitki boyu gelişim hızı çok yavaşlamıştır. Kirnak vd. (2016) marul bitki boyunun dikimden 30 gün sonra hızla arttığını belirtirken tam sulama konusu ile tam sulama konusuna kıyasla %25 kısıntı yapılan sulama konularındaki bitki boylarının hasat döneminde birbirlerine yakın olduğunu ifade etmişlerdir. Şekil 4.15 incelendiğinde artan su stresi nedeniyle bitki boyunda kısalma olduğu saptanmıştır. Nitekim daha önce yapılan çok sayıda çalışmada su stresine bağlı olarak marul bitki boyunun azaldığı ifade edilmiştir (Gallardo vd. 1996b; Yıldırım vd. 2015; Kirnak vd. 2016; Mohamoud 2019).

4.3.2. Farklı sulama konularında yaprak alan indeksinin (LAI) sezonluk değişimi

Marul bitkisinin farklı sulama konularına bağlı olarak değişen günlük yaprak alan indeksi (LAI) değeri Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

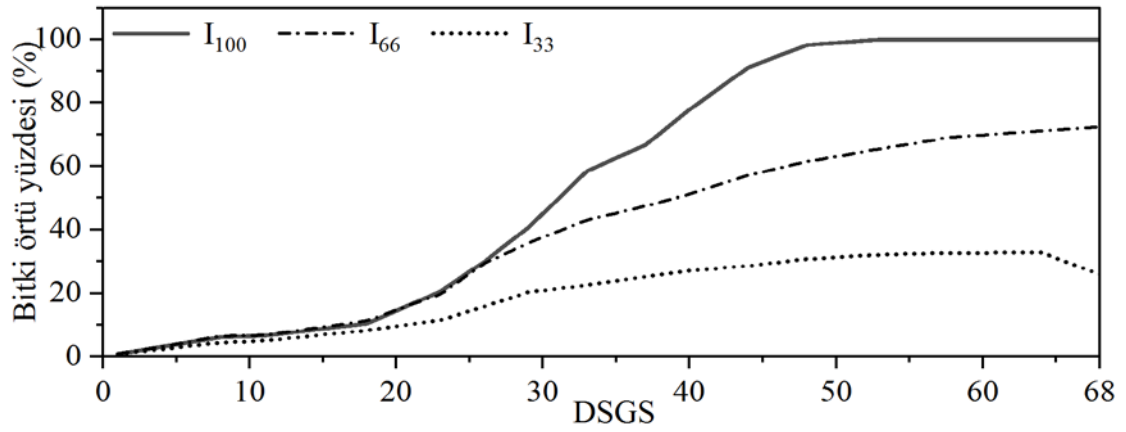


Şekil 4.16. Farklı sulama konularında LAI’nın sezonluk değişimi

Şekil 4.16’dan DSGS 20. güne kadar tüm sulama konularındaki LAI değerleri birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. DSGS 20. günden itibaren I₃₃ konusuna ait LAI’nın gelişim hızı diğer konulara kıyasla yavaşlamıştır. Bu durum su stresinden ilk olarak I₃₃ konusunun etkilendiğini göstermektedir. DSGS 33. güne kadar I₆₆ ve I₁₀₀ konusundaki bitkilerin LAI değerleri çok yakın olmasına rağmen, artan su stresi I₆₆ konusunun gelişimini etkilemiştir. Zhou vd. (2017) LAI’nın E ve T değerlerini doğrudan etkilediğini bildirmişlerdir. Artan LAI’ye bağlı olarak E’nin azalacağı T’nin artacağı ifade edilmiştir. Ayrıca LAI’nın, E ve T’nin ET içindeki oranlarında da farklılıklara sebep olacağı belirtilmiştir. Yıldırım vd. (2015) ise marul bitkisine farklı su seviyeleri uygulanmasının yaprak alanını etkilediğini bildirmişlerdir. Issaka vd. (2017) marul bitkisinin mevcut su içeriğine bağlı olarak LAI değerlerinin dikimden 10 gün sonra artmaya başladığını bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar (Gallardo vd. 1996b; Ventura vd. 2001) daha doğru ET ve T tahmini için LAI yerine bitki örtü yüzdesinin kullanılmasının daha güvenilir olduğunu ifade etmişlerdir. Karam vd. (2002) marul bitkisinde tam sulama konusuna kıyasla, tam sulama konusunun %80 ve %60’ı kadar su uygulanan konularda LAI değerlerinin sırasıyla %10 ve %30 azaldığını saptamışlardır.

4.3.3. Farklı sulama konularında örtü yüzdesinin sezonluk değişimi

Farklı sulama konularında yetiştirilen marul bitkisinin sezonluk örtü yüzdesinin değişimi Şekil 4.17’de verilmiştir.

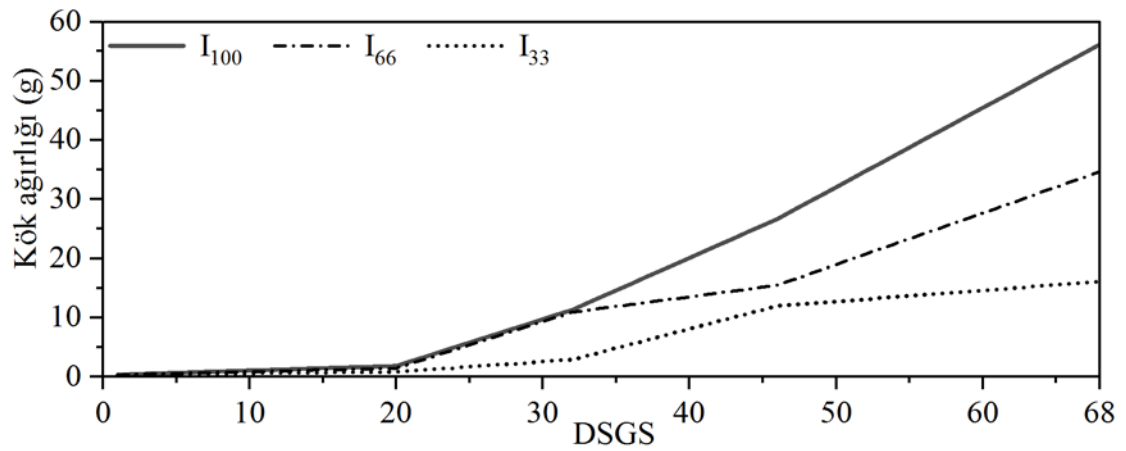


Şekil 4.17. Farklı sulama konularına ait bitkilerin örtü yüzdelerinin sezonluk değişimi

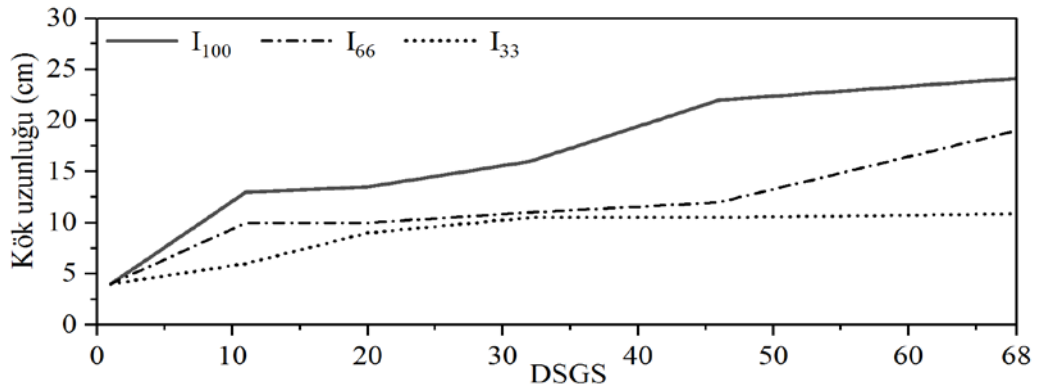
Çok sayıda araştırmacı (Ritchie 1972; Tanner vd. 1976; Hernandez-Suarez 1988; Gallardo vd.1996a; Ventura vd. 2001) ET'yi bileşenlerine ayırmak amacıyla bitki örtü yüzdesini kullanmışlardır. Bu çalışmada da bitki örtü yüzdesi parametresi hem doğrudan ölçülen terleme ($T_{r(o)}$) hem de tahmin edilen terleme ($T_{r(e)}$) değerlerinin belirlenmesi açısından gerekli parametrelerin başında gelmektedir. Şekil 4.17 incelendiğinde I_{33} ve I_{66} konusundaki bitkilerin su stresi nedeniyle taç gelişimini tamamlayamadığı görülmüşken I_{100} konusunda bitkilerin DSGS 53. günde saksı yüzeyini tamamen kapadığı görülmektedir. I_{33} konusunda ise su stresi nedeniyle bitki yapraklarında meydana gelen bozulma neticesinde DSGS 64. günden itibaren örtü yüzdesi azalmaya başlamıştır. I_{100} ve I_{66} konusuna ait bitkilerin örtü yüzdeleri DSGS 26. güne kadar çok yakın seyrederken sonrasında bitki gelişimleri uygulanan sulama suyu seviyesine bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

4.3.4. Farklı sulama konularında kök ağırlığı ve kök uzunluğunun sezonluk değişimleri

Farklı sulama konularında yetiştirilen marul bitkisinin sezonluk kök uzunluğu ve ağırlığının değişimi sırasıyla Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'de verilmiştir.



Şekil 4.18. Farklı sulama konularında kök ağırlıklarının sezonluk değişimi

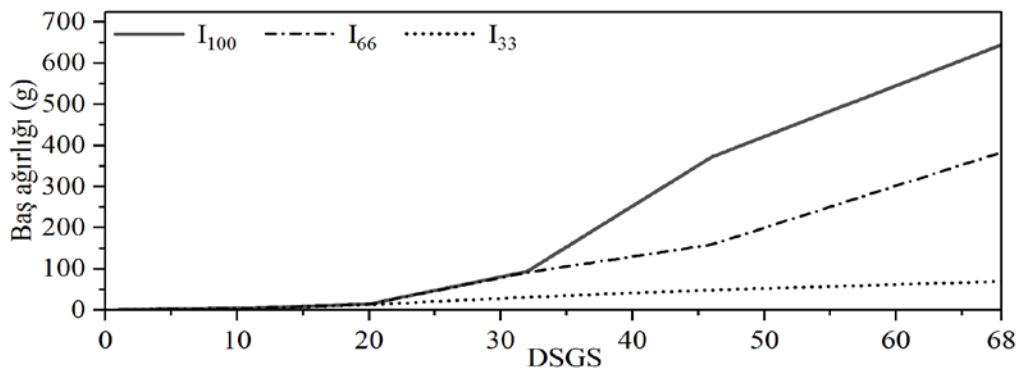


Şekil 4.19. Farklı sulama konularında kök uzunluklarının sezonluk değişimi

Şekil 4.19'da da görüleceği üzere su stresinin en çok etkilediği parametrelerden birinin kök uzunluğu olduğu anlaşılmaktadır. Yetiştirme döneminin başından itibaren uygulanan sulama suyu miktarı kök uzunluğuna etki ederek konular arasında farklılığa neden olmuştur. Farklı sulama konularındaki bitkilerin kök ağırlıkları incelendiğinde DSGS 20. güne kadar konular arasında farklılığın olmadığı gözlemlenirken, DSGS 32. güne kadar I₁₀₀ e I₃₃ konuları arasında da farklılık gözlemlenmemiştir. Bu durum I₁₀₀ konusuna kıyasla I₆₆ ve I₃₃ konusundaki bitkilerin kök gelişiminin daha çok yanal olduğunu göstermektedir. I₃₃ konusunda DSGS 34. günden itibaren kök uzunluğunun artmamasına rağmen kök ağırlığının artması bitkinin kök bölgesindeki az miktarda suyu alabilmek amacıyla kılcal kök gelişimini devam ettirmesine sebep olmuştur. Farklı konulardaki bitkilerin kök ağırlığı ve LAI değerlerinin sezonluk değişimleri arasında benzer eğilimlerin olduğu saptanmıştır. Bu durum bitki kök ve gövde gelişiminin birbirleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Issaka vd. (2017) dikimden 25 gün sonra kök uzunluğunun hızla arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca dikimden 30 gün sonra %50 sulama seviyesindeki kök uzunluğunun 25% sulama seviyesinden daha düşük olduğunu da göstermişlerdir. Öte yandan bu araştırmacılar, dört sulama seviyesinden elde edilen marul bitkisinin yetiştirme dönemi sonundaki kök uzunlukları arasında önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

4.3.5. Farklı sulama konularında baş ağırlığının sezonluk değişimi

Yetiştirme dönemi boyunca farklı sulama konularında marul bitkisinin baş ağırlıklarının sezonluk değişimleri Şekil 4.20'de verilmiştir.

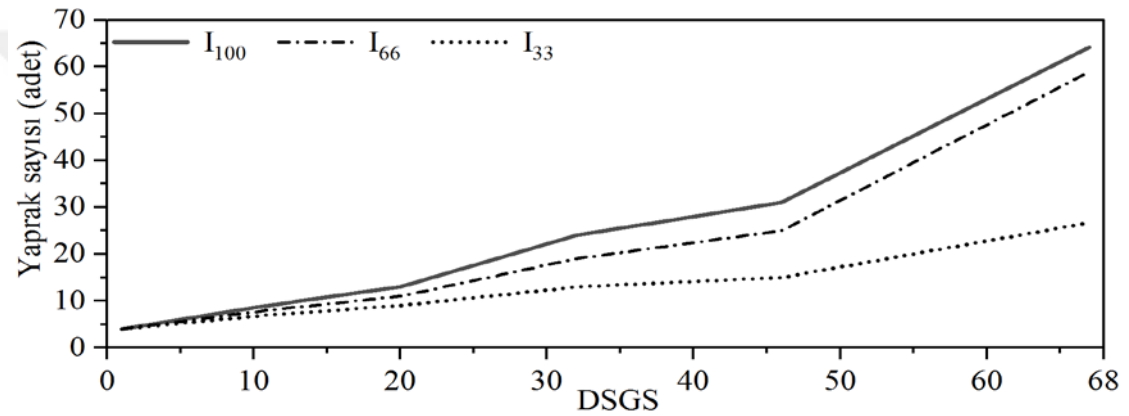


Şekil 4.20. Farklı sulama konularında baş ağırlıklarının sezonluk değişimi

Şekil 4.20 incelendiğinde LAI, kök ağırlığı ve baş ağırlıklarının sezonluk değişimleri arasında benzerliklerin olduğu görülmektedir. Farklı sulama konularındaki bitkilerin kök ağırlığı ve LAI gibi baş ağırlıkları da DSGS 20. güne kadar birbirlerine yakın seyretmiştir. Yine bahsedilen diğer bitki parametrelerine benzer biçimde baş ağırlıkları DSGS 20-32. gün arasında I_{100} ve I_{66} konularından bir birine yakın, I_{33} konusundan ise diğer konulara göre daha az elde edilmiştir. DSGS 32. günden itibaren ise uygulanan sulama suyu ile orantılı olarak konular arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Acar vd. (2008) araştırmalarında, uygulanan sulama suyunun artmasıyla marul baş ağırlığının arttığını da bildirmişlerdir.

4.3.6. Farklı sulama konularında yaprak sayısının sezonluk değişimi

Yetiştirme dönemi boyunca farklı sulama konularında marul bitkisinin yaprak sayılarının değişimleri Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21. Farklı sulama konularında yaprak sayısının sezonluk değişimi

Şekil 4.21’den sulama konularına bağlı olarak kök uzunluğu gibi yaprak sayılarındaki farklılığın yetiştirme sezonun ilk gününden itibaren başladığı anlaşılmaktadır. Bu durum ortalama yaprak alanının uygulanan sulama suyundan etkilendiğini ve su stresi arttıkça ortalama yaprak alanının azaldığını göstermektedir. En yüksek su stresinin oluşturulduğu I_{33} konusu da dahil, yetiştirme dönemi boyunca tüm konuların yaprak sayılarındaki artış bitki gelişiminin devam ettiğini göstermektedir.

4.4. Farklı Sulama Konularının Büyüme ve Verim Parametrelerine Etkisi

Yetiştirme sezonunun sonunda farklı sulama konularının marul bitkisinin bazı büyüme ve verim parametrelerine olan etkisi Çizelge 4.4 ve 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yetiştirme döneminin sonunda farklı sulama konularının marul bitkisinin bazı büyüme parametrelerine olan etkisi

Sulama konusu	WUE (kg da ⁻¹ mm ⁻¹)	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Örtü Yüzdesi (%)	LAI (cm ² cm ⁻²)
I ₁₀₀	23.1 a	22.0 a ^ζ	24.1 a	100.0 a	10.3 a
I ₆₆	16.2 b	19.8 b	19.0 b	72.4 b	6.5 b
I ₃₃	4.2 c	10.6 c	10.9 c	27.1 c	1.1 c
Önem Düzeyi	**	**	**	**	**

** p < 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

^ζ: Küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir (p < 0.05).

Çizelge 4.5. Yetiştirme döneminin sonunda farklı sulama konularının marul bitkisinin bazı verim parametrelerine olan etkisi

Sulama konusu	Yaprak sayısı (adet)	Kök yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Yaş baş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kuru yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)
I ₁₀₀	65.8a	56.2 a	645.0a	30.4 a
I ₆₆	60.5 a	34.6 b	383.6 b	23.7 b
I ₃₃	27.3 b	16.1 c	69.9 c	8.1 c
Önem Düzeyi	**	**	**	**

** p < 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

^ζ: Küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir (p < 0.05).

Farklı sulama konularının marul bitkisinin WUE değerleri 23.1 ile 4.2 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında değişmiştir. WUE artan su stresine bağlı olarak önemli düzeyde azalmıştır. Benzer olarak önceki çalışmalarda da marul bitkisinde en yüksek WUE tam sulama konularında elde edilmiştir (Kuslu vd. 2008; Kadayıfci vd. 2014; Şahin vd. 2016). Sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunmak için kısıntılı sulama uygulaması önerilmesine rağmen deneme koşullarındaki kısıntılı sulama uygulamaları WUE'in önemli düzeyde düştüğünü göstermektedir. Bu durum kısıntılı sulama uygulamalarından marul bitkisinin yaş baş ağırlığının önemli düzeyde azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle marul bitkisinde yüksek verimlilik için denemede kullanılan su kısıntılarının uygulanması önerilmemektedir.

Yetiştirme sezonunun sonunda bitki boyunun 22.00 ile 10.63 cm arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.4). Su stresi arttıkça bitki boyu istatistiksel anlamda önemli düzeyde azalmaktadır (p<0.01). Yıldırım vd. (2015), Marul bitki boyunun uygulanan sulama suyu miktarından önemli derece etkilendiğini bildirmişlerdir. Kuslu vd. (2008), yetiştirilen kıvrıcık marullar üzerinde kısıntılı sulamanın etkisini belirlemek

için yaptıkları çalışmada, bitki boyunun sulama suyu miktarına bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Mohamoud (2019) iki farklı sulama yönteminde (geleneksel ve yarı ıslatmalı sulama) dört farklı sulama suyu seviyesinin kıvırcık marul verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacı sulama miktarının bitki boyunu önemli derece etkilediğini ifade etmiştir. Şenyiğit ve Kaplan (2013), sera koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin (% 0 , %25, %50, %75, %100 ve %125) marul bitkisinin verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, uygulanan sulama suyuna bağlı olarak bitki boyunun değiştiğini belirlemişler ve en yüksek bitki boyunu 31.5 cm ile %100 sulama konusundan, en kısa bitki boyu ise 11.5 cm ile %0 sulama konusundan elde etmişlerdir. Şahin vd. (2016), azalan sulama suyu miktarının marul verim ve bitki gelişim parametrelerini olumsuz etkilediğini saptamışlardır.

Yetiştirme sezonun sonundaki kök uzunlukları değerlendirildiğinde uygulanan sulama suyuna bağlı olarak kök uzunluğunun da önemli düzeyde arttığı anlaşılmaktadır ($p<0.01$). En yüksek ve en kısa kök uzunluğu sırasıyla I_{100} ve I_{33} konusundan elde edilmiştir. Şenyiğit ve Kaplan (2013), marul kök uzunluğunun sulama seviyelerine bağlı olarak önemli derecede değiştiğini belirtirken, bazı araştırmacılar (Acar vd. 2008; Şahin ve Al-Bayatı 2018) marul kök uzunluğunun sulama suyu miktarından etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Uygulanan sulama suyu seviyesi azaldıkça marul bitkisini yetiştirme sezonu sonundaki örtü yüzdesinde önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.01$). I_{100} konusunda saksı yüzeyi tamamen kapanırken I_{33} konusunda bu oran %27.1 olarak kalmıştır. Su stresine bağlı olarak azalan bitki taç çapı nedeniyle bitki örtü yüzdesi önemli düzeyde azalmıştır. Bitki toprak yüzeyini tamamen kapatamadığı için bu bölgeden meydana gelen E'nin fazla olmasına neden olmuştur. Nitekim Kırnak vd. (2016) ve Kuslu vd. (2008), uygulanan sulama miktarına bağlı olarak ET'nin ve bitki taç çapının önemli seviyede arttığını bildirmişlerdir ($P<0.05$). Benzer olarak Yıldırım vd. (2015), marulda yetiştirme sezonu boyunca meydana gelen su stresinin bitki taç çapını önemli ölçüde azalttığını saptamışlardır.

Yetiştirme sezonunun sonunda farklı sulama konularındaki LAI değerleri arasında çok kuvvetli farklılık saptanmıştır ($p<0.01$). Öyle ki I_{100} ve I_{66} konusunun LAI değerleri I_{33} konusuna kıyasla sırasıyla 9.62 ve 6.08 kat fazla elde edilmiştir. Bu durum, ortalama yaprak alanının da su stresinden önemli düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Yıldırım vd. (2015) kıvırcık marul bitkilerinin yaprak alanları arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu bulmuşlardır. Ancak en düşük dört sulama uygulaması arasında önemli bir farklılığın olmadığını belirtmişlerdir. Issaka vd. (2017), dört farklı sulama konusunda (%100, %75, %50 ve %25) marul bitkisinin LAI değerlerinin önemli düzeyde etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.4, uygulanan sulama suyunun yaprak sayısını önemli düzeyde etkilediğini göstermekle birlikte ($p<0.01$) I_{100} ve I_{66} konusu arasında önemli düzeyde farklılığın olmadığını göstermektedir. Yaprak sayısının yetiştirilen marul çeşitlerine bağlı olarak değişkenlik göstermesi nedeniyle önceki çalışmalarda da sayısal anlamda farklılıklar bulunmaktadır. Nitekim benzer koşullarda çalışma yürüten Mohamoud (2019), yaprak sayılarının 95 ile 79.25 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Fakat araştırmacı yaprak sayısının sulama suyu düzeyinden çok kuvvetli biçimde etkilendiğini

ifade etmişlerdir. Benzer olarak önceki çok sayıda çalışmada (Karam vd. 2002; Kuslu vd. 2008; Yazgan vd. 2008) su stresi nedeniyle yaprak sayısının azaldığı belirtilirken, Acar vd. (2008), farklı sulama seviyelerinin marul bitkisinin yaprak sayılarını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Yetiştirme sezonunun sonunda kök yaş ağırlıkları 56.20 ile 16.11 g bitki⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Uygulanan sulama suyu miktarı kök ağırlığını etkilemekle birlikte su stresi marul kök ağırlığını önemli düzeyde azaltmıştır ($p<0.01$). Bozkurt vd. (2009), farklı sulama suyu konularından elde edilen ortalama kök ağırlıklarının rakamsal olarak birbirlerine yakın olsa da istatistiksel anlamda önemli farklılığa sahip olduğunu saptamışlardır. Benzer olarak Şenyiğit ve Kaplan (2013) kök ağırlığının su stresinden önemli düzeyde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Verim parametreleri olan yaş ve kuru baş ağırlıkları uygulanan sulama suyu düzeyinden önemli düzeyde etkilenmiştir ($p<0.01$). Yaş baş ağırlıkları 644.95 ile 69.85 g bitki⁻¹ arasında değişirken kuru baş ağırlıkları 30.35 ile 8.05 g bitki⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Yetiştirme sezonu sonunda I_{100} , I_{66} ve I_{33} konularındaki bitkilerin toplam ağırlığına kıyasla sırasıyla %95.29, %93.83 ve %88.48'i sudan oluşmaktadır. Bu durum su stresinin bitkinin toplam ağırlığının yanında su içeriğinin de azalmasına sebep olduğunu göstermektedir. Marul bitkisinde yapılan çok sayıda çalışmada (Kuslu vd. 2008; Yazgan vd. 2008; Kızıl vd. 2012; Yıldırım vd. 2015) yaş ve kuru baş ağırlıklarının sulama suyu seviyesine bağlı olarak önemli düzeyde değiştiği saptanmıştır. Kadayıfçı vd. (2004) artan sulama suyu seviyesiyle beraber yapılan malç uygulamasının bitki verimini önemli düzeyde artırdığını bildirmişlerdir. Santosh vd. (2017) sulama suyu düzeylerinin marul bitki verimiyle beraber bitki gelişim parametrelerini de etkilediğini belirtmişlerdir. Albayatı ve Şahin (2018) su stresinin bitki baş ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu bildirmekle birlikte, en yüksek iki sulama suyu konusunda bitkilerinin baş ağırlıkları arasındaki farkın önemli olmadığını ifade etmişlerdir. Farklı sulama suyu düzeylerinin marul bitkisinin kuru madde birikimine olan etkisinin incelendiği bazı çalışmalarda (Gallardo vd. 1996b; Kirnak vd. 2016) su stresi ile kuru madde birikimi arasında önemli düzeyde ilişki olduğu ve artan su stresi nedeniyle kuru madde birikiminin azaldığı belirlenmiştir. Bozkurt vd. (2009) ise kuru madde birikiminin sulama suyu düzeyinden önemli derecede etkilenmediğini bildirmişlerdir.

5. SONUÇLAR

Bu araştırmada, plastik serada üç farklı sulama düzeyinde (I_{100} , I_{66} ve I_{33}) yetiştirilen marul bitkisinin su tüketimi (ET_c) değerlerinin bileşenlerine (E ve T) ayrılması amaçlanmıştır. Ayrıca, su stresinin bazı büyüme ve verim parametrelerine olan etkisini belirlemek amacıyla bu parametrelere ait değerlerin sezonluk değişimleri incelenmiştir.

ET 'yi bileşenlerine ayırmak amacıyla bitkili ve bitkisiz saksılar kullanılmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca I_{100} , I_{66} ve I_{33} konularında bitkili saksılara sırasıyla 181.84, 119.12 ve 59.08 mm sulama suyu uygulanırken, sırasıyla 186.5, 157.88 ve 110.51 mm ET_c ve 89.36, 87.89, 77.68 mm E_s meydana gelmiştir. Bitkisiz saksılara ise yetiştirme dönemi boyunca konulara göre sırasıyla 144.81, 95.25 ve 47.09 mm sulama suyu uygulanırken, toprak yüzeyinden sırasıyla 151.4, 126.5 ve 92 mm E meydana gelmiştir. Araştırmada bitkiden meydana gelen terleme doğrudan ölçülerek ($T_{r(o)}$) ve modelle tahmin edilerek ($T_{r(e)}$) iki yöntem ile belirlenmiştir. I_{100} , I_{66} ve I_{33} konularında yetiştirme dönemi boyunca toplam ($T_{r(o)}$) sırasıyla 97.4, 70.3 ve 33.0 mm ve ($T_{r(e)}$) 97.9, 60.6 ve 21.2 mm olarak saptanmıştır. I_{100} konusunda ölçülen $T_{r(o)}$ ile model ile tahmin edilen $T_{r(e)}$ arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Fakat bu ilişkinin artan su stresine bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Uygulanan sulama seviyesi azaldıkça E_s/ET_c ve LAI arasındaki üstel ilişki düzeyini gösteren R^2 değerleri azalmıştır.

Araştırmada Akdeniz tipi düşük teknoloji plastik sera koşullarında marul bitkisinin T miktarını belirlemede bölge koşullarına göre kalibre edilen modelin kullanılabileceği saptanmıştır. E'nin belirlenmesi amacıyla sadece bitkisiz saksıdan elde edilen E değerlerinin kullanılmasının hatalı bir uygulama olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle E'nin belirlenmesinde bitki örtü yüzdesinin dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışmada, uygulanan sulama seviyesine bağlı olarak bitki boyu, kök uzunluğu, örtü yüzdesi, yaprak alanı (LAI) indeksi, yaprak sayısı, yaş baş ağırlığı, kök ağırlığı ve kök baş ağırlığı değerleri istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilenmiştir.

Denemden elde edilen WUE değerleri artan su stresine bağlı olarak önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.01$). Bu durum denemede uygulanan su kısıntısı seviyelerinin verimliliği önemli düzeyde azalttığını göstermektedir. Bu nedenle marul bitkisinde yüksek verimlilik elde edilmesinde tam sulama konusunun kullanılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abu-Awwad, A.M. 1994. Irrigated sweet corn crop production functions and efficient Water Use 1. *Journal of Agronomy and crop science*, 172(3): 161-170.
- Abu-Awwad, A.M. 1998. Effect of mulch and irrigation water amounts on soil evaporation and transpiration. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181(1): 55-59.
- Acar, B., Paksoy, M. Türkmen, Ö. and Seymen, M. 2008. Irrigation and nitrogen level affect lettuce yield in greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*, 7 (24): 4450–4453.
- Ahmed, H.A., Yu-Xin, T. and Qi-Chang, Y. 2020. Optimal control of environmental conditions affecting lettuce plant growth in a controlled environment with artificial lighting: A review. *South African Journal of Botany*, 130: 75-89.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.
- Altobelli, F., Meybeck, A. and Gitz, V. 2016. Accounting for water use in agriculture. *Knowledge and Information for Sustainable Food Systems*, 53-62.
- Anderson, R.G., Zhang, X. and Skaggs, T.H. 2017. Measurement and partitioning of evapotranspiration for application to vadose zone studies. *Vadose Zone Journal*, 16(13): 1-9.
- Anonim 2021. Caipira (Şakira) Kıvırcık Marul Fidesi Ürün Özellikleri. <https://www.akbasfide.com/Urun-Detay/Caipira--Sakira--Kivircik-Marul-Fidesi/4> [Son erişim tarihi: 25.10.2021].
- Aydinsakir, K., Karaca, C. Ozkan, C.F., Dinc, N., Buyuktas, D. and Isik, M. 2019. Excess nitrogen exceeds the European standards in lettuce grown under greenhouse conditions. *Agronomy Journal*, 111(2): 764-769.
- Bozkurt, S. and Mansuroğlu, G.S. 2011. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*, 10(17): 3370-3379.
- Bozkurt, S., Mansuroğlu, G.S. and Kara, M. 2009. Responses of lettuce to irrigation levels and nitrogen forms. *African journal of agricultural research*, 4(11): 1171-1177.
- Çelik, S.K., Türker, U., Madenoğlu, S. ve Sönmez, B. 2018. Buğdayda Farklı sulama koşulları altında kararlı izotop karşılaştırma metodu kullanılarak bitki su kullanımı (transpirasyon) oranının belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 62-72.
- De Graaf, R. and Van den Ende, J. 1981. Transpiration and evapotranspiration of the glasshouse crops. In *III International Symposium on Water supply and Irrigation in the open and under Protected Cultivation*, 119: 147-158.
- Eberbach, P. and Pala, M. 2005. Crop row spacing and its influence on the partitioning of evapotranspiration by winter-grown wheat in Northern Syria. *Plant and Soil*, 268(1): 195-208.

- Er-Raki, S., Chehbouni, A., Ezzahar, J., Khabba, S., Boulet, G., Hanich, L. and Williams, D. 2009. Evapotranspiration partitioning from sap flow and eddy covariance techniques for olive orchards in semi-arid region. *Acta Horticulturae*, 846: 201-208.
- Escarabajal-Henarejos, D., Molina-Martínez, J.M., Fernández-Pacheco, D.G. and García-Mateos, G. 2015. Methodology for obtaining prediction models of the root depth of lettuce for its application in irrigation automation. *Agricultural Water Management*, 151: 167-173.
- Esguerra, E., Rapusas, R. and Rolle, R.S. 2020. Post-harvest management of lettuce to ensure quality and safety: Guidance for stakeholders in the horticultural supply chain Food agriculture organization of United Nations. Rome.
- FAO. 2017. Water for sustainable food and agriculture a report produced for the G20 presidency of Germany, pp. 30.
- Ferrante, A. and Mariani, L. 2018. Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: High and low values of temperature, light intensity, and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3): 1-19.
- Fereres, E. and Villalobos, F.J. 1989. The partitioning of evapotranspiration into evaporation and transpiration for the irrigation scheduling of vegetable crops. In *Symposium on Scheduling of Irrigation for Vegetable Crops under Field Condition* 278: 113-118.
- Ferreira, T. and Rasband, W. 2012. ImageJ User Guide User Guide ImageJ. *Image J user Guide-IJ* 1.46r, pp. 185.
- Flumignan, D. L., de Faria, R.T. and Prete, C.E.C. 2011. Evapotranspiration components and dual crop coefficients of coffee trees during crop production. *Agricultural Water Management*, 98(5): 791-800.
- Flumignan, D.L., Faria, R.T.D. and Lena, B.P. 2012. Test of a microlysimeter for measurement of soil evaporation. *Engenharia Agrícola*, 32: 80-90.
- Gaaloul, N., Eslamian, S.A.E I.D. and Katlance, R. 2020. Impacts of climate change and water resources management in the southern Mediterranean countries. *Water Productivity Journal*, 1(1): 51-72.
- Gallardo, M., Snyder, R.L. Schulbach, K. and Jackson, L.E. 1996a. Crop growth and water use model for lettuce. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 122(6): 354-359.
- Gallardo, M., Jackson, L.E., Schulbach, K., Snyder, R.L., Thompson, R.B. and Wyland, L.J. 1996b. Production and water use in lettuces under variable water supply. *Irrigation Science*, 16(3): 125-137.
- Gong, X., Qiu, R., Ge, J., Bo, G., Ping, Y., Xin, Q. and Wang, S. 2021. Evapotranspiration partitioning of greenhouse grown tomato using a modified Priestley–Taylor model. *Agricultural Water Management*, 247: 1-11.
- Heinen, M. and Van Moolenbroek, J. 1994. Water balance of lettuce grown on sand beds. In *International Symposium on Growing Media & Plant Nutrition in Horticulture*, 401: 517-524.

- Hernández-Suárez, M. 1988. Modeling irrigation scheduling and its components, and optimization of water delivery schedules with dynamic programming and stochastic ET_o data. Doctoral dissertation, University of California, Department of Soil Science Department, Davis pp:12.
- Huang, S., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., Acquah, S.J., Yu, J. and Darko, R. O. 2020. Modeling evapotranspiration for cucumber plants based on the Shuttleworth-Wallace model in a Venlo-type greenhouse. *Agricultural Water Management*, 228: 1-10.
- Issaka, R.Z., Li, H. and Issah, M.H. 2017. Influence of Irrigation Regimes on the Growth and Yield Components of Lettuce (*Lattuca Sativa* L.). *ADRRI Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(7): 1-15.
- Kadayıfçı, A. Tuylu, G.I. Ucar, Y. and Cakmak, B. 2004. Effects of mulch and irrigation water amounts on lettuce's yield, evapotranspiration, transpiration and soil evaporation in Isparta location, Turkey. *Journal of Biol Sci*, 4: 751-755.
- Kang, Y. Khan, S. and Ma, X. 2009. Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security—A review. *Progress in natural Science*, 19(12): 1665-1674.
- Karaca, C. 2020. Örtüaltında yaygın olarak yetiştirilen bitkilerin su tüketimlerinin enerji dengesi yöntemi ile belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Antalya, 228 s.
- Karaca, C., Tezcan, A., Büyüктаş, K., Büyüктаş, D. and Baştuğ, R. 2018. Equations developed to estimate evapotranspiration in greenhouses. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(4): 482-489.
- Karam, F., Mounzer, O., Sarkis, F. and Lahoud, R. 2002. Yield and nitrogen recovery of lettuce under different irrigation regimes. *J. Appl. Hort*, 4(2): 70-76.
- Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Deficit Irrigation Practices*, Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome.
- Kırnak, H., Tash, I., Gokalp, Z. and Karaman, S. 2016. Effects of different irrigation levels on yield of lettuce grown in an unheated greenhouse. *Current Trends in Natural Sciences*, 5(9): 145-151.
- Kızıl, Ü., Genc, L., Inalpulat, M., Şapolyo, D. and Mirik, M. 2012. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) yield prediction under water stress using artificial neural network (ANN) model and vegetation indices. *Žemdirbystė= Agriculture*, 99(4): 409-418.
- Kool, D., Agam, N., Lazarovitch, N., Heitman, J.L., Sauer, T.J. and Ben-Gal, A. 2014. A review of approaches for evapotranspiration partitioning. *Agricultural and forest meteorology*, 184: 56-70.
- Kuslu, Y., Dursun, A., Sahin, U., Kiziloglu, F.M. and Turan, M. 2008. Effect of deficit irrigation on curly lettuce grown under semiarid conditions. *Spanish journal of agricultural research*, (4): 714-719.
- Labedzki, L. 2011. Evapotranspiration. *IntechOpen*, pp: 458.

- Li, X., Gentine, P., Lin, C., Zhou, S., Sun, Z., Zheng, Y. and Zheng, C. 2019. A simple and objective method to partition evapotranspiration into transpiration and evaporation at eddy-covariance sites. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265: 171-182.
- Liu, C. Zhang, X. and Zhang, Y. 2002. Determination of daily evaporation and evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing lysimeter and micro-lysimeter. *Agricultural and Forest Meteorology*, 111(2): 109-120.
- Lu, X., Liang, L.L., Wang, L., Jenerette, G.D., McCabe, M.F. and Grantz, D.A. 2017. Partitioning of evapotranspiration using a stable isotope technique in an arid and high temperature agricultural production system. *Agricultural Water Management*, 179: 103-109.
- Lu, Y., Ma, D., Chen, X. and Zhang, J. 2018. A simple method for estimating field crop evapotranspiration from pot experiments. *Water*, 10(12): 1823.
- Majnooni-Heris, A., Sadraddini, A.A., Nazemi, A.H., Shakiba, M.R., Neyshaburi, M.R. and Tuzel, I.H. 2012. Determination of single and dual crop coefficients and ratio of transpiration to evapotranspiration for canola. *Annals of Biological Research*, 3(4): 1885-1894.
- Michelon, N., Pennisi, G., Ohn Myint, N., Orsini, F. and Gianquinto, G. 2020. Strategies for improved Water Use Efficiency (WUE) of field-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) under a semi-arid climate. *Agronomy*, 10(5): 668.
- MGM 2021. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllere Ait İstatistik Verileri. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A> [Son erişim tarihi: 19.08.2021].
- Mohamoud, S. 2019. Farklı su stresi koşullarının bazı kivi (*Lactuca sativa* var. *crispa*) ve göbekli (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) marul çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri. Yüksek lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, 68s.
- Okello, C., Tomasello, B., Greggio, N., Wambiji, N. and Antonellini, M. 2015. Impact of population growth and climate change on the freshwater resources of Lamu Island, Kenya. *Water*, 7(3): 1264-1290.
- Ouyang, Z., Tian, J., Yan, X. and Shen, H. 2020. Effects of different concentrations of dissolved oxygen or temperatures on the growth, photosynthesis, yield and quality of lettuce. *Agricultural water management*, 228: 2-8.
- Özçelika, M.S., Şengönüla, K. ve Gökbulaka, F. 2019. Orman ağaçlarında bitki özsuyu akış ölçüm yöntemleriyle transpirasyonun belirlenmesi ve havza yönetimi çalışmaları için önemi. *Forestry*, 17(2): 208-214.
- Pinto, E. Almeida, A.A. Aguiar, A.A. and Ferreira, I.M. 2015. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37: 38-43.
- Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly weather review*, 100(2): 81-92.

- Rabbi, B., Chen, Z.H. and Sethuvenkatraman, S. 2019. Protected cropping in warm climates: a review of humidity control and cooling methods. *Energies*, 12(14): 1-24.
- Ritchie, J.T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water resources research*, 8(5): 1204-1213.
- Rothfuss, Y., Biron, P., Braud, I., Canale, L., Durand, J.L., Gaudet, J.P. and Bariac, T. 2010. Partitioning evapotranspiration fluxes into soil evaporation and plant transpiration using water stable isotopes under controlled conditions. *Hydrological processes*, 24(22): 3177-3194.
- Sahin, U., Kuslu, Y., Kiziloglu, F.M. and Cakmakci, T. 2016. Growth, yield, water use and crop quality responses of lettuce to different irrigation quantities in a semi-arid region of high altitude. *Journal of applied horticulture*, 18(3): 195-202.
- Sammis, T.W., Williams, S. and Wu, I.P. 1990. Development of a trickle irrigation scheduling model. *Computers and electronics in agriculture*, 5(3): 187-196.
- Santosh, D.T., Reddy, R.G. and Tiwari, K.N. 2017. Effect of drip irrigation levels on yield of lettuce under polyhouse and open field condition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(7): 1210-1220.
- Sepaskhah, A.R., and Ilampour, S. 1995. Effects of soil moisture stress on evapotranspiration partitioning. *Agricultural water management*, 28(4): 311-323.
- Shatilov, M.V., Razin, A.F. and Ivanova, M.I. 2019. November). Analysis of the world lettuce market. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 395, No: 012053.
- Sönmez, B. ve Tahmiscioğlu, S. 2017. Türkiye’de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Sterling, T.M. 2005. Transpiration: Water movement through plants. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, 34(1): 123-123.
- Sun, J., Kang, S., Wang, J., Li, X. and Song, N. 2005. Experiment on soil evaporation of summer maize underfurrow irrigation condition. *Nongye Gongcheng Xueba (Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 21(11): 20-24.
- Şahin, M. and Albayati, Y.F.A. 2018. Konya İli açık tarla koşullarında marul bitkisinin su-verim parametrelerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7.2: 38-45.
- Şenyigit, U. and Kaplan, D. 2013. Impact of different irrigation water levels on yield and some quality parameters of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia cv.) under unheated greenhouse condition. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, (2/IV): 97-107.
- Tanner, C.B. and Jury, W.A. 1976. Estimating Evaporation and Transpiration from a Row Crop during Incomplete Cover 1. *Agronomy Journal*, 68(2): 239-243.
- Tejero, I.F., Durán-Zuazo, V.H., Muriel-Fernández, J.L. and Rodríguez-Pleguezuelo, C.R. 2011. Water and sustainable agriculture. In *Water and Sustainable Agriculture*, pp. 1-94.

- Tian, F., Yang, P., Hu, H. and Dai, C. 2016. Partitioning of cotton field evapotranspiration under mulched drip irrigation based on a dual crop coefficient model. *Water*, 8(3): 72.
- Türkeş, M. 2001. Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye. *Tesisat Mühendisliği*, 61: 14-29.
- Ventura, F., Faber, B.A., Bali, K M., Snyder, R.L., Spano, D. Duce, P. and Schulbach, K.F. 2001. Model for estimating evaporation and transpiration from row crops. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 127(6): 339-345.
- Wallace, R.W., Wszelaki, A.L., Miles, C.A., Cowan, J.S., Martin, J., Roozen, J. and Inglis, D.A. 2012. Lettuce yield and quality when grown in high tunnel and open-field production systems under three diverse climates. *HortTechnology*, 22(5): 659-668.
- Wang, H.X. and Liu, C.M. 2007. Soil evaporation and its affecting factors under crop canopy. *Communications in soil science and plant analysis*, 38(1-2): 259-271.
- Wang, L. Good, S.P. and Caylor, K.K. 2014. Global synthesis of vegetation control on evapotranspiration partitioning. *Geophysical Research Letters*, 41(19): 6753-6757.
- Wei, Z. Liu, Y. Xu, D. and Cai, J.B. 2014. Evapotranspiration and ratio of soil evaporation to evapotranspiration of winter wheat and maize. In *Applied Mechanics and Materials* 539: 832-837.
- Xiao, X., Sauer, T.J., Singer, J.W., Horton, R., Ren, T. and Heitman, J.L. 2016. Partitioning evaporation and transpiration in a maize field using heat-pulse sensors for evaporation measurement. *Transactions of the ASABE*, 59(2): 591-599.
- Yan, H., Zhang, C., Oue, H., Wang, G. and He, B. 2015. Study of evapotranspiration and evaporation beneath the canopy in a buckwheat field. *Theoretical and applied climatology*, 122(3): 721-728.
- Yazgan, S., Ayas, S., Demirtas, C., Büyükcangaz, H. and Candogan, B.N. 2008. Deficit irrigation effects on lettuce (*Lactuca sativa* var. Olenka) yield in unheated greenhouse condition, 357-361.
- Yazgan, S., Ayas, S. ve Büyükcangöz, H. 2006. Örtü altında yetiştirilen baş salatanın (*Lactuca sativa* var. Olenka) sulama zamanının planlanması. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1): 88-91.
- Yıldırım, M. ,Bahar, E., ve Demirel, K. 2015. Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvrıkcık marulun (*Lactuca sativa* var. campania) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1): 29-34.
- Zavadil, J. 2009. The effect of municipal wastewater irrigation on the yield and quality of vegetables and crops. *Soil and water research*, 4(3): 91-103.
- Zhang, B., Liu, Y., Xu, D., Zhao, N., Lei, B., Rosa, R. D. and Pereira, L. S. 2013. The dual crop coefficient approach to estimate and partitioning evapotranspiration of the winter wheat–summer maize crop sequence in North China Plain. *Irrigation Science*, 31(6): 1303-1316.

- Zhang, H., Huang, G., Xu, X., Xiong, Y. and Huang, Q. 2018. Estimating evapotranspiration of processing tomato under plastic mulch using the SIMDualKc model. *Water*, 10(8): 1-18.
- Zhang, Y., Shen, Y., Sun, H., and Gates, J.B. 2011. Evapotranspiration and its partitioning in an irrigated winter wheat field: A combined isotopic and micrometeorologic approach. *Journal of Hydrology*, 408(3-4): 203-211.
- Zhou, S., Liu, W. and Lin, W. 2017. The ratio of transpiration to evapotranspiration in a rainfed maize field on the Loess Plateau of China. *Water Science and Technology: Water Supply*, 17(1): 221-228.



7. EKLER

Ek-1. Yetiştirme dönemi boyunca sera içinde ölçülen iklimsel veriler

Tarih	DSGS	T _{ort} (°C)	T _{mak} (°C)	T _{min} (°C)	RH _{ort} (%)	RH _{mak} (%)	RH _{min} (%)
20.10.2020	4	30.0	41.4	21.2	49.9	70.5	26.7
21.10.2020	5	22.1	34.1	18.2	76.0	95.0	40.7
22.10.2020	6	24.7	40.2	16.5	64.6	99.9	24.0
23.10.2020	7	26.3	44.8	16.5	44.7	68.7	12.1
24.10.2020	8	26.8	45.7	16.2	38.5	60.0	10.2
25.10.2020	9	27.8	47.2	16.2	35.0	53.7	9.2
26.10.2020	10	25.4	43.3	16.6	42.2	62.8	11.4
27.10.2020	11	27.1	45.9	16.6	46.5	69.9	9.0
28.10.2020	12	26.5	42.3	16.6	57.2	81.9	22.0
29.10.2020	13	22.8	38.0	16.8	77.0	99.9	32.0
30.10.2020	14	22.0	35.4	17.1	81.0	99.9	35.6
31.10.2020	15	24.3	41.0	15.0	51.2	99.9	14.1
01.11.2020	16	23.2	39.2	13.3	49.2	81.1	16.3
02.11.2020	17	23.4	40.7	13.3	36.9	58.7	10.2
03.11.2020	18	21.9	36.1	12.1	47.1	67.0	14.9
04.11.2020	19	22.2	35.6	12.1	37.0	74.2	12.0
05.11.2020	20	23.9	36.1	12.1	28.7	40.0	14.0
06.11.2020	21	25.5	42.7	16.6	33.9	52.4	10.5
07.11.2020	22	23.6	42.1	14.8	32.6	58.1	8.0
08.11.2020	23	22.9	41.3	13.7	29.3	44.0	6.3
09.11.2020	24	22.8	37.9	13.1	35.5	51.9	10.1
10.11.2020	25	23.3	37.9	13.8	44.5	64.4	15.4
11.11.2020	26	22.8	40.0	13.4	42.4	71.1	9.0
12.11.2020	27	21.4	35.6	11.9	44.5	65.1	15.2
13.11.2020	28	21.5	37.5	11.5	51.7	76.3	15.5
14.11.2020	29	21.9	37.7	13.7	62.2	86.3	22.6
15.11.2020	30	21.7	37.2	13.9	44.7	84.3	14.1
16.11.2020	31	20.8	35.8	12	43.6	65.2	16.9
17.11.2020	32	19.6	35.4	10.7	53.1	74.6	15.5
18.11.2020	33	19.4	35.8	9.8	49.4	78.1	16.7
19.11.2020	34	13.5	16	9.8	81.5	99.9	58.3
20.11.2020	35	17.1	32.4	10.5	69.4	99.9	25.5
21.11.2020	36	19.5	37.4	10.8	55.0	90.6	15.4

Ek-1'in devamı

Tarih	DSGS	T _{ort} (°C)	T _{mak} (°C)	T _{min} (°C)	RH _{ort} (%)	RH _{mak} (%)	RH _{min} (%)
22.11.2020	37	18.4	33.8	9.6	62.7	88.7	20.7
23.11.2020	38	17.6	35.9	8.7	53.2	82.3	12.6
24.11.2020	39	16.4	34.5	7.2	53.2	77.6	15.0
25.11.2020	40	16.9	32.3	9.5	42.5	75.6	11.8
26.11.2020	41	18.5	34.5	9.8	25.9	40.1	7.1
27.11.2020	42	16.1	31.8	6.4	35.0	53.2	10.0
28.11.2020	43.0	16.6	33.0	7.7	44.8	68.7	12.6
29.11.2020	44.0	16.4	33.4	6.9	52.1	73.6	17.7
30.11.2020	45.0	14.2	18.7	10.7	84.5	99.9	57.5
01.12.2020	46.0	17.2	33.7	10.1	71.7	99.9	22.1
02.12.2020	47.0	17.2	32.5	9.1	70.4	99.9	23.1
03.12.2020	48.0	17.0	29.3	11.7	75.7	99.9	34.8
04.12.2020	49.0	14.3	17.0	12.7	98.9	99.9	93.5
05.12.2020	50.0	18.2	33.4	10.6	66.0	99.9	31.1
06.12.2020	51.0	16.7	31.7	8.5	77.0	99.9	31.9
07.12.2020	52.0	16.3	28.0	12.2	81.7	99.9	42.8
08.12.2020	53.0	16.9	33.3	10	80.4	99.9	35.7
09.12.2020	54.0	15.9	33.0	7.4	73.9	99.9	25
10.12.2020	55.0	16.5	28.2	10.5	76.4	99.9	38
11.12.2020	56.0	17.3	30.1	12.5	69.3	99.9	41.4
12.12.2020	57.0	15.1	24.0	12.1	88.5	99.9	68.7
13.12.2020	58.0	15.3	21.8	13	95.4	99.9	86.3
14.12.2020	59.0	13.1	17.3	11.3	96.3	96.3	96.3
15.12.2020	60.0	15.1	27.5	11.1	76.1	99.9	50.3
16.12.2020	61.0	18.5	34.5	10.2	61.1	97.0	23.4
17.12.2020	62.0	16.8	33.4	8.7	75.2	99.9	24
18.12.2020	63.0	15.3	30.5	7.3	67.5	99.9	31.2
19.12.2020	64.0	15.3	30.9	7	64.6	99.9	28.7
20.12.2020	65.0	14.2	28.5	6	76.9	99.9	28.6
21.12.2020	66.0	13.8	27.5	6.7	75.2	99.9	33.8
22.12.2020	67.0	14.6	29.9	6.7	69.9	99.9	32.0

Çizelgede DSGS, dikimden sonraki gün sayısını; T_{min}, sera içinde ölçülen minimum sıcaklık değerlerini (°C); T_{ort}, sera içinde ölçülen ortalama sıcaklık değerlerini (°C); T_{mak}, sera içinde ölçülen maksimum sıcaklık değerlerini (°C); RH_{min}, sera içinde ölçülen minimum bağıl nem değerlerini (%); RH_{ort}, sera içinde ölçülen ortalama bağıl nem değerlerini (%); RH_{mak}, sera içinde ölçülen maksimum bağıl nem değerlerini (%) göstermektedir.

Ek-2. Yetiştirme dönemini boyunca bitkisiz ve bitkili saksıların ortalama saksı ağırlıkları

Tarih	DSGS	Bitkisiz saksılar (kg)			Bitkili saksılar (kg)		
		I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃	I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃
16.10.2020	1	33.1	33.0	32.5	33.2	33.5	33.1
19.10.2020	4	32.4	32.4	31.8	32.5	32.8	32.4
21.10.2020	6	32.0	31.9	31.4	32.1	32.3	31.9
23.10.2020	8	31.6	31.5	30.9	31.6	31.9	31.5
24.10.2020	9	33.0	31.9	30.9	33.1	32.6	31.6
26.10.2020	11	32.2	31.1	30.2	32.3	31.8	30.8
28.10.2020	13	31.6	30.5	29.7	31.6	31.2	30.3
29.10.2020	14	32.8	31.2	29.9	32.9	31.9	30.5
31.10.2020	16	32.5	30.9	29.7	32.5	31.5	30.2
02.11.2020	18	31.8	30.3	29.3	31.8	30.9	29.8
04.11.2020	20	31.2	29.9	29.1	31.2	30.4	29.5
05.11.2020	21	32.6	30.6	29.3	32.7	31.2	29.8
07.11.2020	23	31.9	30.1	29.0	31.9	30.5	29.4
09.11.2020	25	31.3	29.7	28.8	31.2	30.0	29.1
10.11.2020	26	32.8	30.7	29.2	32.8	31.0	29.4
12.11.2020	28	32.1	30.1	28.9	32.1	30.4	29.0
14.11.2020	30	31.6	29.8	28.7	31.5	29.9	28.8
15.11.2020	31	31.4	29.7	28.7	31.2	29.7	28.7
16.11.2020	32	32.8	30.6	28.9	32.8	30.7	29.0
18.11.2020	34	32.3	30.1	28.7	32.2	30.2	28.7
20.11.2020	36	32.0	29.9	28.6	31.8	29.9	28.6
22.11.2020	38	31.7	29.8	28.5	31.3	29.5	28.4
23.11.2020	39	31.5	29.7	28.5	31.0	29.3	28.3
24.11.2020	40	32.8	30.5	28.8	32.8	30.5	28.8
26.11.2020	42	32.4	30.1	28.5	32.2	30.0	28.5
28.11.2020	44	32.0	29.9	28.4	31.5	29.5	28.3
30.11.2020	46	31.6	29.8	28.3	30.9	29.2	28.1
01.12.2020	47	33.1	30.7	28.8	33.1	30.6	28.8
03.12.2020	49	32.8	30.4	28.6	32.6	30.2	28.5
05.12.2020	51	32.6	30.3	28.5	32.4	30.0	28.4
07.12.2020	52	32.3	30.0	28.4	31.9	29.6	28.3
09.12.2020	54	32.1	29.9	28.3	31.5	29.4	28.2
10.12.2020	55	32.0	29.8	28.3	32.5	30.0	28.5
12.12.2020	57	31.8	29.8	28.3	32.1	29.7	28.3

Ek-2'nin devamı

Tarih	DSGS	Bitkisiz saksılar (kg)			Bitkili saksılar (kg)		
		I ₁₀₀	I ₆₆	I ₁₀₀	I ₆₆	I ₁₀₀	I ₆₆
14.12.2020	59	31.7	30.1	28.3	32.0	29.6	28.3
16.12.2020	61	31.6	29.7	28.2	31.8	29.5	28.2
18.12.2020	63	31.4	29.6	28.2	31.2	29.1	28.1
19.12.2020	64	32.9	30.5	28.6	32.9	30.2	28.6
21.12.2020	66	32.6	30.2	28.4	32.3	29.7	28.4
22.12.2020	67	32.5	30.1	28.3	32.0	29.5	28.3

Çizelgede DSGS, dikimden sonraki gün sayısını; I₁₀₀, konusunda bitkisiz I₁₀₀ konusuna uygulanan sulama suyu miktarını; I₆₆, konusunda bitkisiz I₆₆ konusuna uygulanan sulama suyu miktarını ve I₃₃, konusunda bitkisiz I₃₃ konusuna uygulanan sulama suyu miktarını göstermektedir.

Ek-3. Yetiştirme dönemini boyunca bitkili saksılardan meydana gelen ortalama ET ve bitkisiz saksılardan meydana gelen ortalama E miktarları

Tarih	DSGS	ET (mm)			E (mm)		
		I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃	I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃
16.10.2020	1	2.4	2.7	2.5	2.3	2.3	2.5
17.10.2020	2	2.4	2.7	2.5	2.3	2.3	2.5
18.10.2020	3	2.4	2.7	2.5	2.3	2.3	2.5
19.10.2020	4	2.1	2.4	2.4	2.1	2.3	2.1
20.10.2020	5	2.1	2.4	2.4	2.1	2.3	2.1
21.10.2020	6	2.5	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4
22.10.2020	7	2.5	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4
23.10.2020	8	4.4	4.6	5.1	4.1	4.0	4.0
24.10.2020	9	4.3	4.5	4.3	4.1	4.3	4.0
25.10.2020	10	4.3	4.5	4.3	4.1	4.3	4.0
26.10.2020	11	3.5	3.4	2.9	3.5	2.9	2.8
27.10.2020	12	3.5	3.4	2.9	3.5	2.9	2.8
28.10.2020	13	3.4	3.6	3.0	3.1	3.4	2.5
29.10.2020	14	1.9	1.9	1.7	1.8	1.8	1.4
30.10.2020	15	1.9	1.9	1.7	1.8	1.8	1.4
31.10.2020	16	3.7	3.5	2.2	3.5	3.2	2.0
01.11.2020	17	3.7	3.5	2.2	3.5	3.2	2.0
02.11.2020	18	3.4	2.7	1.5	3.3	2.1	1.3
03.11.2020	19	3.4	2.7	1.5	3.3	2.1	1.3
04.11.2020	20	4.6	5.0	4.5	5.0	4.5	3.7
05.11.2020	21	4.2	3.5	2.1	3.8	3.1	1.6
06.11.2020	22	4.2	3.5	2.1	3.8	3.1	1.6
07.11.2020	23	3.7	2.5	1.5	3.4	1.7	1.0
08.11.2020	24	3.7	2.5	1.5	3.4	1.7	1.0
09.11.2020	25	3.7	3.5	2.9	3.6	3.0	2.9
10.11.2020	26	3.7	3.3	2.1	3.3	2.9	1.6
11.11.2020	27	3.7	3.3	2.1	3.3	2.9	1.6
12.11.2020	28	3.0	2.2	1.2	2.7	1.4	0.7

Ek-3'ün devamı

Tarih	DSGS	ET (mm)			E (mm)		
		I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃	I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃
13.11.2020	29	3.0	2.2	1.2	2.7	1.4	0.7
14.11.2020	30	2.9	2.1	1.1	2.1	1.1	0.7
15.11.2020	31	3.8	3.2	2.7	3.7	3.0	2.3
16.11.2020	32	3.1	3.0	1.8	2.6	2.3	1.4
17.11.2020	33	3.1	3.0	1.8	2.6	2.3	1.4
18.11.2020	34	1.9	1.5	0.7	1.6	1.1	0.4
19.11.2020	35	1.9	1.5	0.7	1.6	1.1	0.4
20.11.2020	36	2.7	1.8	0.8	1.9	0.9	0.4
21.11.2020	37	2.7	1.8	0.8	1.9	0.9	0.4
22.11.2020	38	2.7	1.8	1.1	2.1	1.1	0.5
23.11.2020	39	3.3	2.9	2.1	2.7	2.7	2.1
24.11.2020	40	2.9	2.6	1.8	2.2	2.1	1.2
25.11.2020	41	2.9	2.6	1.8	2.2	2.1	1.2
26.11.2020	42	3.6	2.5	1.1	2.3	1.1	0.7
27.11.2020	43	3.6	2.5	1.1	2.3	1.1	0.7
28.11.2020	44	2.9	1.7	0.6	1.8	0.7	0.4
29.11.2020	45	2.9	1.7	0.6	1.8	0.7	0.4
30.11.2020	46	0.8	0.7	0.3	0.7	0.4	0.4
01.12.2020	47	2.6	2.0	1.5	1.6	1.7	1.2
02.12.2020	48	2.6	2.0	1.5	1.6	1.7	1.2
03.12.2020	49	1.1	0.8	0.5	0.8	0.7	0.4
04.12.2020	50	1.1	0.8	0.5	0.8	0.7	0.4
05.12.2020	51	2.6	2.0	1.0	1.5	1.3	0.5
06.12.2020	52	2.6	2.0	1.0	1.5	1.3	0.5
07.12.2020	53	1.5	1.0	0.3	1.0	0.7	0.3
08.12.2020	54	1.5	1.0	0.3	1.0	0.7	0.3
09.12.2020	55	3.0	2.2	1.5	1.6	0.9	0.5
10.12.2020	56	2.0	1.6	0.8	1.0	0.3	0.2
11.12.2020	57	2.0	1.6	0.8	1.0	0.3	0.2
12.12.2020	58	0.6	0.5	0.3	0.5	0.3	0.0
13.12.2020	59	0.6	0.5	0.3	0.5	0.3	0.0
14.12.2020	60	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.2
15.12.2020	61	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.2
16.12.2020	62	3.3	1.8	0.8	1.4	0.5	0.4

Ek-3'ün devamı

Tarih	DSGS	ET (mm)			E (mm)		
		I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃	I ₁₀₀	I ₆₆	I ₃₃
17.12.2020	63	3.3	1.8	0.8	1.4	0.5	0.4
18.12.2020	64	2.9	2.4	1.2	1.6	1.4	1.4
19.12.2020	65	2.9	2.2	1.4	1.5	1.6	1.2
20.12.2020	66	2.9	2.2	1.4	1.5	1.6	1.2
21.12.2020	67	3.7	2.6	1.9	1.6	1.6	0.9

Çizelgedeki DSGS, dikimden sonraki gün sayısını; ET, bitkili saksılardan meydana gelen ortalama günlük evapotranspirasyon miktarını ve E bitkisiz saksılardan meydana gelen ortalama günlük evaporasyon miktarını göstermektedir.

ÖZGEÇMİŞ

YASIN MOHAMED IBRAHİM

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya, TÜRKİYE
Lisans 2014-2018	City University of Mogadishu College of Agriculture & Natural Resources, Department of Agriculture - Agronomy (Crop Production), Mogadishu SOMALIA

ESERLER

Yazılan uluslararası kitaplardaki bölümler

İbrahim Y.M, Karaca C. Büyüktaş D. 2020. Water resource and irrigation in Somalia: A Review. In Atılgan A., Saltuk B. (Eds), Current Researches in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences. Duvar Publishing, Ankara, pp: 35-53.