ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Akın TEPE

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÖRTÜALTI BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZLU SULARIN KULLANILMA OLANAKLARI VE SALTMED MODELİNİN TEST EDİLMESİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÖRTÜALTI BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZLU SULARIN KULLANILMA OLANAKLARI VE SALTMED MODELİNİN TEST EDİLMESİ

Akın TEPE

DOKTORA TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez …/…./2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	.....	.....
Prof. Dr. Attila YAZAR	Prof. Dr. Nafi BAYTORUN	Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

.....	.....
Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ	Yard.Doç. Dr. Servet TEKİN
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÖRTÜALTI BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZLU SULARIN KULLANILMA OLANAKLARI VE SALTMED MODELİNİN TEST EDİLMESİ

Akın TEPE

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Attila YAZAR
Yıl: 2015, Sayfa: 194
Jüri : Prof. Dr. Attila YAZAR
: Prof. Dr. Nafi BAYTORUN
: Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ
: Yard. Doç. Dr. Servet TEKİN

Bu çalışmada, seralarda ilkbahar ve sonbahar yetiştiricilik dönemlerinde farklı sulama stratejileri kullanılarak damla sulama yöntemiyle tuzlu sulama sularının, biber (*Capsicum annuum* L.*)* bitkisinin verim ve verim bileşenleriyle bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkileri araştırılmış; denemeden elde edilen bulgular SALTMED modelinin tahmin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Araştırma, Antalya'da 2011-2012 yıllarında, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Sebzecilik Bölümü Deneme Alanında, Onur ve Ada biber çeşitleri kullanılarak yürütülmüştür. Araştırmada, 4 farklı tuz konsantrastyonu konusu T1 (kontrol) (1.0 dS m^{-1}), T2 (2.5 dS m^{-1}), T3 (3.5 dS m^{-1}), T4 (6.0 dS m^{-1}) ve 4 farklı sulama düzeyi KS-50, KS-75, TS-100, AS-125 ele alınmıştır. Her iki yetiştirme döneminde temiz su ile sulanan kontrol T1 (1.0 dS m^{-1}), konusunda biber verimleri en yüksek değerini alırken, T4 (6.0 dS m^{-1}) tuz düzeyinde ise en düşük verim alınmıştır. Çalışmada, SALTMED modeli 2011 ilkbahar döneminde kontrol konusunda ölçülen toprak su içeriği verileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyondan sonra, ilkbahar ve sonbaharda yetişme döneminde diğer araştırma konularına ilişkin veriler de modelin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. SALTMED Modelinin denemede ölçülen biber verimlerini ilkbahar döneminde % 1.1 ile % 7.4, sonbahar döneminde, % 0.0 ile % 7.5 arasında; kuru madde verimlerini ise ilkbaharda % 1.5 - % 8.7 arasında, sonbahar döneminde ise % 0.1 ile % 7.7 hata sınırları arasında oldukça iyi tahmin ettiği görülmüştür. Bu çalışma, çeşitli çalışmalarda kullanılan SALTMED modelinin seralarda kullanım kapasitesini gösteren ilk çalışma olması bakımından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Biber, Tuzlu Su, Sulama, SALTMED modeli

ABSTRACT

PhD THESIS

POSSIBILITIES OF USING SALINE WATER FOR SUSTAINABLE GREENHOUSE PEPPER PRODUCTION AND EVALUATION OF SALTMED MODEL PERFORMANCE

Akın TEPE

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION

Supervisor : Prof. Dr. Attila YAZAR
Year: 2015, Page: 194
Jury : Prof. Dr. Attila YAZAR
: Prof. Dr. Nafi BAYTORUN
: Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ
: Asst. Prof. Dr. Servet TEKİN

In this study, the effects of various irrigation strategies using saline water applied with drip method on yield and yield components of pepper (*Capsicum annuum* L.) and salt accumulation in the plant root-zone depth were investigated for spring and autumn growing periods in the greenhouse and the experimental results were compared with the simulated results from SALTMED Model. The research was carried out by using Onur and Ada pepper varieties at the Department of Vegetables of West Mediterranean Agricultural Research Institute in Antalya between 2011 and 2012. In the study four different salinity treatments T1 (control) (1.0 dS m^{-1}), T2 (2.5 dS m^{-1}), T3 (3.5 dS m^{-1}), T4 (6.0 dS m^{-1}) and four different irrigation levels KS-50, KS-75, TS-100, AS-125 were considered. The control treatment with salt-free irrigation water, T1 (1.0 dS m^{-1}), produced the highest pepper yields while the yields of T4 (6.0 dS m^{-1}) were the lowest for both growing seasons. The SALTMED model was calibrated by using the soil moisture measurements in the control treatment during spring of 2011. After the calibration, the other treatments of spring and autumn seasons were used for validation of the model. SALTMED Model estimated the pepper yield with the difference between 1.1% and 7.4% in spring, and between 0.0% and 7.5% in autumn while it estimated the dry matter yield with the difference between 1.5% and 8.7% in spring, and between 0.1% and 7.7 % in autumn. This study of the SALTMED model used in several studies in the past is the first study showing the potential capacity of the model for use in greenhouse.

Key Words: Pepper, Saline water, Irrigation, SALTMED model

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında engin bilgilerinden yararlandığım, desteğini ve sabrını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Attila YAZAR'a saygı ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Görüş ve önerileri ile çalışmamı zenginleştiren, bilgi ve tecrübelerinden yaralandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Yıldız DAŞGAN ve Doç. Dr. Semih Metin SEZEN'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her türlü desteği veren Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne, denemede yapılan toprak ve su analizleri ile C vitamini ölçümlerinde her türlü teknik desteği ve yardımlarını esirgemeyen Bitki Besleme ve Toprak Su kaynakları Bölümünden Ziraat Yüksek Mühendisi Işıl EMRAHOĞLU'na, Gıda Teknolojisi ve Tıbbi Aromatik Bitkiler Bölümünden Ziraat Yüksek Mühendisi Ramazan TOKER'e ve Ziraat Yüksek Mühendisi Fırat AYAS'a denemenin yürütülmesi aşamasında toprak örnekleri alımında yardımlarını esirgemeyen Ziraat Yüksek Mühendisi Volkan TOPÇU'ya, stoma direnci ölçümlerinde benimle birlikte özveriyle çalışan değerli arkadaşlarım Dr. Köksal AYDINŞAKİR ve Dr. Şekip KESER'e, istatistik analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Ahmet EREN'e, araştırmanın ilk gününden itibaren manevi destek ve yardımlarını gördüğüm Sebzecilik Bölümü mesai arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler ediyorum.

Daima desteğini hissettiğim sevgili eşim Seyla TEPE'ye ve biricik oğlum Aykut TEPE'ye gösterdikleri fedakarlıktan dolayı teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no:ZF2011BAP13) sonsuz teşekkürler ediyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ..... I
ABSTRACT..... II
TEŞEKKÜR..... III
İÇİNDEKİLER..... IV
ÇİZELGELER DİZİNİ..... VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ..... XII
1. GİRİŞ..... 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... 5
2.1. Tuzluluk Sorunu..... 5
2.2. Tuzlu Suların Sulamada Kullanılması..... 9
2.3. Bitki Tuz İlişkisi..... 10
2.4. Biber Bitkisi ve Tuzluluk İlişkisi..... 13
2.5. SALTMED Modeli..... 18
3.MATERYAL VE YÖNTEM..... 21
3.1. Materyal..... 21
3.1.1. Araştırma Yeri..... 21
3.1.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri..... 21
3.1.3. Denemede Kullanılan Sulama Suyu Özellikleri..... 23
3.1.4. Deneme Alanının İklim Özellikleri..... 24
3.1.5. Denemede Kullanılan Biber Çeşitleri..... 24
3.1.6. SALTMED Modeli..... 24
3.1.6.1. Bitki Su Tüketimi..... 25
3.1.6.2. Tuzlu Su Koşullarında Bitki Su Alımı..... 26
3.1.6.3. Oransal ve Gerçek Bitki Verimi..... 28
3.1.6.4. Su ve Çözelti Hareketi..... 28
3.1.6.5. Drenaj..... 30
3.1.6.6. Yıkama Gereksinimi..... 30
3.1.6.7. SALTMED Modeli İçin Gerekli Olan Veriler..... 30
3.1.6.8. SALTMED Modeli Veritabanı..... 31

3.2. Yöntem..... 31
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri..... 31
3.2.2. Toprak Örneklerinde Tuzluluk Ölçümü..... 32
3.2.3. Toprak Hazırlığı ve Dikim..... 32
3.2.4. Bakım..... 32
3.2.5. Araştırma Konuları ve Deneme Deseni..... 33
3.2.5.1. Ana Parseller..... 35
3.2.5.2. Alt Parseller..... 35
3.2.5.3. En Alt Parseller..... 35
3.2.6. Sulama Sistemi..... 37
3.2.7. Uygulanan Sulama Suyu Miktarlarının Belirlenmesi..... 38
3.2.8. Toprak Nem Değişiminin İzlenmesi..... 39
3.2.9. Bitki Su Tüketimi..... 39
3.2.10. Su Verimliliği..... 40
3.2.11. Bitki Üretim Fonksiyonu..... 40
3.2.12. Bitki Gözlem ve Ölçümleri..... 41
3.2.12.1. Bitki Boyu..... 41
3.2.12.2. Bitki Gövde Kalınlığı..... 41
3.2.12.3. Yaprak Oransal Su İçeriği..... 41
3.2.12.4. Toprak Üstü Kuru Madde Verimi..... 42
3.2.12.5. Yaprak Alan İndeksi..... 42
3.2.12.6. Bitki Başına Verim..... 43
3.2.12.7. Hasat İndeksi..... 43
3.2.13. Meyve Ölçüm ve Analizleri..... 44
3.2.13.1. Ortalama Meyve Ağırlığı..... 44
3.2.13.2. Meyvede C Vitamini Ölçümü..... 44
3.2.13.3. Meyve Rengi..... 44
3.2.13.4. Suda Çözünebilir Kuru Madde..... 45
3.2.14. İyon Analizleri..... 46
3.2.15. İstatistiksel Analizler..... 46
3.3. SALTMED Modelinin Kalibrasyonu ve Doğrulanması..... 47

3.4. SALTMED Modelinin Değerlendirilmesi..... 47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... 51
4.1. Arazi Bulguları..... 51
4.1.1. İklim Özellikleri 51
4.1.2. Sulamaya Ilişkin Bulgular..... 54
4.1.3. Toprak Profilinde Su İçeriği Gözlemleri..... 55
4.1.4. Bitki Su Tüketimi..... 61
4.1.5. Biber Verimleri..... 67
4.1.6. Biber Çeşitlerinin Verim-Tuz İlişkisi ve Tuzluluk Eşik Değerleri 70
4.1.7. Biber Bitkisinde Su Verimliliği..... 72
4.1.8. Oransal Evapotranspirasyon Açığı İle Oransal Verim Azalışı Arasındaki İlişki ve Verim Tepki Etmeni..... 78
4.1.9. Toprak Tuzluluğu..... 79
4.1.10. Bitki Boyu..... 86
4.1.11. Bitki Gövde Kalınlığı..... 89
4.1.12. Yaprak Alan İndeksi..... 91
4.1.13. Kuru Madde Verimi..... 92
4.1.14. Hasat İndeksi..... 97
4.1.15. Yaprak Oransal Su İçeriği..... 98
4.1.16. Yaprak Stoma Geçirgenliğinin Belirlenmesi..... 102
4.2. MEYVE KALİTESİ BULGULARI..... 105
4.2.1. Ortalama Meyve Ağırlığı..... 105
4.2.2. Meyve Rengi Ölçümleri..... 107
4.2.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde..... 112
4.2.4. Meyvede C Vitamini İçeriği..... 115
4.3. BİTKİLERİN MİNERAL MADDE İÇERİKLERİ..... 116
4.3.1. İyon Analizleri..... 116
4.4. SALTMED MODELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ..... 121
4.4.1. SALTMED Modelinin Kalibrasyonu..... 121
4.4.2. SALTMED Modelinin Çıktıları..... 131

4.4.3. Ölçülen ve Tahmin Edilen Meyve Verimlerinin Karşılaştırılması..... 132
4.4.4. Ölçülen ve Tahmin Edilen Bitki Kuru Madde Verimlerinin Karşılaştırılması..... 136
4.4.5. Ölçülen ve Kestirilen Toprak Tuzluluk Profillerinin Karşılaştırılması..... 140
5. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 143
KAYNAKLAR..... 149
ÖZGEÇMİŞ..... 163
EKLER..... 164

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1.	Sera toprağına ilişkin bazı fiziksel özellikler.....	22
Çizelge 3.2.	Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri.....	22
Çizelge 3.3	Denemede kullanılan sulama suyu analiz sonuçları.....	23
Çizelge 3.4.	Araştırmada kullanılan çeşitler, tuz düzeyleri ve pan katsayıları.....	36
Çizelge 3.5.	Biberin tuz toleransı.....	36
Çizelge 4.1.	Yetiştirme dönemlerine göre biber çeşitlerinin çiçeklenme ve meyve tutum zamanları.....	53
Çizelge 4.2	Biber bitkisine deneme konularına göre uygulanan sulama suyu miktarları.....	54
Çizelge 4.3.	Sulama konuları ve yetiştirme dönemlerine göre yığışımlı bitki su tüketimi değerleri, konular arasındaki su tüketimi farkları ve değişim yüzdeleri	61
Çizelge 4.4.	Biber bitkisinin ilkbahar dönemi bitki su tüketimi değerleri.	62
Çizelge 4.5.	Biber bitkisinin ilkbahar dönemi bitki su tüketimi değerlerinin LSD karşılaştırmaları	63
Çizelge 4.6	Biber bitkisinin sonbahar dönemi bitki su tüketimi değerleri	64
Çizelge 4.7.	Biber bitkisinin sonbahar dönemi bitki su tüketimi değerlerinin LSD karşılaştırmaları.....	64
Çizelge 4.8.	İlkbahar yetiştirme döneminde araştırma konularında biber çeşitlerine ilişkin verim değerleri.....	68
Çizelge 4.9.	Sonbahar yetiştirme döneminde araştırma konularında biber çeşitlerine ilişkin verim değerleri.....	69
Çizelge 4.10.	İlkbahar yetiştiricilik döneminde araştırma konularına göre sulama suyu ve su kullanım etkinliği	73
Çizelge 4.11.	Sonbahar yetiştiricilik döneminde araştırma konularına göre sulama suyu ve su kullanım etkinliği	75
Çizelge 4.12.	İlkbahar Dönemi Toprak Tuzluluk Değerleri	80

Çizelge 4.13.	Sonbahar Dönemi Toprak Tuzluluk Değerleri	81
Çizelge 4.14.	İlkbahar dönemi Onur çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları.....	86
Çizelge 4.15.	İlkbahar dönemi Ada çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları.....	86
Çizelge 4.16.	Sonbahar dönemi Onur çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları.....	87
Çizelge 4.17.	Sonbahar dönemi Ada çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları.....	87
Çizelge 4.18.	İlkbahar dönemi hasat sonu bitki boyu LSD karşılaştırması.	88
Çizelge 4.19.	Sonbahar dönemi hasat sonu bitki boyu LSD karşılaştırması.....	88
Çizelge 4.20.	İlkbahar ve sonbahar dönemi bitki gövde kalınlıkları.....	90
Çizelge 4.21	İlkbahar dönemi yaprak alan indeksi (LAI) değerleri.....	91
Çizelge 4.22.	Sonbahar dönemi yaprak alan indeksi (LAI) değerleri.....	92
Çizelge 4.23.	İlkbahar döneminde toplam kuru madde verimlerine ait LSD karşılaştırması.....	93
Çizelge 4.24.	Sonbahar döneminde toplam kuru madde verimlerine ait LSD karşılaştırması.....	95
Çizelge 4.25.	Çeşitlerin ilkbahar dönemi yetiştiriciliğindeki hasat indeksi değerleri.....	97
Çizelge 4.26.	Çeşitlerin sonbahar dönemi yetiştiriciliğindeki hasat indeksi değerleri.....	98
Çizelge 4.27.	İlkbahar ve sonbahar dönemi yaprak oransal su içeriği.....	99
Çizelge 4.28.	İlkbahar döneminde yaprak oransal su içeriğine ilişkin LSD karşılaştırması.....	100
Çizelge 4.29.	Sonbahar döneminde yaprak oransal su içeriğine ilişkin LSD karşılaştırması.....	101
Çizelge 4.30.	İlkbahar ve sonbahar dönemi yapraklarda stoma geçirgenliği.....	104
Çizelge 4.31.	İlkbahar ve sonbahar dönemi ortalama meyve ağırlıkları.....	106

Çizelge 4.32.	İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde meyve -a*, h^0 değerleri ..	108
Çizelge 4.33.	Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde meyve -a*, h^0 değerleri.	110
Çizelge 4.34.	İlkbahar ve sonbahar dönemi SÇKM değerleri.....	113
Çizelge 4.35.	İlkbahar ve sonbahar dönemi C vitamini değerleri.....	115
Çizelge 4.36.	İlkbahar dönemi yaprak ve kök aksamı iyon analizleri.....	117
Çizelge 4.37.	Sonbahar dönemi yaprak ve kök aksamı iyon analizleri.....	120
Çizelge 4.38.	Ölçülen ve tahmin edilen oransal verimlere göre SALTMED modelinin performans parametrelerinin karşılaştırması.....	128
Çizelge 4.39.	Ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verimlere göre SALTMED modelinin performans parametrelerinin karşılaştırması.....	131
Çizelge 4.40.	Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen biber verimleri arasındaki farklar.....	135
Çizelge 4.41.	Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen kuru madde verimleri arasındaki farklar....	139
Çizelge 4.42.	Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen toprak tuzlulukları arasındaki farklar.....	141

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1.	Deneme alanının görüntüsü.....	21
Şekil 3.2.	Deneme alanı toprak su karakteristik eğrisi.....	23
Şekil 3.3.	Deneme deseni.....	34
Şekil 3.4.	Denemede kullanılan sulama sistemi.....	38
Şekil 3.5.	Global Lab İmage yaprak ölçümü.....	43
Şekil 3.6.	-a*,Hue değerlerinin karşılık geldiği renk diyagramı.....	45
Şekil 3.7.	Refraktometre ile SÇKM Ölçümü.....	46
Şekil 4.1.	İlkbahar dönemi sera içi sıcaklık ve oransal nem verileri.....	51
Şekil 4.2.	Sonbahar dönemi sera içi sıcaklık ve oransal nem verileri.....	51
Şekil 4.3.	İlkbahar döneminde T1 ve T2 tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi.....	55
Şekil 4.4.	İlkbahar döneminde T3 ve T4 tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi.....	56
Şekil 4.5.	İlkbahar döneminde KS-50 ve TS-100 sulama konularında sulama öncesi toprak profilinin tuz içeriğinin zamansal değişimi.....	57
Şekil 4.6.	Sonbahar döneminde T1 ve T2 tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi.....	58
Şekil 4.7.	Sonbahar döneminde T3 ve T4 tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi.....	59
Şekil 4.8.	Sonbahar döneminde KS-50 ve TS-100 sulama konularında sulama öncesi toprak profilinin tuz içeriğinin zamansal değişimi.....	60
Şekil 4.9.	İlkbahar dönemi bitki su tüketimi ve sulama suyu tuzluluğu arasındaki ilişki.....	66
Şekil 4.10.	Sonbahar dönemi bitki su tüketimi ve sulama suyu tuzluluğu arasındaki ilişki.....	66
Şekil 4.11.	Onur çeşidinde dönemlere göre verim-tuzluluk ilişkisi.....	70

Şekil 4.12.	Ada çeşidinde dönemlere göre verim-tuzluluk ilişkisi.....	71
Şekil 4.13.	İlkbahar Dönemi Onur ve Ada çeşitlerinin tuz eşik değeri.....	71
Şekil 4.14.	Sonbahar Dönemi Onur ve Ada çeşitlerinin tuz eşik değeri.....	71
Şekil 4.15.	İlkbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-ET ilişkisi.....	74
Şekil 4.16.	İlkbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-verim ilişkisi.....	74
Şekil 4.17.	Sonbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-ET ilişkisi.....	76
Şekil 4.18.	Sonbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-verim ilişkisi.....	76
Şekil 4.19.	İlkbahar ve sonbahar dönemi Onur çeşidi ky etmeni.....	78
Şekil 4.20.	İlkbahar ve sonbahar dönemi Ada çeşidi ky etmeni.....	79
Şekil 4.21.	İlkbahar Dönemi Toprak Katmanlarındaki Tuzluluk Miktarları	82
Şekil 4.22.	Sonbahar Dönemi Toprak Katmanlarındaki Tuzluluk Miktarları.....	83
Şekil 4.23.	İlkbahar dönemi toprak (ECe) ve sulama suyu tuzluluğu (ECw) ilişkisi.....	84
Şekil 4.24.	Sonbahar dönemi toprak (ECe) ve sulama suyu tuzluluğu (ECw) ilişkisi.....	85
Şekil 4.25.	Çeşitlerin ilkbahar döneminde toplam kuru madde verimleri ..	93
Şekil 4.26.	Çeşitlerin sonbahar döneminde toplam kuru madde verimleri..	94
Şekil 4.27.	İlkbahar dönemi T1 KS-50 konusunda ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişki.....	122
Şekil 4.28.	İlkbahar dönemi T2 TS-100 konusu ve T2 KS-75 konusunda ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri.....	123
Şekil 4.29.	Sonbahar dönemi T2 TS-100 konusu ve T2 KS-75 konusunda ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri.....	124
Şekil 4.30.	İlkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişki.....	125

Şekil 4.31. Sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişki 125
Şekil 4.32. Onur çeşidinin ilkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen Oransal verim değerlerinin korelasyonu..... 126
Şekil 4.33. Onur çeşidinin sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerinin korelasyonu..... 126
Şekil 4.34. Ada çeşidinin ilkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerinin korelasyonu..... 127
Şekil 4.35. Ada çeşidinin sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen Oransal verim değerlerinin korelasyonu..... 127
Şekil 4.36. Onur çeşidinin ilkbahar dönemine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu..... 129
Şekil 4.37. Onur çeşidinin sonbahar dönemine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu..... 129
Şekil 4.38. Ada çeşidinin ilkbahar dönemine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu..... 130
Şekil 4.39. Ada çeşidinin sonbahar dönemine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu..... 130
Şekil 4.40. İlkbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri..... 132
Şekil 4.41. Sonbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri..... 133
Şekil 4.42. İlkbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri..... 133
Şekil 4.43. Sonbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri..... 134
Şekil 4.44. İlkbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri..... 137
Şekil 4.45. Sonbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri..... 137

Şekil 4.46. İlkbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri..... 138
Şekil 4.47. Sonbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri..... 138

1. GİRİŞ

Su kıtlığının, dünyanın her yerinde 21. yüzyılın başlıca sorunlarından biri olacağı ve bu nedenle de milyarlarca insanın hayatının suyun doğru yönetimine bağlı olduğu farklı uluslar arası forumlarda açıkça belirtilmektedir. İnsanlar başlıca kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için suya ihtiyaç duyarlar, bununla beraber su sınırlı bir kaynak olarak görülür. Yetersiz su kaynakları ve bozulan su kalitesi, dünyanın birçok bölgesinde, sanayi, tarım ve çevre için ciddi kaygılar oluşturmaktadır.

Dünyada su kaynaklarının % 70'e yakın bölümü tarımda kullanılmaktadır. Türkiye'de ise 2008 yılı itibariyle yıllık toplam 46 milyar m³'lük su tüketiminin; %15'i içme ve evsel kullanmada, %11'i sanayide ve %74'ü tarımsal sulamada kullanılmaktadır (İncekaya, 2010). Nüfus artışı ile doğru orantılı olarak tarımsal ve evsel su talebinin yanında gelişen sanayi sektöründe de suya olan talebin artması; su kullanımında sektörler arası rekabete yol açmaktadır. Suyun en çok kullanıldığı tarımsal sulamada su kaynaklarının etkin kullanımı ve su tasarrufu sağlanması büyük önem taşımaktadır. Su kayıplarını azaltan basınçlı sulama sistemleri suyun etkin kullanılmasında ve su kayıplarının en düşük düzeyde tutulmasında önemlidir (Yazar ve ark., 2002).

Su kullanımını olanaklı kılan iki önemli bileşen, su miktarı niceliği ve su kalitesi niteliğidir. Su ihtiyacı, tam anlamıyla ancak bu iki bileşenin bir arada sağlanması ile karşılanabilir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı, Dünya'da 1.400 milyon km^3 su olduğunu belirtmektedir. Ancak, bu miktarın çok küçük bir oranı (%1"in altında) kullanılabilir durumdadır. Kullanılabilir su miktarı yere (konuma - mekana) ve zamana (aylar, mevsimler, yıllar) göre önemli değişimler gösterdiği için, dünyanın bazı bölgelerinde ve dönemlerinde "su sıkıntısı-su kısıtı" yaşanmaktadır. Küresel ölçekteki bu durum, Türkiye ölçeğinde de kendini göstermekte, su niceliği (kaynakları - miktarı) ülke üzerinde üniform (eşit) dağılmadığından bazı bölgelerde su sıkıntısının yaşanmasına yol açabilmektedir. Eşitsiz dağılıma ilave olarak, son zamanlarda kendini hissettirmeye başlayan iklim değişikliğinden kaynaklanan havzalardaki yağış ve dolayısıyla su rejiminin değişmesi, Türkiye'nin özellikle nüfus

ve endüstriyel faaliyetlerin fazla olduğu bölgelerinde su kısıtından kaynaklanan sorunları gündemin ilk sıralarına taşımaktadır (TÜSİAD, 2008).

Suyun en çok kullanıldığı sektör olan tarımda temiz su kaynakları yanında kötü nitelikli suların da sulama amacıyla kullanım olanaklarının araştırılması gerekmektedir. Yetersiz su kaynakları ve bozulan su kalitesi, dünyanın birçok bölgesinde birçok belediye, sanayi, tarım ve çevre için ciddi kaygılar oluşturmaktadır (Polat, 2013). Bugüne kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde tuzlu suların tarımsal sulamada kullanım olanakları, çevreye ve bitkiye etkileri gibi konularda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Temiz su kaynaklarının büyük bölümünü tarımsal ürünlerin sulanmasında kullanan ülkelerde, tuzlu suların tarımda kullanılması gibi seçeneksel su kaynaklarının değerlendirilmesi, gelecek için çok önemli bir konudur (Mizrahi ve Pasternak, 1985; Beltran, 1999; De Pascale ve ark., 2001; Hamdy, 2002; Yazar ve ark., 2013; Qadir ve ark., 2009). Hangi koşulda olursa olsun tuzlu suların kullanıldığı alanlarda tuz birikimlerinin olacağı ve buna bağlı olarak üretim kayıplarının meydana geleceği bir gerçektir. Bu nedenle anılan üretim kayıplarının azaltılması için tuza dayanıklı kültür bitkilerinin üretimi zorunludur. Ancak bitki büyüme dönemi, sulama yöntemi, sulama aralığı ve çevre koşulları gibi birçok etmenin bitkisel verim üzerine etkili olduğu göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı verim ve kalitelerindeki değişmelerin ve su kullanım özelliklerinin belirlenmesi, önem arz etmektedir. Tuzlu suların sulama amacıyla kullanıldığı durumlarda aynı anda hem toprak hem bitki hem de su yönetimi için hesaplamalar yapabilen entegre bir yaklaşım kullanılmalıdır. SALTMED Modeli sulama sistemi, toprak tipi ve sulama suyunun tuzluluk seviyesinin; toprak su içeriği ve topraktaki tuz dağılımı üzerine etkilerini, yıkama gereksinimini ve ürün verimini başarıyla birlikte değerlendirebilen genel bir modeldir (Ragab, 2002). Model su ve çözelti taşınımı, evapotranspirasyon (ET) ve bitki su alımı eşitliklerini kullanır (Ragab, 2002). Model FAO Penman-Monteith referans evapotranspirasyon eşitliğini kullanmaktadır.

SALTMED modelinin iki hedefi vardır;

1. Arazi denemelerinden elde edilen sonuçlar ile kalibrasyonu yapılan SALTMED Modeli kullanılarak tuzlu su ile sulanan alanlarda üreticilere rehberlik sağlayacak stratejilerin geliştirilmesi;
2. Bir ıslah programında fizyolojik kriterleri kullanılarak türlerin tuz toleransını geliştirmek ve bu çalışmaların ülke üreticilerine ve ıslah çalışmalarına katkı sağlamasıdır.

Solanaceae familyası içinde yer alan biber (*Capsicum* sp.), gerek ülkemizde gerekse dünyada üretim ve yayılış açısından sebze türleri içinde önemli bir yere sahip olan bir türdür. Sebze üretiminde 2012 verilerine göre dünyada dördüncü sırada olan Türkiye biber üretiminde 2.07 milyon ton üretimi ile ikinci sırada gelmektedir (Özalp ve ark., 2014). Örtü altı tarımında ise biber üretim miktarı 530 000 tondur (TÜİK, 2014). Genel olarak sebzelerin tuz toleransı diğer kültür bitkilerine oranla daha düşüktür (Maas ve Hoffman, 1977). Bu nedenle özellikle sebzelerde düşük kaliteli suların kullanılması durumunda bitki özellikleri, verim ve kalitede oluşabilecek değişimlerin ve tarım alanlarında ortaya çıkan tuzlulaşmanın belirlenmesi gereklidir. Yetiştiricilik yapılan alanların tuzlanması ve sulamadan kaynaklanan tuzluluk, bu sebze türünü, tuza karşı duyarlılığından dolayı, olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle biberin damla sulama yöntemiyle tuza dayanımının belirlenip eşik değerinin veya tuza toleransının saptanması sorunlu alanlar için önemli bir konu olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, seralarda ilkbahar ve sonbahar yetiştiricilik dönemlerinde farklı sulama stratejileri kullanılarak damla sulama yöntemi ile tuzlu sulama sularının, biber bitkisinin verim ve verim bileşenleriyle bitki kök bölgesindeki tuz birikimi ve su verimliliği üzerine etkileri araştırmak; denemeden elde edilen bulguları SALTMED modelinin tahmin sonuçlarıyla karşılaştırmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tuzluluk Sorunu

Tarımsal üretimde beklenen verimin alınmasını engelleyen en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi de tuzluluktur. Dünyada tarımı yapılan toprakların yaklaşık %40'ı tuzluluk tehdidi altındadır. Tuzluluk probleminin ciddi boyutlarda olduğu ülkeler arasında Avustralya, Çin, Mısır, Hindistan, Irak, Meksika, Pakistan, Suriye, Türkiye ve A.B.D. öncelikle sayılabilir. Ülkemiz topraklarının ise 1.5 milyon hektarı tuzluluk sorunu ile karşı karşıya bulunmaktadır (FAO, 2009). Tuzlu koşullarda yetiştiricilik yapılabilmesi öncelikle tuzluluk yönetimine bağlı olmaktadır. Tuzluluğu yönetebilmek için ise çeşitli koşullarda tuzluluğun bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerine olan etkilerinin bilinmesini gerektirmektedir. Her yıl yaklaşık olarak 20 milyon ha alan tuzluluk nedeniye üretim dışında kalmaktadır. Akdeniz havzasında 80 milyon ha çeşitli nedenlerle tuzlanmış alan yeralmaktadır. Dolayısıyla Akdeniz havzasının kurak ve yarı kurak alanlarında iyi nitelikli suların miktarında küresel iklim değişikliği gibi nedenlerle azalma beklenilmektedir (Yazar ve ark., 1999). Sönmez (2009) bildirdiğine göre, Türkiye'de 2.7 milyon hektar alanın tuzluluk ve drenaj problemi olan topraklara sahip olduğuna işaret etmekte; bu değerin, sulanabilir alan potansiyelimizin yaklaşık %18'i olduğunu vurgulamaktadır. Yıllar içerisinde bu değerlerin arttığı ve giderek de daha fazla sorun oluşturacağı düşünülmektedir. Türkiye`de son yıllarda, kentsel atık suların ve tuzlu suların tarımda kullanılması ile ilgili kimi ölçütlerin eldesi için yaygın biçimde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda, bitkisel verimin, tuzluluktan etkilenmeye başladığı eşik değerin ve tuzlu suyun kimi bitkisel niteliklere olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır (Kanber ve ark., 2008). Tuzluluk problemi, kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışın az, buharlaşmanın fazla olduğu alanlarda doğal olarak ortaya çıkmakta ve bu koşullara ilave olarak, sulamaya açılan bölgelerde ise aşırı sulama ile taban suyundaki tuzların üst katmanlara çıkışı ile oluşmaktadır. Tuzluluk sorunu olan topraklarda, genellikle sodyumun Cl^- ve SO_4^{-2} tuzları baskın olarak bulunmakta ve doğadaki tuzluluk genelde Na tuzları (NaCl) tarafından meydana gelmektedir

(Shannon, 1985). Ayrıca sulamada kullanılan suyun kalitesizliği ve drenajın yetersizliğinin neden olduğu tuzluluk, her geçen gün biraz daha artmaktadır. Sulanan topraklardaki tuz birikimi, tuza dayanıksız bitkilerde ürün verimini azaltan ana nedenlerden biridir. Böyle alanlarda yüksek buharlaşma, uygun olmayan sulama ve yönetim işlemleri bir araya gelerek olumsuzluklara neden olmaktadır. Yanlış ve fazla gübreleme de tuzluluğun artışında etkili olan önemli parametrelerdir. Bu uygulamalar, çözünebilir tuzun toprağın farklı derinliklerinde birikmesine neden olmaktadır (Bresler ve ark., 1982). Bitkinin ihtiyaç duyduğu ve yağışlarla karşılanamayan su, sulama yapılarak karşılanmaktadır. Sulama; bitki gelişimi süresince su eksikliğinden kaynaklanan verim azalmalarının önlenebilmesi için bitkilere uygun zaman ve miktarda su verilmesi işlemidir. Özellikle Akdeniz gibi dünyanın yarı kurak bölgelerinde sulama için yeterli miktarda kaliteli su bulmak sorun olmaktadır. Tuzluluk tarımsal verimliliği önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri olup, tarımda en önemli tuzluluk sorunu, sulama yapılan kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan arazilerde ve seralarda meydana gelmektedir (Sharma, 1980; Hale ve Orcutt, 1987). Bu durum aşırı oranlarda çözünebilir tuzlar içeren ve çoğunlukla klor bileşenli yer altı sularının kullanımına yol açmaktadır. Ancak sulama amaçlı kullanılan tüm yüzey ve yeraltı sularında az veya çok miktarda çözünmüş halde bulunan tuzlar zamanla toprakta tuz birikimine neden olmaktadır (Ayers and Westcot, 1989; Tanji, 1990). Bitkinin kök bölgesinde verimde kayba neden olacak yoğunluğa kadar tuz birikiyorsa, tuzluluk problemi ortaya çıkar. Dünyada sulu tarım yapılan alanlarda, yeterli miktarda kaliteli su bulunmadığı koşullarda tuzlu sular kullanılmaktadır. Bu nedenle toprak ve su tuzluluğu, köklerin su alımını zorlaştırır, bu da bitkinin çimlenme, gelişme ve verim kayıplarına neden olur (Wahome, 2003; Fernández-García ve ark., 2004). Bugüne kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde tuzlu suların tarımsal sulamada kullanım olanakları, çevreye ve bitkiye etkileri gibi konularda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Temiz su kaynaklarının büyük bölümünü tarımsal ürünlerin sulanmasında kullanan ülkelerde, tuzlu suların tarımda kullanılması gibi seçeneksel su kaynaklarının değerlendirilmesi, gelecek için çok önemli bir konudur. Bu kapsamda, ülkemizde de son yıllarda, kentsel atık suların ve tuzlu suların tarımda kullanımı ile bitkisel verimin, tuzluluktan etkilenmeye başladığı

eşik değerin ve tuzlu suların bazı bitkisel niteliklere olan etkisinin belirlenmesi çalışmaları yapılmaya başlanmıştır (Yazar ve ark., 2006). Akdeniz gibi dünyanın yarı kurak bölgelerinde sulama için yeterli miktarda kaliteli su bulmak sorun olmaktadır. Bu durum aşırı oranlarda çözünebilir tuzlar içeren ve çoğunlukla klor bileşenli yer altı sularının kullanımına yol açmaktadır (Fernandez-Garcia et al., 2004). Tuzluluk sorunu denildiğinde en fazla zararlı etkiyi sahip ve en yaygın olan Na ve Cl iyonlarının toprakta yüksek düzeylerde bulunduğu anlaşılmaktadır (Munns ve Termaat, 1986). İyileştirilen alanlarda uygun sulama yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda yeniden tuzlu topraklar oluşabilmektedir (Aktaş, 2002).

Yüksek tuzluluğa sahip suların oluşturduğu sorunlar üç başlık altında toplanmaktadır (Smedema ve Rycroft, 1983). Bu sorunlardan ilki toprak satürasyon eriyiğinin tuz konsantrasyonunun artması, bu nedenle toprakta ozmotik basıncın artması (negatif değer olarak) ve bitki köklerinin topraktaki suyu alamamasıdır. İkinci sorun, toprakta yüksek konsantrasyonlarda biriken tuzların bitkilere toksik etki yapmasıdır. Üçüncü sorun ise, sodyum iyonunun toprakta aşırı miktarlarda birikmesinden dolayı toprak yapısının bozulması ve kil kolloidlerinin dağılarak dispersiyon sorununu ortaya çıkarmasıdır.

Kültür bitkilerinin normal büyüme ve gelişmelerini engelleyecek kadar eriyebilir tuz bulunduran topraklara tuzlu topraklar denir. Tuzlu toprakların içerdiği tuzlar başlıca sodyum, kalsiyum ve magnezyumun klorür ve sülfatlarından ibaret nötr tuzlardır. Sodyum miktarı çoğunlukla çözünmüş katyonların yarısından daha azdır. Bu nedenle de önemli miktarda adsorbe olmamıştır. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) % 15'in altındadır. Bu toprakların saturasyon çamurundaki pH değerleri genellikle 8.5'den düşüktür ve eğer toprakta jips varsa, pH 8.2'yi nadiren geçer. Bitkilerin tuzluluğa dayanımı, kök bölgesindeki eriyebilir tuzların belli bir seviyesi için elde edilen verim azalması ile tuzlu olmayan koşullarda elde edilen verimin karşılaştırılması olarak açıklanabilir. Topraktaki tuzluluk sorununun ortadan kaldırılmasına yönelik olarak kullanılabilecek yöntemlerin güçlüğü ve masraflı olması nedeniyle, son yıllarda tuza dayanıklı bitki türleri ile bunlara ait tuza toleransı yüksek genotiplerin seçilmesi çok sayıda araştırıcının ilgi odağı olmuştur. Kanber ve ark. (2008), özellikle sebzelerin farklı türlerinde farklı su miktarları ve tuz

düzeylerinin kullanılması ile ilgili ilkelerin saptanması konusunda bitkilerin tuza dayanımlarının aynı olmayıp, sebze gibi bazı kültür bitkilerinin tuza daha duyarlı olduklarını ve su kaynaklarımızın zaman boyutunda değişik nedenlerden ötürü sürekli olarak daha tuzlu hale geldiklerini ve gereksinilen verim artışının ve üretim değerinin sağlanmasında bundan sonra daha düşük kaliteli suları kullanma zorunluluğumuzun ortaya çıktığını, bu nedenle kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı verim ve kalitelerinin, su kullanım özelliklerinin belirlenmesi gerekliliğini bildirmişlerdir.

Önemli seracılık alanlarından Antalya'nın Kale ilçesinde, sulama amaçlı olarak kullanılan yer altı sularının elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin çeşitli kuyular için Kasım ayında 0.85-4.1 dS m^{-1} arasında, Haziran ayında ise 0.83-4.4 dS m^{-1}arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu kullanım oranları ve tuzluluk düzeylerine göre Türkiye seracılık işletmelerinin çoğunluğunu içeren Akdeniz ve Ege Bölgesinde sulama amacıyla kullanılan yer altı sularının oranı, tuzluluğun önemli bir problem olduğunu ortaya koymaktadır (Dişli, 1997).

Sönmez ve Kaplan (2004), Demre yöresindeki seralarda kullanılan toprak ve sulama sularının tuz içeriklerinin yetiştirme dönemindeki değişimini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada: seçilen 28 seradan; 19 Ekim 2001 (I. Dönem), 14 Şubat 2002 (II. Dönem) ve 20 Haziran 2002'de (III. Dönem) olmak üzere üç dönemde, 2 derinlikte toplam 168 toprak ve 84 sulama suyu örneği almışlardır. Alınan toprak ve sulama suyu örneklerinde EC analizleri sonucunda elde edilen bulgulara göre, Demre yöresi sera toprakları 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde genellikle orta ve fazla tuzlu, sera sulama suyu örnekleri genellikle orta tuzlu (C2) ve fazla tuzlu (C3) sınıflarına girmektedir. Toprak örneklerinin tuz içeriklerinde dönemsel farklılıklar olmakla birlikte sera toprakları tuz bakımından sorunlu görünmektedir. Sera sulama sularının da büyük bir çoğunluğunun tuzluluk bakımından sorun oluşturacak nitelikte olduğu belirlenmiştir. Toprak verimliği üzerinde olumsuz etkilere sahip olan ve buna bağlı olarak verimi ve ürün kalitesini olumsuz etkileyen tuzluluk sorunu özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde daha fazla ortaya çıkar ve genelde yüksek sıcaklıklarla birlikte artış gösterir. Bu bölgelerde sulama ile toprağın alt katmanlarında bulunan tuz, buharlaşma sırasında

kapillarite ile yukarı taşınmakta ve bitkinin kök bölgesinde birikmektedir (Epstein ve ark., 1980).

2.2. Tuzlu Suların Sulamada Kullanılması

Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınırsa, mevcut arazilerin daha verimli kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Tarımsal üretim yapılan alanlarda yeterli miktar ve kalitede sulama suyunun sağlanması gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bazı ülkelerde sulama suyu kalitesi, su temininden daha önemli bir problem oluşturmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, sulu tarım için doğal kaynakların azalması veya kirlenmesi, düşük kaliteli sulama suyu ile sulama yapmak zorunda kalınması, genellikle geniş üretim yapılan bölgelerin tuzlanmasına ve üretim dışı kalmasına neden olmuştur. Doğal nedenlerle oluşan tuzlu alanlardan daha fazla bir alan, yanlış su kullanımı nedeniyle tuzlu hale getirilmiştir. Bütün bunlara rağmen, sulama için, tuzlu su kullanımı gündemdedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarla tuzlu suların, sulama suyunun potansiyel kaynağını olusturduğu gerçeği kabul görmeye başlamıştır. Yakın zamanlarda bitki yetiştirme ve ıslahı, toprak-bitki-su yönetimi, sulama ve drenaj teknolojileri konusunda yapılan çalışmalar, tuzlu suların toprak verimliliği ve çevre üzerine en az zararla bitkisel üretimde kullanılma şansını önemli ölçüde arttırmıştır (Shalhevet, 1994). Dünya su kaynaklarının evsel ve endüstriyel kullanımının yanında, yoğun tarım sonucu sulamada kullanımının artması ile kalite değerlendirme ölçütleri de değişmektedir. Önceleri rakam olarak daha düşük değerde olan sınır değerleri, simdi büyütülmüştür. Bunun nedeni sulu tarımda kullanabilecegimiz iyi kaliteli taze su kaynaklarının gittikçe daha kıt hale gelmesidir. Bunun sonucu olarak, daha tuzlu sularında artık sulamada kullanılması gerekliligi pek çok ülke için söz konusudur. Alınacak bazı yönetim önlemleri ile bu gibi sularında rahatlıkla kullanılabilir olup olmadıkları tartısılmakta ve bu konudaki çalısmalara hız verilmektedir (Yurtseven, 2004). Temiz su kaynaklarının büyük bölümünü sulamada kullanan ülkelerde, tuzlu sular gibi seçeneksel kaynakların değerlendirilmesi düşüncesi önem kazanmakta ve

gelecek için ümit var gözükmektedir (Mizrahi ve Pasternak, 1985). Dünya ölçeğinde birçok ülkede tuzlu suların tarımda basarılı bir şekilde kullanılmasıyla ilgili birçok örnek bulunmaktadır. De-Malach ve ark. (1978) Tunus, Hindistan ve İsrail'de tuzlu yeraltı sularının sulamada kullanıldıgını bildirmektedirler. Tunus'un Medjerda Nehrinin tuzlu suları (yıllık ortalama tuzluluk değeri 3.0 dS m^{-1}) sorgum, arpa, hurma, yonca ve enginar sulamasında kullanıldığını ifade etmişlerdir. Dorais ve ark. (2001) **s**ulama suyu tuzluluğunun, ışıkla birlikte bitki büyüme, gelişme, verim ve kalite üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, yüksek ışık ve düşük EC'li su uygulamasının; su ve mineral madde alımının yükselmesine yol açtığı, bunun da verimi iyileştirdiği fakat meyve kalitesini olumsuz etkilediği bildirilmiştir**.**

Nagaz ve ark. (2012), Tunus'ta kurak şartlarda damla sulama planlaması ile su eksikliğinin EC değeri 3.6 dS m^{-1} tuzlu sulama suları ile sulanan biberlerin verimi, su verimliliği ve toprak tuzluluğu üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, en yüksek biber verimlerinin 2.2 ve 2.4 t da^{-1} değerleri ile tam su konularından elde edildiğini %80 ve %60 su eksikliği konularında meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlıklarında ise tam sulama konusuna göre önemli oranda azalmalar olduğunu bildirmiştir. Mokh ve ark. (2014), Tunus'ta kurak şartlarda yüzey ve yüzey altı damla sulama sistemleriyle EC değeri 7 dS m^{-1} tuzlu sulama suları ile sulanan patatesin su kullanım randımanı ve verimi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada sulama yöntemlerinin toprak su içeriği ve tuzluluğuna önemli derecede etki ettiğini ayrıca patatesin veriminin tam sulma konusunda yüksek olduğunu %60 ve %30 su eksikliği konularında verimin önemli oranda azaldığını su kullanım randımanının % 30 kısıntılı sulamada en yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

2.3. Bitki- Tuz İlişkisi

Dünyada tuzlu sular kullanılarak toprakta ve bitkide zarar meydana getirmeden yetiştiriciliğin yapılması amacıyla araştırmalar tüm hızıyla devam etmektedir. Bu durum tarım alanlarında tuzluluk sorunu olmasa bile ilerleyen dönemlerde, topraktaki tuz konsantrasyonunun artmasına ve yetistirilen tarım

ürününün veriminde belirgin azalmalara neden olabilmektedir (Akilan ve ark., 1997; Parlak ve Özarslan, 2006). Dünyada sulama yapılan birçok alanda yetistiriciler, yeterli miktarda kaliteli su olmadığından dolayı tuzlu su kullanmaktadır (Villora ve ark., 2000).

Bitkilerin büyüme periyotlarında, strese duyarlı belirli kritik dönemlerinin olduğu bilinmektedir. Bitki, söz konusu dönemlerde su eksikliği ile karşılaştığında, fizyolojik olarak olumsuz etkilenmekte ve bunun sonucunda verimde önemli azalmalar meydana gelmektedir. Özellikle suyun kısıntılı olduğu yerlerde, stresten en fazla etkilenen dönemlerin bilinmesi, sulama işletmeciliği açısından son derece önemlidir (Yazar, 1990). Gupta ve Yadav (1986), gelişme dönemlerinde bitkilerin tuza karşı gösterdikleri duyarlılık, yetişme dönemi içerisinde farklı nitelikteki suların kullanılabilecegini göstermektedir. Genel olarak çimlenme ve bitki gelisiminin ilk döneminde bitkiler tuza duyarlıdır ve bu dönemlerde iyi nitelikteki suların kullanılmasına gerek duyarlar. Kötü nitelikli sular ise daha sonra kullanılır. Bu uygulama, bitki gelisimi açısından daha az olumsuz etkilere sahiptir. Rhoades ve ark. (1992), kök bölgesindeki aşırı tuzluluğun metabolik sentezi ve hücre büyümelerini kapsayan büyüme oranlarına zarar verdiğini belirtmektedirler. Ayrıca bu aşırı tuzluluk transpirasyondaki azalmalar nedeni ile bitki gelismesinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Aşırı tuzluluk, stres altındaki bitkinin yaşaması için gerekli biyokimyasal ayarlamayı yapması ve kök bölgesindeki topraktan suyu alması için harcaması gereken enerjiyi arttırarak bitki gelişimini azaltmaktadır. Bitki, yaşaması için gerekli olan bu enerjide oluşan açığı büyüme ve verim için kullanacağı enerjiden sağlamakta ve böylece verimde azalmalar ortaya çıkmaktadır.

Marschner (1995), önceki açıklamaların ışığında bazı yeni yaklaşımlarla tuz stresinin bitki büyümesi üzerindeki sınırlayıcı etkisini üç grup altında değerlendirmiştir:

1. Su eksikliği (su stresi),
2. Na^+ ve Cl^- iyonlarının fazla miktarda alınması nedeniyle oluşan iyon toksisitesi,

3. İyon taşınımında ortaya çıkan dengesizlik nedeniyle hücre özsuyunun mineral yapısının ve Ca^{++} dengesinin bozulması.

Levitt (1980), tuz stresinden kaynaklanan iyon toksisitesini birinci derecede etkili stres faktörü olduğunu belirtmekte, bunun ardından oluşan su alınımının azalması yani su stresi ve mineral maddedeki dengesizlikler ile beslenmedeki bozulmayı ise ikinci derecede etkili stres faktörleri olarak yorumlamaktadır. Tuz stresi ve buna bağlı oluşan su stresi arasındaki ilişkiyi ayırt etmek oldukça güçtür. Topraktaki tuz miktarının artışı ile suyun ozmotik potansiyeli düştüğünden, tuz stresi bitkiyi ikincil bir ozmotik strese, bir başka deyişle fizyolojik kuraklık stresine maruz bırakmaktadır. Greenway ve Munns (1980), bu durumu su noksanlığı veya su stresi olarak adlandırmaktadır. Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunu sonucunda hormonal denge bozulmakta, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Saruhan ve ark., 2008).

Shainberg (1975)'e göre bitki gelişmesinin çözünebilir tuzlardan etkilenmesi tuzların iyonik bileşimi kadar, bitki türüne, toprak yapısına ve su tutma kapasitesine bağlıdır. Araştırmacı, toprakta çözülebilir tuz düzeyinin esas etkisinin, çamur süzüğünün ozmotik potansiyelini arttırması yüzünden, bitkilerin su ve besin elementleri alımını azaltması şeklinde ortaya çıktığını açıklamıştır. Bitkilerin tuzluluğa dayanımı, kök bölgesindeki eriyebilir tuzların belli bir seviyesi için elde edilen verim azalması ile tuzlu olmayan koşullarda elde edilen verimin karşılastırılması olarak açıklanabilir. Dolayısıyla bitki tuz toleransı, bitkilerin yetişme koşullarına bağlı oransal bir değerdir (Öztürk ve Erözel, 1994).

Tuzlu suların toprak özellikleri üzerine en belirgin etkileri, infiltrasyon hızını ve hidrolik iletkenliğini düşürmesidir (Chawla ve ark., 1983). Bu konuda yapılan araştırmalarda, infiltrasyon hızındaki azalmanın toprak su içeriğinde ve havalanma oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Armstrong ve ark., 1995). Park ve

O'connor (1980), doygun hidrolik iletkenliğin sulama suyu niteliğine bağlı olarak belirgin şekilde değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, tuzlu sodyumlu topraklara iyi nitelikli su uygulanması toprağın geçirgenliğini önemli oranda azaltmıştır. Elde edilen verilere bağlı olarak, kumlu topraklarda her türlü sulama suyu, orta bünyeli topraklarda, sodyum derişimi yüksek olmayan sulama sularının kullanılabileceği belirtirken, ince bünyeli topraklarda ise tuzlu-sodyumlu suların kullanılmasının uygun olmadığı sonucuna varmışlardır.

2.4. Biber Bitkisi ve Tuzluluk İlişkisi

Ayers ve Westcot (1989), biberin toprak ve sulama suyu tuzluluğuna karşı orta derecede duyarlı bir bitki olduğunu %100 verim alabilmek için toprak tuzluluğunun 1.5 dS m^{-1}, sulama suyu tuzluluğunun ise 1.0 dS m^{-1}'den daha fazla olmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Diğer taraftan % 50 verim kaybının olacağı toprak tuzluluğunu 5.1 dS m^{-1}, sulama suyu tuzluluğunu ise 3.4 dS m^{-1} olarak belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, hiç verim alınamayan toprak tuzluluğu 8.6 dS m^{-1}, sulama suyu tuzluluğu ise 5.8 dS m^{-1} olarak bulunmuştur.

Yılmaz ve ark. (2004) bazı biber çesitlerinde sulama suyunda yüksek düzeyde NaCl'ün, kök ve sürgün uzunluklarını, bitkinin kuru ve yaş ağırlıklarını ve yaprak sayısı ile alanını olumsuz yönde etkiledigini belirlemişlerdir. Yapraklarda Na konsantrasyonunun artmasının K ve K/Na degerlerinin azalttığını saptamışlardır. Slezak ve ark. (2002), biber bitkisinde çimlenme oranı ve fide uzunluğunun artan tuzlulukla azaldığını, sulama suyunun KCl konsantrasyonunun artması ile fide gelişimini, bitki ağırlığı ve gövde çapının azaldığını bildirmişlerdir.

Farklı tuz konsantrasyonlarının (0, 8 ve 12 dS/m) bazı domates genotiplerinin çimlenmesi üzerine olan etkilerini araştırmak amacı ile yapılan çalışma sonuçları farklı tuz konsantrasyonlarının çimlenme yüzdesi üzerine önemli etkisinin olduğunu göstermiştir. Tüm genotiplerde çimlenme, tuz dozlarındaki artış ile birlikte önemli miktarda azalmıştır. Bu azalmalar tuz dozlarına ve genotiplere göre değişim göstermiştir. En yüksek çimlenme kontrol uygulamasından elde edilmiş ve tuz dozlarının artması ile azalmıştır (Turhan ve Şeniz, 2010).

Chartzoulakis ve Klapaki (2000), biber bitkisinde su kültürü ortamında tuzluluğun 50 mM'a yükselmesinin çimlenmeyi geciktirdiğini fakat çimlenme yüzdesini azaltmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca 100 ve 150 mM NaCl konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesinin önemli düzeyde azaldığını 10 mM'dan daha yüksek tuzluluklarda da fide gelişiminin oldukça azaldığını gözlemlemişlerdir. Bitki yüksekliği, toplam yaprak alanı ve kuru ağırlık gibi bitki büyüme parametrelerinin 25 mM NaCl'den yüksek tuzluluklarda önemli düzeyde (P=0.05) azaldıgını ve tuzluluğun artışıyla yapraklara kıyasla köklerin Na konsantrasyonunun daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Toplam meyve verimi 10 mM NaCl'den daha yüksek tuzlulukta önemli düzeyde azalmış ve bu değer 150 mM NaCl'de %95 olmuştur. Bitki başına düşen meyve sayısı ve meyve ağırlığının da tuzlulukla azaldığını bildirmişlerdir.

Pascale ve ark. (2003), İtalya'da ECw = 4.4 dS m^{-1} olan bir sulama suyuyla sulanan biber bitkilerinde bitki kuru ağırlığının (yaprak, sap, gövde) % 46, veriminde % 25 oranında azaldığını, sulama suyu tuzluluğunun 8.5 dS m^{-1} düzeyinde olması durumunda ise bitki kuru ağırlığının % 34, verimin % 58 azaldığını bildirmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerde yaprak alanı ve kuru madde birikiminde azalmalar görülmüstür. Çevre kosulları göz önünde tutularak, hiç sulama yapılmamasına kıyasla belli bir dereceye kadar tuzlu sularla (4.4 dS m^{-1}) sulamayı önermişlerdir.

Medeiros ve ark., (2002) Brezilya'da yaptıkları çalısmada biberin verimde azalmaya neden olmayan sulama suyu tuzluluğu eşik değerini 1.81 dS m^{-1} olarak bulmuşlar ve bundan sonra her 1 dS m^{-1}'lik artışta verimde % 16 bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Akdoğan ve Özkan (2000), sera koşullarında yaptıkları araştırmada, üç farklı tuz yoğunluğunun toprakta yetiştirilen biber bitkisinin gelişim dönemlerinde, uygulanan su stresi altında tuza karşı olan duyarlılıkları incelenmiştir. Bu amaçla EC= 0.6 dS m^{-1}olan killi-tın bünyeye sahip toprakla, bu toprağa değişik miktarda NaCl çözeltisi verilerek hazırlanmış 4 ve 7 dS m^{-1}düzeylerinde elektriksel iletkenliğe sahip örnekler kullanılmış ve bitkilerde su stresi fidelerin saksılara dikiminden itibaren onuncu günde, çiçeklenme ve meyve oluşumu dönemlerinde uygulanmıştır. Fide dikimi, çiçeklenme ve meyve oluşumu dönemlerinde uygulanan su stresi artan

tuzluluk değerlerinde, kök ve gövde kuru madde miktarı ve ürün miktarında azalmaya neden olmuştur. Bitkinin, çiçeklenme döneminde ve EC= 7 dS m^{-1}olan grupta uygulanan su stresinden diğer dönemlere kıyasla daha çok etkilendiği saptanmıştır.

Beek ve ark. (1991), Tunus'ta biber çeşitlerinde yaptıkları bir çalışmada sulama suyu tuzluluğunun 7.63 dS m^{-1} olduğunda verim, ölüm oranı ve kök ağırlığı gibi gözlenen tüm karakterler açısından kritik bir değer olduğunu belirtmişlerdir.

Moreno ve ark. (2003), İspanya'da yaptıkları bir çalışmada damla sulama sistemi ile günlük olarak sulanan biberde, farklı sulama suyu miktarlarının bitkinin fizyolojik tepkisi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Bunun için periyodik olarak bitkilerin yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve stomatal direnci ölçülmüştür. Su açığı bitkinin kuru madde birikiminde ve yaprak alanında azalmalara neden olmasına karşın sulama suyu miktarı verim ve büyüme parametrelerinde önemli değişimlere neden olmamıştır. Bununla beraber konular arasında YOSK ve stoma direnci açısından da çok küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Beese ve Moshrefi (1985) biberde yaprak oransal su kapsamının, su stresinin belirlenmesinde çok hassas bir gösterge olmadığını bildirmişlerdir.

Güneş ve ark. (1996), saksılarda yetiştirilen biber bitkisine 50, 75 ve 100 mM miktarlarında besin çözeltisine tuz ilave edilerek stres ortamı oluşturmuşlardır. Tüm stres ortamındaki bitkilerde verim çok düşük olarak tespit edilmiştir. Stres şiddeti/oranı arttıkça stomalardaki direnç ve bitki bünyesindeki Na, Cl ve proline miktarında artış; potasyum, toplam azot ve klorofil miktarında düşüş saptanmıştır.

De Pascale ve ark. (2000) yaptıkları bir çalışmada, açık tarla biber yetiştiriciliğinde beş farklı tuz düzeyindeki (% 0, % 0.125, % 0.25, % 0.5 ve % 1 NaCl) tuzlu suyun üç farklı sulama düzeyi (% 100, % 75 ve % 50) ile damla sulamayla birlikte bitkilerdeki etkilerini, gaz değişimlerini ve verimlerini araştırmışlardır. Bitkinin vejetatif gelişmesinde tuz ve su stresinin, Na ve Cl iyonlarını arttırdığını gaz değişimlerini sınırlandırdığını ve büyümeyi azalttığını bulmuşlardır. Bununla birlikte tuz stresinin etkilerinin sulama seviyesi ne olursa olsun daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Dagobiet ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada, damla sulama ile tuzlu su kullanımı ve polietilen malç kullanımının dolmalık biberlerin su kullanım etkinliği ve verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde tuzlu sulama suyu (0.2-9 dS m^{-1}ve 0.5-4.5 dS m^{-1}) değerlendirmelerini sera şartlarında gerçekleştirmişler ve kontrolün üzerinde olan tuzluluk seviyelerinin (0.2-0.5 dS m^{-1}) toplam ve pazarlanabilir ürün verimi ile su kullanım randımanını önemli oranda azalttığını, malçlanan bitkilerde ise pazarlanabilir ürün verimi ve su kullanım etkinliğinin çıplak arazidekinden daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Yurtseven ve ark. (1996), sivri biberde, çimlenme ve fide oluşumu dönemleri ile gelişme dönemlerindeki sulama suyu tuzluluklarının, bazı verim parametrelerine olan etkileri araştırmışlar ve serada saksı denemeleri biçimde yapılan çalışmalar sonucunda çimlenmeye ve fide biomas değerine 3.0 dS m^{-1}'lik tuzluluk düzeyinin önemli bir etkisinin olmadığını, fide boylarının ise bu tuzluluk düzeyinde % 13 kadar arttığını bildirmişlerdir. Bitki gelişme dönemlerindeki tuzluluk düzeylerinin ise bitki verimi ve biomasını % 1, meyve boyu ve meyvede toplam kül değerlerini % 5 düzeyinde etkilediğini, yaprak ve dallardaki toplam kül değerlerinin ise deneme konularından etkilenmediğini ayrıca ele alınan verim parametrelerinin hiçbirisinde faktörler arası etkileşimin (interaksiyon) önemli bulunmadığını belirtmişlerdir. Tuzluluk bitki gelişmesini üç temel prensip çerçevesinde engellemektedir: iyon toksisitesi (Na ve Cl); ozmotik stres; beslenme bozuklukları (Greenway ve Munns, 1980; Munns ve Termaat, 1986; Yeo ve ark., 1991).

Navarro ve ark. (2003), biberde YOSK, yaprak ozmotik potansiyeli ve turgor potansiyelinin ECi değerlerinin artışıyla önemli düzeyde azaldığını bildirmişlerdir. Ancak, bu azalma NaCl uygulanan bitkilerde, Na_2SO_4 uygulananlara göre daha düşük bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, bitkiler ozmotik ayarlama yapamadıkları için ya da Cl^-, SO_4 ve Na^+'un toksik etkilerinden dolayı bitki gelişimi tuzluluğun artışıyla azalmıştır. Bununla beraber NaCl uygulanan bitkilerde düşük ECi (3 ve 4 dS m^{-1}) değerlerinde turgor kaybı olmadığı için gelişimde azalmalar çok daha küçük olarak gerçekleşmiştir. Gomez ve ark (1996), biber bitkilerini kaya yünü içerisinde yetiştirerek NaCl ve $CaCl_2$ tuzlarının farklı konsantrasyonlarına (0, 25, 50 ve 100 mM) maruz bırakmışlardır. Azot kaynağı olarak 2-15 mM KNO_3 ve $CaNO_3$

kullanmışlardır. Tuzluluğun yükselmesiyle yapraklarda K^+ , Ca^+ , Mg^+ , P elementi alımlarında azalma olduğunu belirlemişlerdir. Ortalama 15 mM azot uygulamasıyla birlikte yapraktaki Na^+ iyonunun düştüğünü saptamışlardır. Ayrıca artan azot dozunun bitki biyokütlesi üzerinde olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir. Bu durum, Cl ve NO_3 arasındaki antogonistik etkiden kaynaklanan rekabetten dolayı yüksek dozda uygulanan nitrat formundaki azotun Cl iyonuna göre daha fazla tercih edilmesi böylece bitkiye zarar veren klorun alımının engellendiği şekliyle açıklanmıştır.

Kaya ve Higgs (2003), biber bitkisi kullanılarak yaptıkları bir çalışmada tuz stresi altındaki bitkiye dışarıdan uygulanan KNO_3 bileşiğinin, yaprak ve köklerde K^+ ve klorofil içeriğini arttırdığını, stres parametrelerini hafiflettiğini özellikle kalsiyum ve potasyumun bitkiyi tuz stresinden bir ölçüde koruduğu ve stresten etkilenme derecesini azalttığını saptamışlardır. Örneğin; 71 mM oranında Na^+ etkisine maruz bırakılmış mısır bitkisine destek olarak 12.5 mM oranında Ca^+ verilmesi durumunda bitkinin strese karşı toleransının arttığı ve tuzluluktan daha az etkilendiği bildirilmiştir (Cramer, 2002). Yine tuz stresi altındaki bitkilerde, K^+ 'un birçok enzim için kofaktör olduğu ve Ca^+ 'un dışsal uygulanmasıyla NaCl'ün zararlı etkisini azaltabileceği de bildirilmiştir (Hasegawa ve ark, 2000b). Diğer bir çalışmada da biber bitkisine dışarıdan takviye olarak verilen K^+ 'nun bitkide stres parametrelerini iyileştirici etki yaptığı rapor edilmiştir. Kreij (1999) tarafından ortamdaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla biberin almış olduğu kalsiyum miktarında düşmeler, verimde azalmalar ve çiçek burnu çürüklüğünde ise artışlar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tuzlu koşullarda biberde çinko içeriğinin toksik etki yapacak düzeye çıktığı bildirilmiştir.

Tepe ve ark. (2011) değişik düzeylerde tuz içeren sulama suyu ile sulanan bazı biber saf hatlarının verim performanslarının karşılaştırmışlardır. Denemede, her yıl 6 adet saf hat olmak üzere, toplam 18 sivri biber saf hattı test edilmiştir. Hatlar ilkbahar ve sonbahar yetiştirme dönemi olmak üzere yılda iki dönem denenmiştir. Yetiştiricilik toprak+torf+perlit karışımı içeren saksılarda gerçekleştirilmiştir. Bitkiler, gübre+sulama suyu=1.5 dS m^{-1} (kontrol), gübre+sulama suyu+NaCl=2.5 dS m^{-1}, gübre+sulama suyu+NaCl=3.5 dS m^{-1} ve gübre+sulama suyu+NaCl=4.5 dS m^{-1} olmak üzere, dört farklı EC değerine sahip tuzlu sulama suyu ile sulanmıştır. Sonuç

olarak, 34 no'lu hattın sonbahar döneminde 3.5 dS m^{-1}, ilkbahar döneminde 2.5 dS m^{-1} EC'ye sahip tuzlu sulama uygulamalarında verim yönünden kontrolle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Bu hatlar sorunlu bölgeler için çeşit geliştirme çalışmalarında kullanılmak üzere biber ıslah gen havuzuna aktarılmıştır.

2.5. SALTMED Modeli

Sulanan ürünler için başarılı bir su yönetim planı; su, bitki, toprak ve arazi yönetimini açıklayan entegre bir yaklaşım gerektirir. Bu amaçla kullanılan modellerin çoğu özel bir sulama sistemi, su ve çözelti taşınımı, infiltrasyon, yıkama ya da bitki kökleri tarafından kaldırılan su gibi özel süreçler veya bunların bir kombinasyonu için dizayn edilmişlerdir (Ragab, 2002; Ponnambalam ve ark., 2015).

Bu modeller genellikle girdi olarak güncel iklim verilerini ve bitkiye ilişkin bilgileri kullanırlar (Yazar, 2009). Ragab (2002), SALTMED modelini çeşitli kaynaklardan elde edilen verileri kullanarak bir büyüme mevsimi boyunca 5 örnek uygulama için çalıştırmıştır. Model; sulama sistemi, toprak tipi ve sulama suyu tuzluluk seviyesinin toprak su içeriği ve tuz dağılımına, yıkama gereksinimi ve bitki verimi üzerine etkilerini tüm konularda başarıyla kestirmiştir.

Uzun (2004), 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında yürütülmüş olan araştırmadan elde edilen verileri kullanarak SALTMED Modelini değerlendirmiştir. Farklı tuzluluk düzeylerinde (ECw 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 dS m^{-1} olan sular ve ECw 0.5 dS m^{-1}olan kanal suyu) sulanan mısır bitkisi için tarla denemesinden elde edilen verim ile SALTMED Modelinin tahmin ettiği verim değerleri karşılaştırılmış ve kanal suyu ile sulama konusu dışındaki diğer tüm konularda modelin tahmin ettiği verim ile denemede elde edilen verim arasında önemli farklılıklar çıkmıştır. Kestirilen değerler deneme sonuçları ile karşılaştırıldığında model 0.5 m'nin üzerindeki derinliklerde toprak tuz içeriğini daha yüksek tahmin etmiştir. Bununla birlikte ET hızları arasındaki fark % 17'den daha az çıkmıştır. Bu çalışma sonucunda SALTMED Modelinin Akdeniz iklim koşulları altında yetiştirilen ürünler için kalibre edilmesi önerilmiştir.

Ragab ve ark. (2005a), 2000-2002 yılları arasında Suriye ve Mısır'da tuza toleransının yüksek olduğu bilinen Floradade domates çeşidinin damla yada karık sulama ile farklı tuzluluk düzeylerindeki sulama suyu kullanılarak tuzlu ve tatlı suyun döngüsel olarak veya karıştırılarak uygulanması şeklinde denemeler gerçekleştirmişlerdir

Bu denemelerden 2002 yılında Suriye ve Mısırda Floradade domates çeşidinin damla sulama yöntemiyle % 100 tatlı su ile sulanması konusuna ilişkin verileri kullanarak SALTMED modelini kalibre etmişlerdir. Çalışmada modelin kalibrasyonu esas olarak verim tahminine göre yapılmıştır. Modelin başarıyla kalibre edilmesinden sonra 2000-2002 yılları arasında Suriye ve Mısır'da gerçekleştirilen tarla denemelerdeki tüm konular için SALTMED modeli test edilmiştir. Çalışmada anılan modelin tuzluluğun verime etkisini, su kullanımını, toprak su içeriği ve tuz dağılımını başarıyla tahmin ettiği; Mısır ve Suriye'deki denemelerden elde edilen sonuçlar ile modelin tahmin ettiği sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğu saptanmıştır. Ölçülen ve tahmin edilen sonuçlara göre 7 dS/m tuzluluk düzeyindeki sulama suyunun verimi % 50 oranında düşürdüğü; Floradade domates çeşidinin tuza toleranslı olduğu ve Akdeniz Bölgesinde yetiştirmeye uygun olduğu belirtilmiştir (Ragab ve ark., 2005b).

Montenegro ve ark. (2009), Pesqueira'da yaptıkları çalışmada Brezilya'nın yarı kurak bölgesinin sulanan temel ürünleri olan havuç ve lahana için SALTMED modelini kalibre etmiş ve değerlendirmişlerdir. Çalışmada kök bölgesi matrik potansiyeli ve toprak su içeriğinin tahmin edilen zaman serileri ile arazide ölçülen değerler arasında iyi bir uyum olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada iki farklı karbondioksit (CO_2) konsantrasyonu kullanılarak iklim değişikliğine bağlı olası yıllık sıcaklık değişimlerinin sulama suyu gereksinimi üzerine etkileri analiz edilmiş; düşük CO_2 konsantrasyonu için havuç ve lahanada sulama suyu gereksiniminin %11, yüksek CO_2 konsantrasyonu için ise %17 oranında artacağı öngörülmüştür.

Golabi ve ark. (2009), İran'ın Khuzestan bölgesinde yapılan çalışmada 3 yıllık arazi denemelerinden elde edilen verilerle SALTMED Modeli şekerkamışı için kalibre edilmiş; şekerkamışı verimi ve sulamalardan sonra toprak tuzluluk profili için

değerlendirilmiştir. Çalışmada simülasyon sonuçları ile gerçek sonuçların karşılaştırılması için maksimum hata, hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), determinasyon katsayısı ve ANOVA tablosu hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar genel olarak simulasyon ve ölçümler arasında önemli derecede fark olmadığını göstermiştir.

İncekaya ve ark. (2014) SALTMED modelinin en son versiyonunu Çukurova koşullarında tuzlu sulama suları kullanılarak yetiştirilen quinoa bitkisinin verimi ve toprakta tuz birikimini tahmin etmede kullanmışlar ve modelin anılan parametreleri çok yüksek doğruluk derecesiye tahmin ettiğini belirlemişlerdir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma, 2011 ilkbahar ve sonbahar yetiştirme dönemlerinde, Antalya'da Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünün Kocayatak mevkiinde bulunan Sebzecilik Bölümüne ait cam serada yürütülmüştür. Denemede kullanılan sera, Antalya il merkezine 35 km uzaklıkta, 36º 55' 46" Kuzey enlemi ile 30º 58' 47" Doğu boylamı arasında, deniz seviyesinden yüksekliği 28 m'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanının görüntüsü

3.1.2 Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Araştırma alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla serayı temsil edecek biçimde, üç ayrı profilden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak laboratuvarda toprak bünyesi, toprak

tuzluluğu, tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN) gibi toprak nem sabiteleri ile toprağın hacim ağırlığı (As) değerleri belirlenmiştir. Sera toprağına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1' ve 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sera toprağına ilişkin bazı fiziksel özellikler

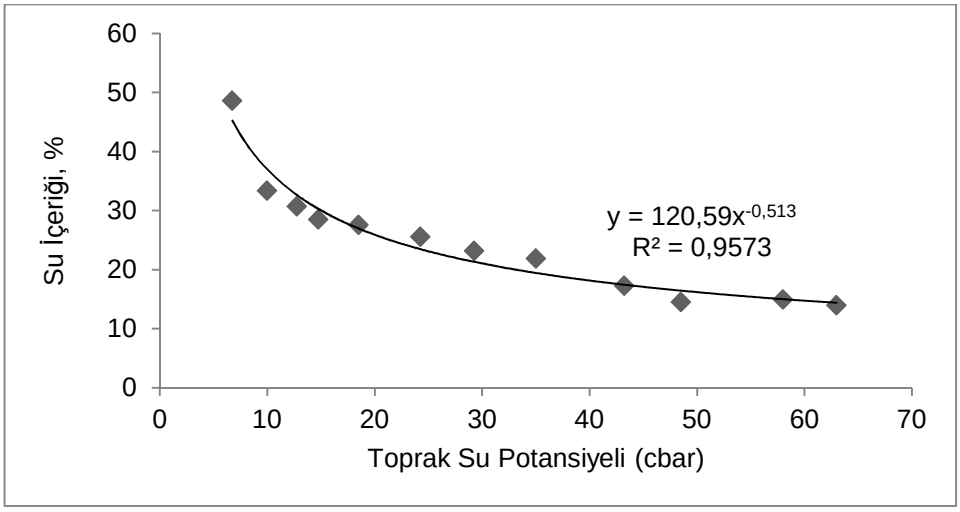
Katman Derinliği (cm)	Dane İrilik Dağılımı			Bünye Sınıfı	T.K. (%)	S.N. (%)	As (g cm^{-3})
	(%) Kum	(%) Tın	(%) Kil				
0-10	61	15	24	SCL	22	11	1.40
10-20	62	16	22	SCL	20	11	1.39
20-30	60	17	23	SCL	21	11	1.40
30-60	59	16	25	SCL	22	12	1.38

Çizelge 3.1'den anlaşılacağı üzere deneme alanının toprağı profil boyunca kumlu- killi-tınlı bünyeye sahip olup toprağın tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri hacim esasına göre, sırasıyla, % 20-22 ve % 11-12 ve hacim ağırlığı 1.38-1.40 g cm^{-3} olarak belirlenmiştir. Tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı değerleri Israelsen ve Hansen (1962)'de killi tınlı bünyeye sahip topraklar için verilen değişim sınırları içerisindedir. Toprağın katmanlara göre pH'sı 7.6-7.8; tuz içeriği (EC) 0.33-0.42 dS m^{-1} arasında değişmektedir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Katman Derinliği (cm)	EC dS m^{-1}	pH	$CaCO_3$ (%)	Org. Madde (%)	Katyonlar (ppm)		
					Ca	Mg	K
0-10	0.42	7.8	3.1	1.9	3196	211	118
10-20	0.38	7.6	2.6	1.8	2985	226	185
20-30	0.36	7.8	2.1	1.8	3054	218	192
30-60	0.33	7.7	1.9	1.7	2865	209	164

Deneme alanı topraklarının pH değeri hafif alkali özellik göstermekle birlikte pH ve tuzluluk yönünden bir sorun bulunmadığı görülmektedir. Araştırmada ayrıca deneme alanı topraklarının nem karakteristik eğrileri de geliştirilmiştir. Bu amaçla 20 cm derinlikten gravimetrik yöntemle alınan toprak örneklerinin su içerikleri (Pw, %) belirlenmiş ve bu değerlere karşılık gelen toprak su potansiyeli değerleri (cbar) karşılıklı grafiklenerek toprak su karakteristik eğrisi (pF) oluşturulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Deneme alanı topraklarının su karakteristik eğrisi

3.1.3. Denemede Kullanılan Sulama Suyu Özellikleri

Araştırmada, sulama suyu kaynağı olarak deneme alanının hemen yakınında bulunan yer altı suyu kullanılmıştır. Kullanılan sulama suyunun bazı özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, denemede kullanılan sulama suyunun sulamaya uygunluk yönünden kalitesi C_2S_1 olarak belirlenmiştir (USSL, 1954).

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan sulama suyu analiz sonuçları

EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	Katyonlar ($mg\ l^{-1}$)			Anyonlar ($mg\ l^{-1}$)			SAR
		Ca	Mg	Na	HCO_3	SO_4	Cl	
0.68	7.1	106	14	13.2	336	26	42.6	0.32

Söz konusu sulama suyu tuza orta düzeyde dayanıklı olan biber için kullanılabilir düzeyde olup sodyum zararı ise söz konusu değildir.

3.1.4. Deneme Alanının İklim Özellikleri

Batı Akdeniz Bölgesi içerisinde yer alan Antalya, kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak Akdeniz iklimine sahiptir. Araştırmanın yürütüldüğü 2011 yılı ilkbahar ve sonbahar vejetasyon dönemindeki sera içi sıcaklık, nem ve radyasyon değerleri sera içerisine yerleştirilen HOBO iklim verileri kaydedici ve APOGEE SP-110 Pyranometre yardımıyla ölçülmüştür.

3.1.5. Denemede Kullanılan Biber Çeşitleri

Araştırmada Antalya ve çevresinde örtüaltı biber yetiştiriciliğinde tercih edilen Lider tohum firmasını ait ticari hibrit çeşitlerden "Onur**"** sivri biber *(Capsicum annuum*) çeşidi ile "Ada" çarliston biber çeşidi kullanılmıştır.

3.1.6. SALTMED Modeli

SALTMED modeli sulama sistemi, toprak tipi ve sulama suyunun tuzluluk seviyesinin; toprak su içeriği ve topraktaki tuz dağılımı üzerine etkilerini, yıkama gereksinimini ve ürün verimini başarıyla resmeden genel bir modeldir. SALTMED modeli sayısal ve grafiksel olmak üzere iki şekilde çıktı sağlayabilmektedir. Model büyüme mevsimi boyunca her hangi bir gündeki toprakta yatay ve düşey yöndeki nem dağılımı, toprak tuzluluk profili, topraktaki azot dağılımı, uygulanan sulama suyu miktarı, evapotranspirasyon ve yıkama gereksinimine ilişkin tahminlerde bulunabilmektedir. Benzer şekilde meyve verimi, kuru madde verimi, kök derinliği, bitki boyu ve yaprak alan indeksi değerlerini de tahmin etmektedir.

3.1.6.1. Bitki Su Tüketimi

Model, bitki su tüketimini FAO 56 (Allen ve ark., 1998)'ya göre FAO Penman-Monteith eşitliğini kullanarak hesaplamaktadır. FAO Penman-Monteith eşitliği aşağıda verilmiştir (Allen ve Ark., 1998).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T - 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (3.1)$$

Burada;

ETo: Referans bitki su tüketimi, (mm/gün);

Rn : Net radyasyon, (MJ/m^2/gün);

G : Toprak ısı akısı, (MJ/m^2/gün);

T: Ortalama hava sıcaklığı, (˚C);

U_2 : 2 m yükseklikte rüzgar hızı, (m/s);

es: Doygun buhar basıncı, (kPa);

ea: Gerçek buhar basıncı, (kPa);

es-ea : Doygun buhar basıncı açığı (kPa);

Δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/˚C);

γ : Psikrometrik sabitedir, (kPa/˚C).

Bu eşitlikte standart iklim verileri (solar radyasyon, güneşlenme süresi, hava sıcaklığı ve rüzgar hızı) kullanılmaktadır. Meteorolojik verilerin eksikliğinde model, Class A pan buharlaşma verilerini kullanarak FAO Penman-Monteith (Allen ve ark., 1998) eşitliğine göre referans bitki su tüketimini (ET_o) hesaplayabilmektedir.

Gerçek bitki su tüketimi (ET_c) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır;

$$ET_c = ET_o (K_{cb} + K_e) \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

ET_c : Gerçek bitki su tüketimi, (mm/gün);

ET_o: Referans evapotranspirasyon, (mm/gün);

K_{cb} : Bazal bitki katsayısı;

K_e : Açık toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma katsayısıdır.

Farklı bitkiler için her büyüme dönemindeki bitki katsayıları (K_{cb} ve K_c değerleri) modelin veri tabanında bulunmaktadır. Ke değeri FAO-56 (Allen ve ark., 1998)'ya göre hesaplanmaktadır.

3.1.6.2. Tuzlu Su Koşullarında Bitki Su Alımı

Gerçek Su Alım Oranı: SALTMED Modeli su alımının belirlenmesinde Cardon ve Letey (1992) tarafından ortaya konan su alım eşitliğini kullanır.

$$S_{(z,t)} = \left[\frac{S_{max}(t)}{1 + \left(\frac{a(t)h + p}{p_{50}(t)} \right)^3} \right] l_{(z,t)} \qquad (3.3)$$

Burada;

$z \leq 0.21$ için $\lambda(z) = 5/3L$

$0.2L < z \leq L$ için $\lambda(z) = 25/12L*(1-z/L)$

$z > L$ için $\lambda(z) = 0.0$' dır.

Eşitliklerde;

$S_{max}(t)$	t zamanda maksimum potansiyel kök su alımı;
z	aşağıya doğru pozitif değer olarak alınan dikey derinlik;
$\lambda(z)$	derinlik ve zamana bağlı toplam kök yoğunluğu oranı;
L	maksimum kök derinliği;
h	matrik basınç yüksekliği;
p	osmotik basınç yüksekliği;

$p_{50}(t)$ $S_{max}(t)$, %50 azaldığında osmotik basıncın zamana bağlı değeri;

a(t) bitkinin matrik ve osmotik potansiyele farklı tepkilerini dikkate alan düzeltme katsayısıdır.

$$a(t) = \frac{p_{50}(t)}{h_{50}(t)} \tag{3.4}$$

Burada h50(t), $S_{max}(t)$'nin %50 azaldığı durumdaki matrik potansiyel değeridir.

Maksimum Su Alımı, Smax(t): Maksimum su alımı, $S_{max}(t)$, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$S_{max}(t) = ET_o(t) * K_{cb} \tag{3.5}$$

Kök Derinliği ve Genişliği: Modelde kök derinliğinin bitki katsayısı ile benzer tavır izlediği varsayılmıştır. Kök derinliği, KD(t), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$KD(t)=[Kökderinliği_{min}+(Kökderinliği_{max}-Kökderinliği_{min})]' \frac{K_c(t)}{K_{c\,max}} \tag{3.6}$$

Maksimum kök derinliği doğrudan ölçülebileceği gibi literatürden de elde edilebilir.

Kök genişliğinin hesaplanmasında ise aşağıdaki basit eşitlik kullanılmaktadır:

$$\text{Kök genişliği (t)} = \left[\frac{Kökgenisliği}{Kökderinliği}\right]' \text{ Kök derinliği} \tag{3.7}$$

[Kök genişliği/ Kök derinliği] oranı, bitki toprak tipi ve diğer faktörlere bağlıdır. Bu değer FAO-48 (1992) gibi literatürden veya arazi denemelerinden elde edilebilir.

3.1.6.3. Oransal ve Gerçek Bitki Verimi

Su alımı ile kuru madde üretimi ve buna bağlı olarak verim arasındaki tek ve güçlü ilişki olan oransal verim (RY); büyüme mevsimi boyunca toplam gerçek su alımının stressiz koşullardaki toplam maksimum su alımına bölünmesi şeklinde tahmin edilmektedir.

$$RY = \frac{\sum S(x,z,t)}{\sum S\max(x,z,t)} \tag{3.8}$$

Gerçek verim (AY) ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır;

$$AY = RY * Y_{max} \tag{3.9}$$

Eşitlikte, Y_{max} belli bir bölgede stressiz optimum koşullarda elde edilen maksimum verimdir.

3.1.6.4. Su ve Çözelti Hareketi

Toprakta suyun hareketi Richard Eşitliği kullanılarak matematiksel olarak ifade edilebilir. Bu eşitlik doğrusal olmayan kısmi diferansiyel bir eşitlik olup Darcy yasası ve süreklilik eşitliğine dayanmaktadır.

$$q = -K(h)\frac{dH}{dZ} \tag{3.10}$$

Eşitlikte q; su akısı, K(h); toprağın hidrolik iletkenliği, Z; toprak yüzeyinden aşağıya doğru dikey koordinat, H; su yüküdür. Diğer yükleri ihmal edersek, topraktaki su yükü, yerçekimi yükü ile matrik yükün (y) toplamına eşit olur.

$$H = \psi + Z \qquad (3.11)$$

Kök bölgesinin kararlı ve uniform katmanlarında düşey su hareketi Richard tipi eşitlikle tanımlanabilir;

$$\frac{\partial q}{\partial q} = -\frac{\partial}{\partial z}\left[K(q)\frac{\partial(\psi + z)}{\partial z}\right] - S_w \qquad (3.12)$$

Eşitlikte, q; hacimsel ıslaklık, t; zaman, z; derinlik, $K(q)$; ıslaklığın bir fonksiyonu olarak hidrolik iletkenlik, ψ; matrik emme yükü ve S_w bitki kökü tarafından alınan suyu temsil eden su alım terimidir.

Toprakta çözelti hareketi, hızı ve yönü büyük ölçüde suyun hareketine bağlıdır fakat aynı zamanda difüzyon ve hidrodinamik dispersiyon ile de belirlenir.

Difüzyon, dispersiyon ve konveksiyonun kombinasyonu ile toplam çözelti akısı, Hillel (1977)'ye göre (Eşitlik 13) ifade edilebilir.

$$J = -(D_h + D_s)(\partial c/\partial x) + \bar{v}\theta c \qquad (3.13)$$

Eşitlikte, J; toplam çözelti akısı, c; akan sudaki çözelti konsantrasyonu, $\bar{v}$; ortalama akış hızı, D_s; topraktaki çözelti difüzyonudur. D_h difüzyon katsayısı olup ortalama akış hızıyla doğrusal orantılıdır.

$$D_h = a\bar{v} \qquad (3.14)$$

Burada a , ampirik katsayıdır.

3.1.6.5. Drenaj

Modelde drenaj için iki farklı seçenek söz konusudur. Bunlar, kök bölgesi altında serbest drenaj olduğu ya da tabanda geçirimsiz bir tabaka bulunduğunun kabul edilmesi şeklindedir.

3.1.6.6. Yıkama Gereksinimi

SALTMED modelinde yıkama gereksinimi (LR) sulama suyu tuz konsantrasyonunun drenaj suyu tuz içeriğine oranı veya kök bölgesi ortalama tuzluluk düzeyi olarak da hesaplanabilir (Eşitlik 15).

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} \tag{3.15}$$

Burada Dd; drenaj suyu miktarı, Di; sulama suyu miktarı, Ci ve Cd sırasıyla sulama suyu ve drenaj suyunun tuz konsantrasyonlarıdır.

3.1.6.7. SALTMED Modeli İçin Gerekli Olan Veriler

SALTMED modelini çalıştırabilmek için şu verilere gereksinim duyulmaktadır:

Bitkiye İlişkin Veriler: Her büyüme dönemi için bitki katsayıları, Kc, bazal bitki katsayısı, Kcb, kök derinliği ve genişliği, yörede optimum koşullarda elde edilen bitki boyu ve en yüksek verim.

Toprak Verileri: Her bir toprak horizon derinliği, doygun hidrolik iletkenlik, doyma noktasındaki toprak su içeriği, tuz difüzyon katsayısı, yatay ve düşey dispersiyon katsayısı, başlangıç toprak suyu ve tuzluluk profilleri, toprak nemine karşı toprak su potansiyeli ve toprak su içeriğine karşı hidrolik iletkenliğin tablo halindeki verileri.

Meteorolojik Veriler: Bitki büyüme sezonu boyunca günlük maksimum ve minimum sıcaklık değerleri, oransal nem, net radyasyon, rüzgar hızı ve günlük yağış.

Su yönetimi verileri: Uygulanan sulama suyu miktarı ve sulama tarihleri, her sulama için sulama suyunun tuzluluk derecesi.

3.1.6.8. SALTMED Modeli Veritabanı

Model 3 ayrı veritabanı içermektedir:

Bitki Veritabanı: Farklı bölgelerden çeşitli bitkiler için farklı büyüme sezonlarında ekim ve hasat tarihleri, her bitki büyüme dönemi için bitki katsayıları, Kc, Kcb, maksimum bitki boyu ve kök derinliği gibi bitkiye ilişkin verileri içeren veritabanı geniş ölçüde Rhoades ve ark. (1992) ile Allen ve ark. (1998)' nın çalışmalarına dayanmaktadır.

Toprak Veritabanı: 40'ın üzerinde farklı toprak tipleri için hidrolik karakteristikler ve çözelti taşınım parametrelerini içermektedir.

Sulama Sistemi Veritabanı: 10 farklı sulama sistemi için sulama aralığı ve ıslatma yüzdesi gibi sulamaya ilişkin verileri içermektedir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri

Deneme alanı topraklarının temel bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri 0-60 cm profil derinliğinden 10 cm'lik katmanlardan sistematik örnekleme esasına göre Hollanda tipi burgu kullanılarak alınmıştır (Petersen ve Calvin, 1965). Toprak bünyesi; Bouyoucous (1951), tarafından esasları verilen Hidrometre Yöntemi ile saptanmıştır. Hacim ağırlığı, bozulmamış toprak örneklerinde belirlenmiştir. Tarla kapasitesi ve solma noktası, basınçlı plaka aygıtı kullanılarak bozulmuş toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosfer basınçta tuttukları su miktarının saptanmasıyla bulunmuştur. pH, cam elektrotlu Beckman pH

metresiyle saturasyon çamurunda belirlenmiştir. Tuz içeriği, saturasyon çamurunda Standart Wheatstone Köprüsü Yöntemi ile saptanmıştır (USSL, 1954). Kalsiyum karbonat; Çağlar (1969), tarafından verilen esaslara göre Scheibler Kalsimetresi ile belirlenmiştir.

3.2.2. Toprak Örneklerinde Tuzluluk Ölçümü

Deneme alanında profilin 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ve 30-60 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınarak, çamur süzüklerinin çıkarılması amacıyla laboratuvara taşınmıştır. Toprak örnekleri, laboratuvarda hava kuru hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kuru toprak örnekleri dövülerek, 2 mm'lik elekten geçirildi. Daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinden 100 g tartılarak saf su ile saturasyon çamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan saturasyon çamuruna vakum uygulanarak çamur süzükleri çıkarıldı ve elektriksel iletkenlik (ECe, dS m^{-1}) ölçümleri yapıldı. Arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenen tuzluluk ölçümleri değerlendirilip incelendi.

3.2.3. Toprak Hazırlığı ve Dikim

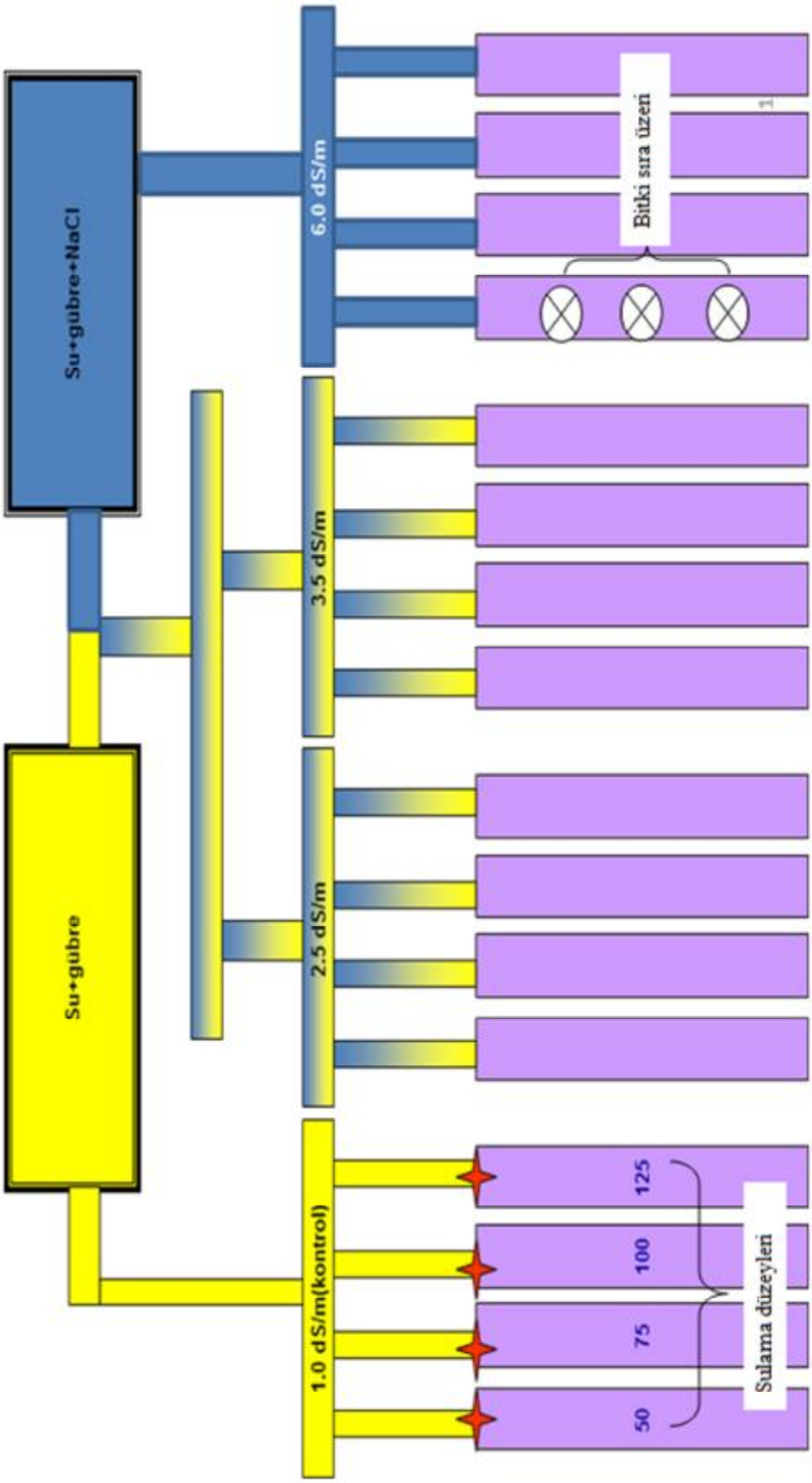
Denemede kullanılan sera alanının toprağı sürümden sonra rotovatör çekilerek sedde yapım aşamasına getirilmiştir. İlkbahar döneminde 25.03.2011 tarihinde, sıra üzeri 40 cm, sıra arası 70 cm olacak şekilde biber fidelerinin dikimleri yapılmıştır. Sonbahar döneminde 21.08.2011'de tohum ekimleri yapılmış ve çimlenen tohumlar 3-4 gerçek yapraklı fide aşamasına geldiği 28.09.2011 tarihinde seraya dikimleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Bakım

Deneme süresince, parsellerde gelişen yabancı otlarla mücadele etmek için belirli dönemlerde el ve çapa ile mücadele yapılmıştır. Ayrıca, saman akarı, beyaz sinek, thrips, kırmızı örümcek ve küllemeye karşı ilaçlar kullanılmıştır.

3.2.5. Araştırma Konuları ve Deneme Deseni

Araştırmada iki biber çeşidi, dört farklı sulama düzeyi ve dört farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suları kullanılmıştır. Araştırma tesadüf bloklarında bölünen-bölünmüş deneme desenine göre üç yinelemeli olarak düzenlenmiştir. Buna göre, serada 0.70 m x 4.0 m boyutlarında her biri 10 bitki içeren 96 parsel oluşturulmuştur (Şekil 3.3). Deneme deseninde biber çeşitleri ana parselleri; tuzluluk düzeyleri alt parselleri; sulama düzeyleri ise en alt parselleri oluşturmuştur.



Şekil 3.3. Deneme deseni

3.2.5.1. Ana Parseller (Çeşitler)

Araştırmada, Antalya ve çevresinde örtüaltı biber yetiştiriciliğinde tercih edilen hibrit çeşitlerden "Onur**"** sivri biber çeşidi ile "Ada" çarli biber çeşidi kullanılmıştır.

3.2.5.2. Alt Parseller (Tuz Düzeyleri)

Araştırmada kullanılan sulama suyuna gübre ilave edilerek elektriksel iletkenlik değeri 1.0 dS m^{-1} (T1) olan sulama suyu kontrol olarak kullanılmıştır. Sulama suyu tuzluluk değerlerini artırmak için sulama suyuna gübre ile birlikte sodyum klorür ve kalsiyum klorür ilave edilmiş ve elektriksel iletkenlik değerleri 2.5 dS m^{-1} (T2), 3.5 dS m^{-1} (T3) ve 6.0 dS m^{-1} (T4) olan sulama suyu tuz düzeyleri elde edilmiştir. Farklı tuz düzeyine sahip sulama suları, bitkilere 200 litrelik tankta hazırlanan stok solusyon kullanılarak verilmiştir. Araştırmada biber yetiştiriciliğinde kullanılan gübreleme programı, seradan alınan toprak örneklerinin analizi ile belirlenerek hazırlanmıştır. Deneme süresince kullanılan sulama sularının tuz değerleri su+gübre karışımına, Na/(Na+Ca) oranını 0.1-0.7 arasında tutacak şekilde, NaCl ve $CaCl_2$ ilave edilmiştir. Söz konusu oran deniz suyunda 1.0, az tuzlu sularda (EC<0.1 dS m^{-1}) 0.1, orta düzeyde tuzlu sularda (EC=2 dS m^{-1}) ise 0.7 civarında bulunmaktadır (Grattan ve Grieve, 1999). Toprak su potansiyeli 30 ve 60 cm'ye yerleştirilen tansiyometrelerle ve toprak burgusu ile belirli aralıklarla alınan gravimetrik örnekler alınarak deneme süresince izlenmiştir.

3.2.5.3. En Alt Parseller (Sulama düzeyleri)

Sulama, sera içine yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından toplam buharlaşma Epan=10mm±2'ye ulaştığında, buharlaşma değerleri pan katsayıları (0.5, 0.75, 1.0 ve 1.25) ile çarpılarak KS-50, KS-75, TS-100 ve AS-125 sulama konularına uygulanmıştır.

Araştırmada kullanılan çeşitler, tuz düzeyleri ve sulama konuları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Araştırmada kullanılan çeşitler, tuz düzeyleri ve sulama konuları

Çeşitler

Ç1: Onur

Ç2: Ada

Tuz düzeyleri

T1: 1.0 dS m^{-1} (kontrol) (su+gübre)

T2: 2.5 dS m^{-1} (su+gübre+NaCl+ $CaCl_2$)

T3: 3.5 dS m^{-1} (su+gübre+NaCl+ $CaCl_2$)

T4: 6.0 dS m^{-1} (su+gübre+NaCl+ $CaCl_2$)

Sulama konuları

KS-50 (% 50 kısıntılı sulama)

KS-75 (% 75 kısıntılı sulama)

TS-100 (% 100 tam sulama)

AS-125 (% 125 aşırı sulama)

Araştırmada kullanılması öngörülen sulama suyu tuzluluk düzeyleri (ECw) biber bitkisi için verilen tuz eşik değeri (ECe) ve verim azalışları dikkate alınarak belirlenmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Biberin tuz toleransı (FAO, 1985)

	Eşik değeri (dS m^{-1})		Verimdeki azalma (%)					
	ECe	ECw	10		25		50	
			ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw
Biber	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4

Özellikle aşırı sulama konusunda oluşabilecek derine süzülme, 30 ve 60 cm'ye yerleştirilen tansiyometreler yardımıyla günlük olarak belirlenmiştir. Toprak su potansiyeli ve kalibrasyon eğrileri yardımıyla toprak su içeriği ve verilen sulama suyu arasındaki fark olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, deneme öncesi ve deneme süresince toprak su içeriğinin sağlıklı olarak izlenebilmesi için iki lateral ve iki damlatıcı arasından 0-20 cm ile 20-40 ve 40-60 cm derinliklerden 15 günlük periyotlarda sulama öncesi gravimetrik toprak örnekleri alınmıştır. Derine süzülmenin hesaplanmasında etkili kök derinliği 50 cm olarak alınmıştır. Literatürde bu değer 60 cm olarak verilmektedir. Ancak denemenin yürütüldüğü serada toprak derinliği 60 cm ile sınırlı olduğundan, etkili kök derinliği 50 cm olarak alınmıştır. Deneme, ilkbahar ve sonbahar dönemi biber yetiştiriciliği olarak yürütülmüştür. Tuzlu su uygulamalarına, fidelerin şaşırtılmasından ve can suyu verildikten sonraki ilk sulamaya ilkbaharda 28 Mart'ta, sonbaharda ise 28 Eylül'de başlanmıştır.

3.2.6. Sulama Sistemi

Denemede damla sulama sistemi kullanılmıştır. Sulama sisteminde, parsellerin başında üç adet 63 mm'lik yumuşak PE kangal boru kullanılmıştır. Borulardan birinde T4= 6.0 dS m^{-1} elektriksel iletkenlik değerine sahip tuzlu su, ikincisinde T1= 1.0 dS m^{-1} elektriksel iletkenlik değerinde gübreli su kullanılmıştır. Üçüncü ana boruda ise tuzlu su ve gübreli su karışımı mini küresel vana bağlantıları kullanılarak T2= 2.5 ve T3= 3.5 dS m^{-1} elektriksel iletkenlik değerlerinde karıştırılmış ve parsellere uygulanmıştır. Araştırmada sebze yetiştirmede yaygın olarak kullanılan 20 cm aralıklarla yerleştirilmiş, 2 L/h debiye sahip damlatıcılar seçilmiştir. Lateraller, her bir parsele bir lateral gelecek biçimde düzenlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Denemede kullanılan damla sulama sistemi

3.2.7. Uygulanan Sulama Suyu Miktarlarının Belirlenmesi

Araştırma konularına uygulanacak sulama suyu miktarının hesaplanmasında;

$$SSM = Kp \times Epan \times A \times P \quad (3.16)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır.

Eşitlikte;

SSM : Sulama suyu miktarı (L),

Kp : Pan katsayısı,

Epan : A sınıfı buharlaşma kabından oluşan buharlaşma miktarı (mm),

A : Parsel alanını (m^2) ve

P : Islatılan alan yüzdesi (%)'ni, göstermektedir.

Islatılan alan yüzdesi ilk iki sulamada % 30 diğer sulamalarda %100 olarak kullanılmıştır.

Deneme alanına yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından günlük olarak elde edilen buharlaşma değerlerinden hesaplanan su miktarı hacme (m^3) dönüştürülmüş

ve ölçülü biçimde parsellere uygulanmıştır. Her lateral başına bir vana konularak sulamada kontrol sağlanmıştır.

3.2.8. Toprak Nem Değişiminin İzlenmesi

Deneme parsellerinde mevsim boyunca profildeki toprak nem değişimi ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde gravimetrik yöntemle, toprak su potansiyeli ise 30 ve 60 cm'ye yerleştirilen tansiyometrelerle günlük olarak izlenmiştir.

3.2.9. Bitki Su Tüketimi

Biber bitkisinin 60 cm'lik toprak profilinden tükettiği su (Evapotranspirasyon) miktarı Howell ve ark. (1986)'nın belirttiği su dengesi eşitliği ile saptanmıştır.

$$ET = I + P + Dp \pm Roff \pm \Delta s \quad (3.17)$$

Eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, (mm);
I : Sulama suyu, (mm);
P : Yağış, (mm);
Dp : Derine süzülme, (mm);
Roff :Yüzey akış kayıpları, (mm);
Δs : Toprak profilindeki nem değişimi, (mm).

Çalışmada 0-20, 20-40 ve 40-60 cm'lik toprak katmanları esas alınmış ve araştırma süresince toprak su içeriği, 10-15 gün aralıklarla yapılan gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Ayrıca, toprak su potansiyeli günlük olarak tansiyometrelerle de izlenmiştir. Tarla kapasitesine karşılık gelen toprak nem

geriliminden günlük olarak tansiyometrelerden okunan daha yüksek toprak su gerilimine karşılık farkları derine süzülme olarak hesaplanmıştır.

3.2.10. Su Verimliliği (WP ve IWP)

Konulara uygulanan sulama suyu ve bitki tarafından tüketilen su (ET) miktarının kullanım randımanlarının belirlenmesinde Haijun ve ark., (2012)'nın verdiği eşitlikler kullanılmıştır.

$$IWP = Y/ I \quad (3.18)$$

$$WP = Y/ ET \quad (3.19)$$

Eşitliklerde;

IWP : Sulama suyu kullanma verimliliği, (kg/m³);
WP : Toplam su kullanma randımanı, (kg/m³);
I : Uygulanan sulama suyu, (mm);
ET : Mevsimlik bitki su tüketimi, (mm).
Y : Sulanan konularda elde edilen verimlerdir, (kg/da).

3.2.11. Bitki Üretim Fonksiyonu

Denemede oransal evapotranspirasyon açığı ile verim azalması arasındaki ilişkilerin ve verim etmeni (ky) değerlerinin belirlenmesinde Stewart modeli kullanılmıştır (Stegman ve ark., 1981). Anılan model matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$(1- Ya/Ym) = ky (1- ETa/ ETm) \quad (3.20)$$

Eşitlikte;

ETa ve Ya : Bitkinin yetiştirildiği koşullardaki mevsimlik gerçek bitki su tüketimi (mm) ve bu tüketime karşılık gelen gerçek verim (kg/da);

ETm ve Ym : Bitkinin büyüme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı koşullarda maksimum su tüketimi (mm) ve buna karşılık elde edilen maksimum verim (kg/da);

ky : Evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı gösteren verim tepki etmenidir.

3.2.12. Bitki Gözlem ve Ölçümleri

3.2.12.1. Bitki Boyu

Her parselde işaretlenmiş 3 bitkinin dikimden 15 gün sonra fide döneminde, dikimden 35 gün sonra gelişme döneminde ve dikimden 100 gün sonra hasat döneminde boyları ölçülerek ortalamaları alınmış böylece deneme süresince gelişme dönemlerine göre bitki boyu değişimleri izlenmiştir.

3.2.12.2. Bitki Gövde Kalınlığı

Dikimden 100 gün sonra kök boğazının hemen üzerinden (toprak seviyesinin 4-5 cm üzeri) kumpasla ölçümler ile belirlenmiştir.

3.2.12.3.Yaprak Oransal Su İçeriği

Bitkilerin çiçeklenme döneminde ve hasat sonunda her konudan alınan 10 yaprağın yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Yapraklar 6 saat boyunca eşit miktarda deiyonize-H_2O içeren petrilerde bekletildikten sonra turgor ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra 70^0C'de 72 saat süre ile kurutulan yaprak örneklerinin kuru ağırlıkları ölçülmüş ve yapraktaki oransal su içeriği (YOSİ) hesaplanmıştır. (De Pascale, 2003).

$$YOSİ= [(YA-KA)/(TA-KA)]x100 \quad (3.21)$$

Eşitlikte,

YOSİ: Yapraktaki oransal su içeriği (%)

YA: yaprak yaş ağırlığı (g)

KA: Yaprak kuru ağırlığı (g)

TA: Yaprak turgor ağırlığı (g)

3.2.12.4. Toprak Üstü Kuru Madde Verimi

Deneme konularına ilişkin kuru madde miktarlarını belirlemek için denemenin 110. gününde hasat sonunda her parselden 3 bitki toprak yüzeyinden kesilerek alınmıştır. Deneme parsellerinden alınan bitki örnekleri, etüvde 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Elde edilen kuru ağırlıklar örneğin alındığı alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı saptanmıştır. Kuru madde verimlerinin belirlenmesinde meyveler dahil edilmemiştir.

3.2.12.5. Yaprak Alan İndeksi

Yaprak alan ölçümleri için dikimden 35 gün sonra gelişme döneminde ve dikimden 100 gün sonra hasat sonunda her parselden üç yinelemeli olarak alınan bitkilerin yaprakları sayılarak büyüklüklerine göre sınıflandırılmıştır. "Global Lab Image, Version 2.00" programında yaprak alanlarının belirlenmesi amacıyla çekilen fotoğraflar TIF formatına çevrildikten sonra yaprak alanları belirlenmiştir (Şekil 3.5). Daha sonra belirlenen yaprak alanları, derlendikleri alana oranlanarak her deneme konusuna ilişkin yaprak alan indeksleri (LAI) hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. Global Lab Image yaprak ölçümü

3.2.12.6. Bitki Başına Verim

Her parselin ayrı ayrı hasatları yapılmıştır. Yapılan hasatlar sonunda konulara ait bitki başına verim değerleri, toplam parsel verimlerinin parselde bulunan bitki sayısına oranlanması ile belirlenmiştir.

3.2.12.7. Hasat İndeksi

Bitki başına verimin, toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlanan hasat indeksi (HI) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Beadle, 1985).

$$HI = Y / KM \quad (3.22)$$

Eşitlikte;

HI : Hasat İndeksi,

Y : Bitki başına biber verimi, (g);

KM : Bitki başına toprak üstü kuru madde verimi, (g).

3.2.13. Meyve Ölçüm ve Analizleri

3.2.13.1. Ortalama Meyve Ağırlığı

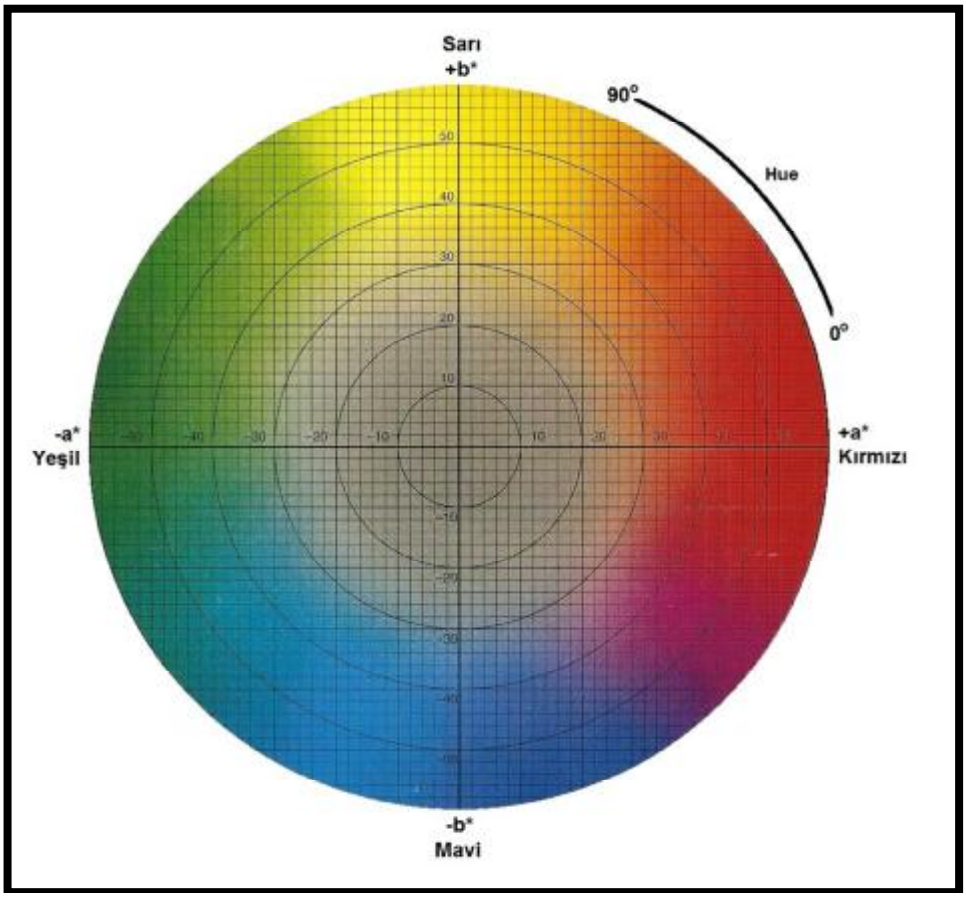
Tartılı hasat sırasında her parselin 3 tekerrüründen alınan 5'er adet meyvenin ağırlığının ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3.2.13.2. Meyvede C Vitamini Ölçümü

Biberin insan beslenmesindeki önemi özellikle vitamin C içeriğinden kaynaklanır. Abiyotik stres altında biberin vitamin C içeriğinin nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla; her parselin 3 yinelemesinden alınan 5'er meyvede askorbik asit ölçümleri yapılmıştır. Bu yöntemde askorbik asit, oksidasyon redüksiyon indikatör boyasını (2,6-diklorofenolindofenol) renksizliğe indirgemekte ve reaksiyon sonunda indirgenmemiş boyanın fazlası asit çözeltide gül pembesi renge dönüşünceye kadar örneklerde spektrofotometrik okumalar yapılarak L-askorbik asit içeriği belirlenmiştir (Hışıl, 1993).

3.2.13.3. Meyve Rengi

Her parselin 3 tekerrüründen alınan 10'ar adet meyvede, biber meyvelerinin dış yüzeyi Kodak-Minolta Chromometer Model CR-400/401 ile ölçülmüştür. Ölçüm öncesi, içerisinde hava boşluğu kalmaması için örnekler saydam kaplara doldurulmuş ve beyaz bir zemin üzerinde L (0=siyah, 100=beyaza kadar örneğin açıklık koyuluğu), a (a+ = kırmızı, a- = yeşil) ve b (b+ =sarı, b- = mavi) renk yoğunluk değerleri okunmuştur.Yapılan ölçümler içerisinde a* değeri kırmızılık derecesini, b* değeri ise sarılık derecesini göstermektedir. Ölçümlerde a*/ b* değerleri kaydedilmiştir (Batu, 2004). Hue açısı, 0= kırmızı; 90= sarı; 180= yeşil; 270= maviyi ifade etmektedir. Kroma değerleri ise matlık değerlerini vermekte ve bu değer 100'e yaklaştıkça matlık artmaktadır (Özalp, 2008). Hue değerlerinin karşılık geldiği renk diyagramı Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. -a*, Hue değerlerinin karşılık geldiği renk diyagramı

3.2.13.4. Suda Çözünebilir Kuru Madde

Her parselin 3 tekerrüründen alınan 10’ar adet meyvede refraktometre yardımıyla Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Refraktometre ile SÇKM ölçümü

3.2.14. İyon Analizleri

Hasat sonunda yaprak ve kök örnekleri alınmıştır. Yaprak örnekleri bitkinin orta ve üst kısımlarından alınmıştır. Nitrik asitte yaş yakma yöntemi ile hazırlanan örnekler ICP de okunmuştur. Konulara göre kökte ve yapraklarda sodyum, potasyum ve kalsiyum içerikleri belirlenmiştir (Kacar 1972).

3.2.15. İstatistiksel Analizler

Elde edilen sonuçların istatistik analizlerinde JUMP 5.0.1 versiyonu paket programı (Karipçin, 2009) kullanılarak varyans analizleri yapılmış ve ortalamaların gruplandırılmasında en küçük kareler yöntemi (LSD) kullanılmıştır.

3.3. SALTMED Modelinin Kalibrasyonu ve Doğrulanması

SALTMED modeli, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde ölçülen toprak su içeriği değerlerine göre kalibre edilmiştir. Model ilk olarak kontrol parselinden T1 tuz ve KS-50 sulama konusunda tek çeşitte (Onur) kalibre edilmiş daha sonra 16 tuz ve sulama konusu için kalibrasyon tamamlanmıştır. Modelin kalibrasyonu için verimin tuz stres parametresi π_{50} kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca kalibrasyonda ölçülen bitki ve toprak parametreleri ile birlikte FAO-56 (Rameshwaran ve ark., 2014)'dan alınan Kc ve Kcb katsayıları kullanılmıştır. Toprak parametrelerinden gözenek büyüklüğü dağılım indeksi (Lambda) iyi bir kalibrasyon elde etmek için hassas olarak ayar edilmiştir. Kalibrasyon işleminden sonra model diğer tüm konular için çalıştırılarak doğrulanması sağlanmıştır.

3.4. SALTMED Modelinin Değerlendirilmesi

SALTMED modelinin kalibrasyonu tamamlandıktan sonra model tüm deneme konuları için çalıştırılmış ve modelin biber verimleri ile , toplam kuru madde verimlerini tahmin etme performansı değerlendirilmiştir.

Bu amaçla modelin her bir konu için yaptığı simulasyonlar sera denemesinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Modelin performans değerlendirmesinde istatistiksel ve grafiksel olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Grafiksel yaklaşımda ölçülen ve model kullanılarak tahmin edilen veriler zamana karşı grafiklenmiş ve görsel olarak karşılaştırması yapılmıştır. İstatistiksel yaklaşımda ise kök hata kareler ortalaması (RMSE) (Loague and Green, 1991) ve standart (düzeltilmiş) kök hata kareler ortalaması (NRMSE) (Dust ve ark., 2000) kullanılmıştır. Bu istatistiksel değerlendirme araçlarının matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - S_i)^2}{n}} \quad (3.23)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{O}} \quad (3.24)$$

Eşitliklerde; O sera denemesinde ölçülen verileri, S model kullanılarak tahmin edilen verileri, $\bar{O}$ ölçülen değerlerin ortalamasını, n ise örnekleme sayısını ifade etmektedir.

Hata temeline dayanan bu istatistiksel indeksler model çıktılarının ölçülen değerlerden ne kadar uzaklaştığını ifade etmektedirler. SALTMED modelinin değerlendirilmesi amacıyla izlenen bu yöntemde, kök hata kareler ortalaması (RMSE) ve standart (düzeltilmiş) kök hata kareler ortalamasının (NRMSE) ideal değerleri sıfırdır. Bu nedenle bu istatistiksel göstergeler sıfıra ne kadar yakın ise ölçülen ve model kullanılarak kestirilen değerlerin birbiri ile o derece uyumlu olduğu kabul edilmektedir.

Model değerlendirmelerinde fark esasına dayanan istatistiksel değerlendirmelerin yanı sıra modelin etkinliğini ölçen istatistiksel yaklaşımlar da geliştirilmiştir. SALTMED modelinin değerlendirilmesinde etkinlik esasına dayanan bu yaklaşımlardan Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (E_{NS}) (Nash ve Sutcliffe, 1970) ve Willmott (1981) tarafından önerilen uyum indeksi (d) kullanılmıştır. Bu istatistiksel parametrelerin matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \quad (3.25)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|O_i - \bar{O}| + |S_i - \bar{O}|)^2} \quad (3.26)$$

eşitliklerde; O ve S sırasıyla ölçülen ve tahmin edilen değer, n örnekleme sayısı, $\bar{O}$ ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Model performans değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (E_{NS}) değerleri -∞ ile 1 arasında değişmektedir. E_{NS}'nin ideal değeri 1'dir.

Bu istatistiksel parametrenin sıfırdan küçük olması model performansının yetersiz olduğunu gösterirken, sıfır ile 1 arasındaki E_{NS} değerleri model performansının kabul edilebilir düzeyde olduğunu ifade etmektedir (Nash ve Sutcliffe, 1970).

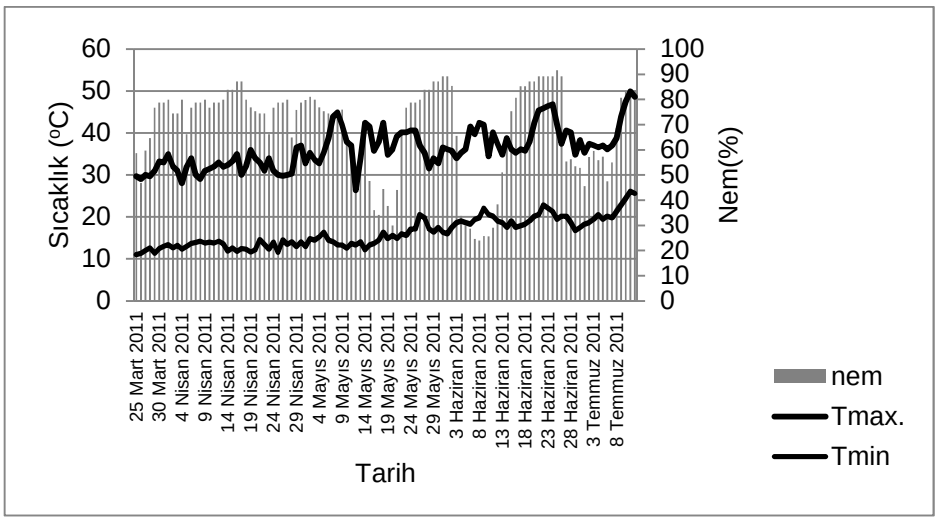
Willmott (1981) tarafından önerilen uyum indeksi (d), hata kareler ortalamasının potansiyel hataya oranını temsil etmektedir (Willmott, 1984). Eşitlik 3.26'nın paydasında yer alan potansiyel hata karşılaştırılan her bir değer için ulaşılabilecek en yüksek hata karesini temsil etmektedir. d değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Uyum indeksinin 0 olması model ile ölçülen değerler arasında bir ilişki (korelasyon) olmadığını ifade ederken 1 olması model ile ölçülen değerler arasında mükemmel bir uyum olduğunu göstermektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

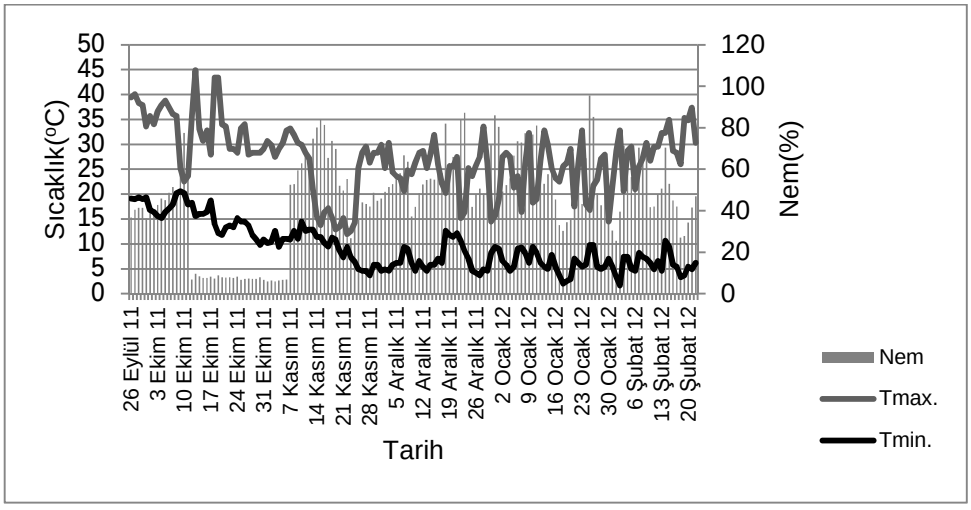
4.1. Arazi Bulguları

4.1.1. İklim Özellikleri

Denemede kullanılan Onur ve Ada biber çeşitleri ilkbahar ve sonbahar olmak üzere iki dönemde yetiştirilmiştir. Denemede yetiştiricilik yapılan dönemlerdeki sera içi iklimsel verileri Şekil 4.1ve Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 İlkbahar dönemi sera içi sıcaklık ve oransal nem verileri



Şekil 4.2 Sonbahar dönemi sera içi sıcaklık ve oransal nem verileri

Şekil 4.1 'de ilkbahar dönemi yetiştirme sezonu boyunca sera içi maksimum sıcaklık ortalaması 26-50 ^{o}C arasında, minimum sıcaklık değerleri ise 11-26^{o}C arasında değişim göstermiştir. Gündüz/gece sıcaklık farkı biberin meyve tutum aşamasında 16-24 ^{o}C arasında gerçekleşmiştir. İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde oransal nem ortalama % 65-70 arasında değişmiştir.

Şekil 4.2 'de Sonbahar dönemi yetiştirme sezonu boyunca sera içi maksimum sıcaklık ortalaması 12-43^{o}C arasında, minimum sıcaklık değerleri ise 2-21^{o}C arasında değişim göstermiştir. Gündüz/gece sıcaklık farkı meyve tutumu sırasında 20-26^{o}C gerçekleşmiştir. Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde oransal nem ortalama % 45-50 arasında değişmiştir. Yetiştirme dönemlerinde sera içi sıcaklık ve nem değerleri doğal olarak farklılıklar göstermektedir. Özellikle gece/gündüz sıcaklık farkları biberde etkili olmaktadır. İlkbahar döneminde gece/gündüz sıcaklık farkları sonbahar dönemine göre daha az gerçekleşirken sonbaharda bu değer oldukça farklı bulunmuştur.

İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde tohum ekimleri 15.02.2011 tarihinde yapılmış ve fideler 3-4 gerçek yaprak aşamasına geldiği zaman 25.03.2011 tarihinde seraya dikimleri gerçekleştirilmiştir. Her iki çeşidin ilk çiçeklenme tarihleri 11-18.04.2011, meyve bağlama ise 16-23.04.2011 tarihlerinde gerçekleşmiştir. Hasatlar 18.05.2011-12.07.2011 tarihleri arasında yapılmıştır. Sonbahar döneminde 21.08.2011'de tohum ekimleri yapılmış ve çimlenen tohumlar. 3-4 gerçek yapraklı fide aşamasına geldiği 28.09.2011 tarihinde seraya dikimleri gerçekleştirilmiştir. Her iki çeşidin ilk çiçeklenme tarihleri 16-26.10.2011, meyve bağlama ise 22-31.10.2011 tarihlerinde gerçekleşmiştir. Hasatlar 25.11.2011-22.02.2012 tarihleri arasında yapılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1'de ilkbahar döneminde Onur ve Ada çeşitlerinde ilk çiçek T4 tuz düzeyinde ve kısıntılı sulama KS-50 konusunda görülmüştür. Sonbahar döneminde ise Onur çeşidinde T4 tuz düzeyinde ve KS-50 ve KS-75 kısıntılı sulama konularında diğer konulara göre bir kaç gün erken çiçek açma sağladığı görülmüştür**.** Her iki çeşitte konular arasında ilkbahar yetiştirme döneminde 7 gün, sonbahar yetiştirme döneminde ise 10 gün aralıklarla ilk çiçeklenmelerin olduğu belirlenmiştir

Çizelge 4.1. Yetiştirme dönemlerine göre biber çeşitlerinin çiçeklenme ve meyvetutumu zamanları

	Tuz konuları	Sulama Konuları	İlkbahar Dönemi			Sonbahar Dönemi		
			İlk Çiçeklenme	Meyve tutumu	Gün	İlk Çiçeklenme	Meyve tutumu	Gün
ONUR	T1	KS-50	15/04/2011	21/04/2011	6	18/10/2011	23/10/2011	5
		KS-75	15/04/2011	22/04/2011	7	20/10/2011	25/10/2011	5
		TS-100	15/04/2011	21/04/2011	6	24/10/2011	28/10/2011	4
		AS-125	17/04/2011	23/04/2011	6	26/10/2011	31/10/2011	5
	T2	KS-50	14/04/2011	19/04/2011	5	19/10/2011	24/10/2011	5
		KS-75	15/04/2011	20/04/2011	5	20/10/2011	26/10/2011	6
		TS-100	15/04/2011	21/04/2011	6	25/10/2011	30/10/2011	5
		AS-125	16/04/2011	21/04/2011	5	25/10/2011	31/10/2011	6
	T3	KS-50	12/04/2011	17/04/2011	5	18/10/2011	23/10/2011	5
		KS-75	13/04/2011	17/04/2011	4	18/10/2011	25/10/2011	7
		TS-100	15/04/2011	19/04/2011	4	20/10/2011	26/10/2011	6
		AS-125	15/04/2011	20/04/2011	5	21/10/2011	27/10/2011	6
	T4	KS-50	11/04/2011	16/04/2011	5	16/10/2011	22/10/2011	6
		KS-75	13/04/2011	19/04/2011	6	16/10/2011	22/10/2011	6
		TS-100	14/04/2011	20/04/2011	6	19/10/2011	24/10/2011	5
		AS-125	16/04/2011	21/04/2011	5	20/10/2011	26/10/2011	6
ADA	T1	KS-50	15/04/2011	21/04/2011	6	18/10/2011	24/10/2011	6
		KS-75	16/04/2011	22/04/2011	6	21/10/2011	27/10/2011	6
		TS-100	16/04/2011	21/04/2011	5	25/10/2011	31/10/2011	6
		AS-125	18/04/2011	23/04/2011	5	26/10/2011	31/10/2011	5
	T2	KS-50	14/04/2011	19/04/2011	5	19/10/2011	23/10/2011	4
		KS-75	15/04/2011	20/04/2011	5	21/10/2011	27/10/2011	6
		TS-100	15/04/2011	21/04/2011	6	23/10/2011	29/10/2011	6
		AS-125	16/04/2011	21/04/2011	5	25/10/2011	31/10/2011	6
	T3	KS-50	13/04/2011	17/04/2011	4	20/10/2011	27/10/2011	7
		KS-75	14/04/2011	17/04/2011	3	19/10/2011	24/10/2011	5
		TS-100	15/04/2011	19/04/2011	5	20/10/2011	25/10/2011	5
		AS-125	16/04/2011	21/04/2011	5	21/10/2011	25/10/2011	4
	T4	KS-50	12/04/2011	16/04/2011	4	17/10/2011	22/10/2011	5
		KS-75	13/04/2011	19/04/2011	6	18/10/2011	24/10/2011	6
		TS-100	14/04/2011	20/04/2011	6	19/10/2011	24/10/2011	5
		AS-125	16/04/2011	22/04/2011	6	20/10/2011	26/10/2011	6

Her iki çeşitte ilk meyve tutumları T4 tuz düzeyinde ve KS-50 kısıntılı sulama konusunda görülmüştür. En geç meyve tutumu ise ilkbahar döneminde her iki çeşitte T1 tuz düzeyinde ve AS-125 sulama konularında olurken sonbahar döneminde T1 ve T2 tuz düzeylerinin AS-125 sulama konusunda gerçekleşmiştir. Her iki yetiştirme döneminde ilk çiçeklenmenin ve meyve tutumunun kontrol konusuna nazaran T4 tuz düzeyinde ve kısıntılı sulama konularında daha erken olduğu görülmektedir. Tuz ve su stresinin bitkide hormonal düzensizlikler yaratarak çiçeklenmeyi teşvik ettiği düşünülmektedir. Büyüme dönemlerine göre uygulama konuları arasında t testi yapılmış ve P=0.95 olasılıkla fark bulunamamıştır.

4.1.2. Sulamaya İlişkin Bulgular

Dikim sonrası parsellerde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla tüm deneme konularına 5'er mm'lik eşit su uygulanmıştır. Deneme parsellerinde konulara göre sulamalara ilkbahar döneminde 28.03.2011 tarihinde başlanmış ve 10.07.2011 tarihinde son sulama yapılmıştır. Sonbahar döneminde ise sulamalara 28.09. 2011 tarihinde başlanmış ve 20.02.2012 tarihinde sona erdirilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 4.2'de verilmiştir. İlkbahar döneminde toplam 28 kez sonbahar döneminde ise 22 kez sulama yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Biber bitkisine deneme konularına göre uygulanan sulama suyu miktarları

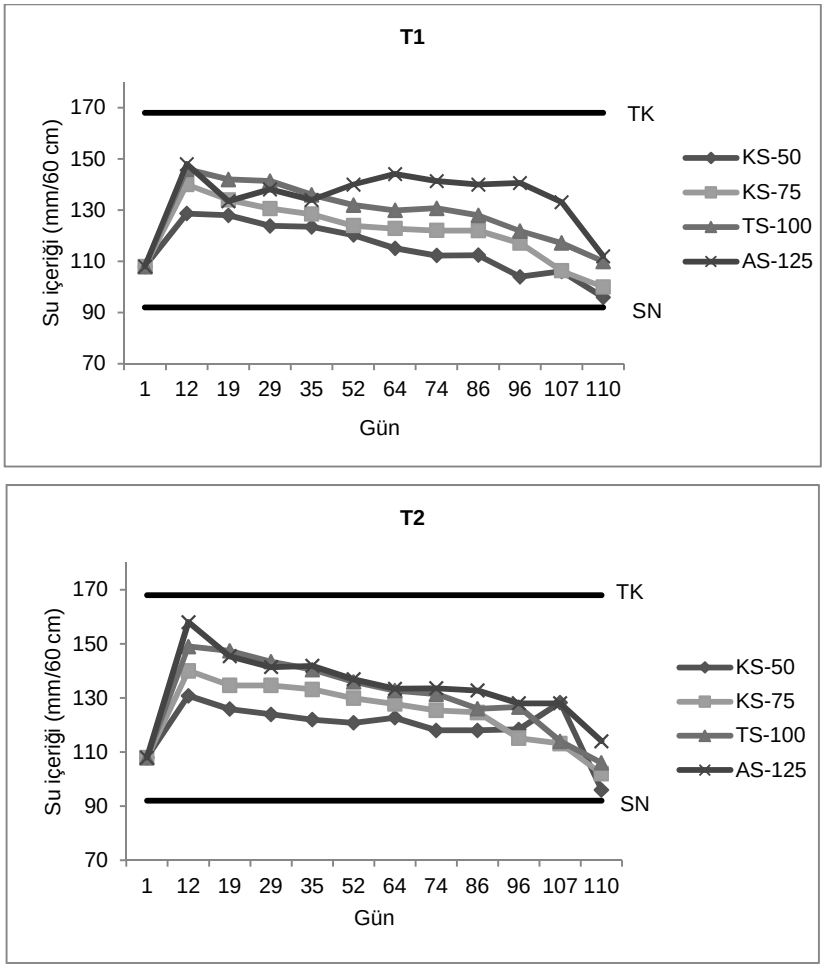
I: Sulama Suyu Miktarı (mm)				I: Sulama Suyu Miktarı (mm)			
İlkbahar, 2011				Sonbahar, 2011			
KS-50	KS-75	TS-100	AS-125	KS-50	KS-75	TS-100	AS-125
358	565	717	894	296	444	592	740

Konulara göre uygulanan toplam sulama suyu miktarları ilkbahar döneminde en az su KS-50 konusunda 358 mm, en fazla ise AS-125 konusunda 894 mm olarak belirlenmiştir. Sonbahar döneminde ise yine en az su KS-50 konusunda 296 mm, en fazla 740 mm ile AS-125 konusunda uygulanmıştır. Genel olarak ilkbahar döneminde uygulanan sulama suyu miktarları sonbahar dönemine kıyasla daha

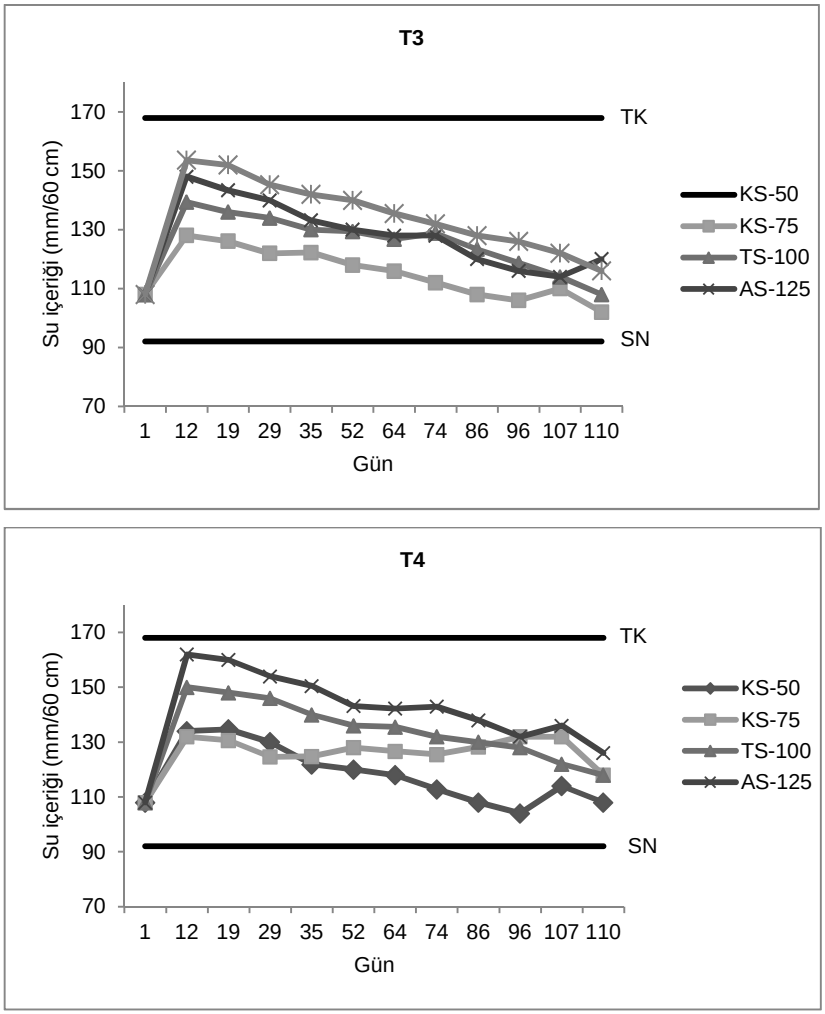
yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni ilkbahar döneminde sera içi sıcaklık değerlerinin sonbahar dönemine oranla daha yüksek olmasıdır (Şekil 4.1 ve 4.2).

4.1.3. Toprak Profilinde Su İçeriği Gözlemleri

Her iki yetiştirme döneminde dikim tarihinden konulu sulamaların başladığı tarihlere kadar tüm deneme konularında toprak su içeriği aynı düzeyde seyretmiştir. Konulu sulamalarla birlikte uygulanan sulama suyu miktarlarına ve tuz içeriklerine bağlı olarak toprak su içeriği değerleri de farklılıklar göstermeye başlamıştır. İlkbahar döneminde sulama öncesi belirlenen toprak su içerikleri T1 ve T2 tuz düzeylerine göre Şekil 4.3, T3 ve T4 tuz düzeylerine göre ise Şekil 4.4'de verilmiştir



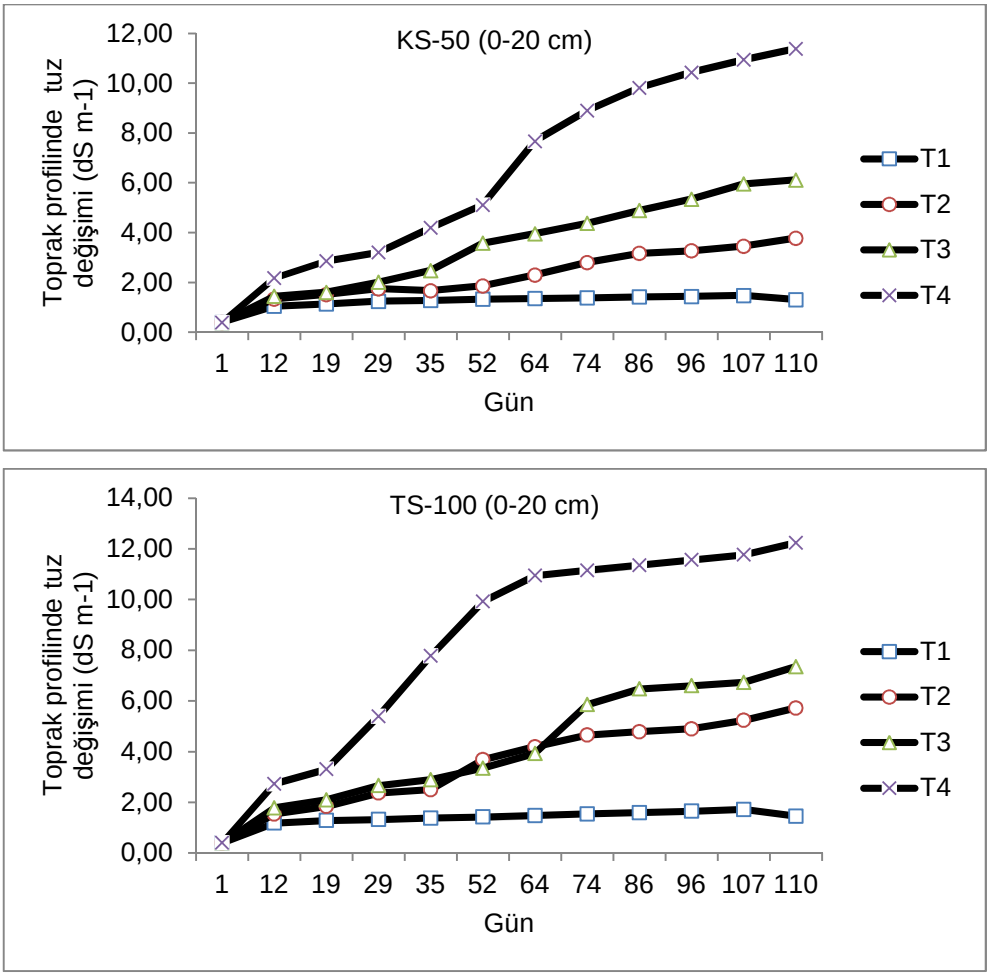
Şekil 4.3. İlkbahar döneminde T1 ve T2 tuz düzeylerinde sulama öncesitoprak su içeriğinin zamansal değişimi



Şekil 4.4. İlkbahar döneminde T3 ve T4 tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi

İlkbahar döneminde sulama öncesi toprak nem düzeyleri tuz konularına göre incelendiğinde, TS-100 ve AS-125 konularında mevsim boyunca toprak su içeriğinin diğer konulara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. KS-50 ve KS-75 konularında ise toprak su içeriği kullanılabilir suyun %50 civarında yer aldığı; hasatta ise toprak su içeriğinin solma noktası civarında olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde toprak su içeriği fide döneminde tarla kapasitesine yakın değerlerde seyretmiş çiçeklenme ile birlikte meyve tutum zamanlarında bitki taç yapısı büyüdükçe kök sistemide gelişmekte dolayısıyla bitki su kullanımı arttığından toprak nem içeriğinde azalma olduğu görülmektedir. Şekil 4.3 ve 4.4'de görüldüğü üzere meyve tutum zamanlarında bitki su kullanımının arttığı düşünülmektedir. İlkbahar döneminde T1

(kontrol) tuz düzeyinde ve AS-125 sulama konusunda toprak su içeriğinin meyve tutum aşamasında tarla kapasitesine yakın değerde olduğu T2 ve T3 tuz düzeyinde AS-125 ve TS-100 sulama konularında birbirlerine yakın değerde olduğu, T4 tuz düzeyinde ise sulama konuları arasında fark oluştuğu Şekil 4.3 ve 4.4'de gözlenmektedir. Ayrıca ilkbahar döneminde KS-50 ve TS-100 sulama konularında toprak profilinin 0-20 cm katmanındaki tuz değişimi Şekil 4.5'de verilmiştir.

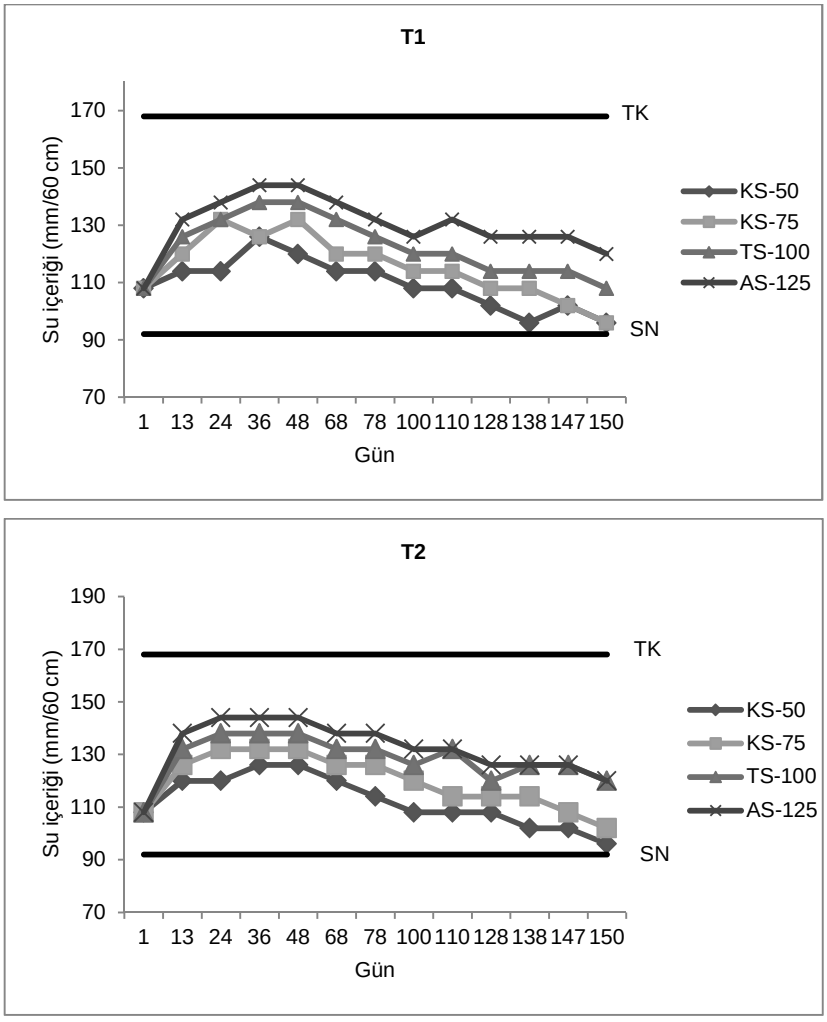


Şekil 4.5. İlkbahar döneminde KS-50 ve TS-100 sulama konularında sulama öncesi toprak profilinin tuz içeriğinin zamansal değişimi

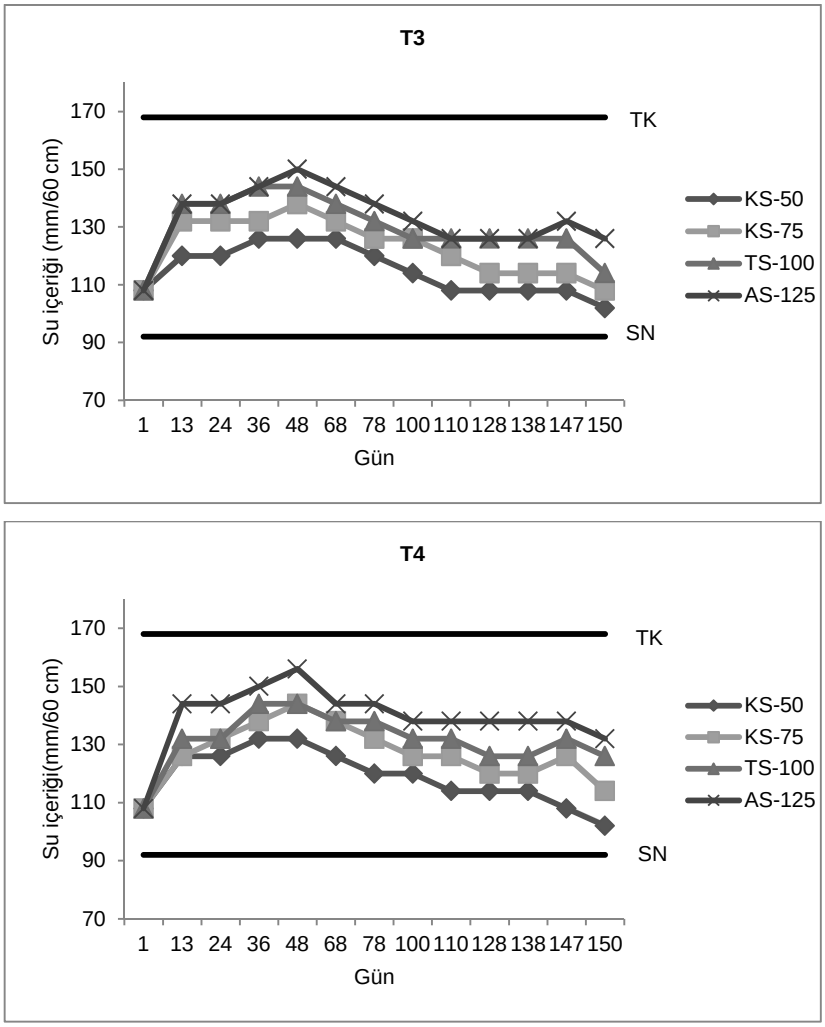
Şekil 4.5' de ilkbahar döneminde sulama öncesi toprağın ilk 20 cm katmanındaki tuzluluğun zamansal değişimi incelendiğinde, KS-50 konusunda tuz düzeylerinin artışı ile tuzluluğun arttığı görülürken TS-100 konusunda dikimden sonraki 64. güne kadar T2 ve T3 tuz düzeylerinin toprak profilinde 2-4 dS m^{-1} tuz

düzeyinde aynı seyrettiği görülürken daha sonra T3 tuz konusunda artış göstermiştir. Burada en yüksek tuzluluğun yine T4 konusunda olduğu görülmektedir.

Sonbahar döneminde sulama öncesi belirlenen toprak su içerikleri T1 ve T2 tuz düzeylerine göre Şekil 4.6' da, T3 ve T4 tuz düzeylerine göre ise Şekil 4.7' de verilmiştir. Ayrıca sonbahar döneminde KS-50 ve TS-100 sulama konularında toprak profilinin 0-20 cm katmanındaki tuz değişimi Şekil 4.8' de verilmiştir.

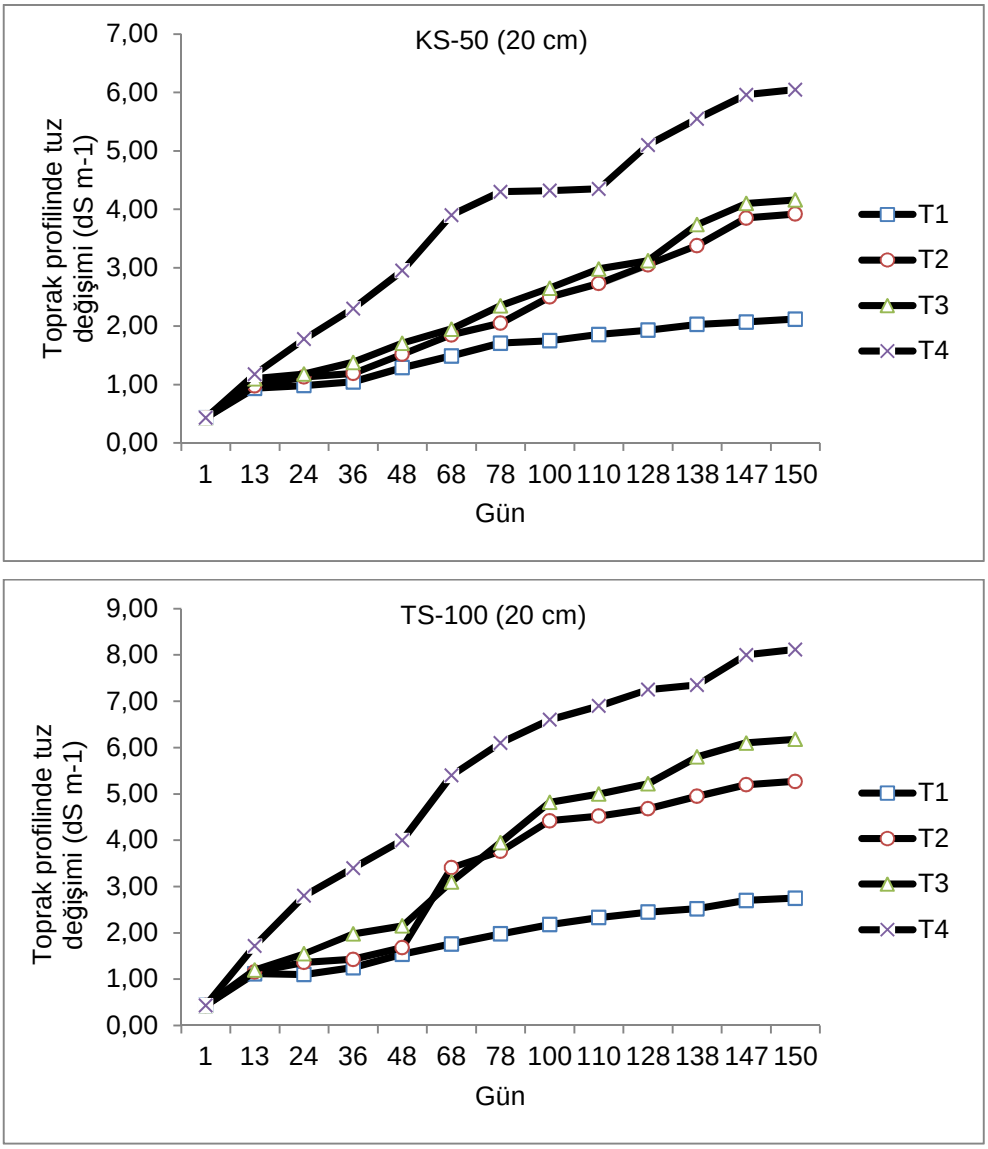


Şekil 4.6. Sonbahar döneminde T1ve T2 tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi



Şekil 4.7. Sonbahar döneminde T3 ve T4 Tuz düzeylerinde sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi

Sonbahar döneminde ise sulama öncesi toprak nem düzeyleri TS-100 ve AS-125 konularında mevsim boyunca toprak su içeriğinin diğer konulara göre tarla kapasitesine daha yakın olduğu gözlenmiştir. KS-50 ve KS-75 konularında ise toprak su içeriği kullanılabilir suyun %50 civarında yer aldığı; hasatta ise toprak su içeriğinin solma noktasına yakınlaştığı belirlenmiştir. Sonbahar döneminde de toprak su içeriği fide döneminde tarla kapasitesine yakın değerlerde seyretmiş çiçeklenme ile birlikte meyve tutum zamanlarında toprak nem içeriğinde azalma olduğu görülmektedir. Şekil 4.6 ve 4.7'de görüldüğü üzere meyve tutum zamanlarında bitki su kullanımının arttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.8. Sonbahar döneminde KS-50 ve TS-100 sulama konularında sulama öncesi toprak profilinin tuz içeriğinin zamansal değişimi

Şekil 4.8' de sonbahar döneminde sulama öncesi toprağın ilk 20 cm katmanındaki tuzluluğun zamansal değişimi incelendiğinde, dikimden hasata kadar diğer sulama konularında olduğu gibi KS-50 ve TS-100 sulama konularında tuz düzeylerinin artışı ile toprak tuzluluğunun arttığı görülürken her iki sulama konusunda T2 ve T3 tuz düzeyleri birbirine yakın seyretmektedir. Tüm sulama konularında en yüksek tuzluluğu T4 tuz düzeyi oluşturmuştur.

4.1.4. Bitki Su Tüketimi

Biber çeşitlerinin sulama konuları ve yetiştirme dönemlerine göre yığışımlı bitki su tüketimi değerleriyle konular arasındaki su tüketimi farkları ve değişim yüzdeleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

İlkbahar döneminde konulara göre mevsimlik su tüketimleri incelendiğinde, KS-50, KS-75, TS-100 ve AS-125 sulama suyu uygulanan konularında biberin gelişme mevsimi boyunca, her iki biber çeşidi için en yüksek bitki su tüketiminin T1 tuzluluk konusunda ve AS-125 sulama düzeyinde 894-895 mm arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. Sulama konuları ve yetiştirme dönemlerine göre yığışımlı bitki su tüketimi değerleri, konular arasındaki su tüketimi farkları ve değişim yüzdeleri

Onur (İlkbahar)												
Sulama konuları	Tuz Düzeyleri				Fark (mm)				%			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
KS-50	375	369	355	352	0	6	20	23	0	2	6	7
KS-75	582	573	568	557	0	9	14	25	0	2	2	4
TS-100	725	717	709	706	0	8	16	19	0	1	2	3
AS-125	894	880	880	869	0	14	14	25	0	2	2	3
Ada (İlkbahar)												
Sulama konuları	Tuz Düzeyleri				Fark (mm)				%			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
KS-50	386	374	364	359	0	12	22	27	0	3	6	8
KS-75	598	572	563	562	0	26	35	36	0	5	6	6
TS-100	742	725	718	698	0	17	24	44	0	2	3	6
AS-125	895	868	876	856	0	27	19	39	0	3	2	5
Onur (Sonbahar)												
KS-50	316	312	304	302	0	4	12	14	0	1	4	5
KS-75	461	450	447	432	0	11	14	29	0	2	3	7
TS-100	595	592	584	575	0	3	11	20	0	1	2	3
AS-125	725	721	715	707	0	4	10	18	0	1	1	3
Ada (Sonbahar)												
KS-50	314	311	307	302	0	3	7	12	0	1	2	4
KS-75	458	454	453	450	0	4	5	8	0	1	1	2
TS-100	597	586	581	573	0	11	16	24	0	2	3	4
AS-125	728	723	719	712	0	5	9	16	0	1	1	2

En düşük bitki su tüketiminin ise KS-50 sulama düzeyinde 352-359 mm ile T4 tuz düzeyinde belirlenmiştir. Artan tuzluluk bitki su tüketimin de azalmalara neden olmuştur. Sonbahar döneminde ise konulara göre mevsimlik su tüketimleri ve sulama suyu miktarları incelendiğinde, KS-50, KS-75, TS-100 ve AS-125 sulama suyu uygulanan konularında biberin gelişme mevsimi boyunca, her iki biber çeşidi için en yüksek su tüketiminin T1 (kontrol) konusunda 725-728 mm olduğu görülmektedir. En düşük bitki su tüketimi ise 302-302 mm ile T4 tuz konusunda olmuştur. Sulama konularına göre aynı miktar sulama suyu uygulanmasına rağmen bitki su tüketiminde sulama suyu tuzluluğu arttıkça en yüksek ve en düşük bitki su tüketimi arasındaki değişim ilkbahar döneminde Onur çeşidinde KS-50 ve T4 tuz düzeyinde %7 lik bir azalma ile 23 mm olurken, Ada çeşidinde aynı konu ve tuz düzeyinde 27 mm, % 8 lik bir azalma meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 4.4). Sonbahar döneminde ise Onur çeşidinde KS-75 konusunda ve T4 tuz düzeyinde %7'lik bir azalma ile 29 mm olarak gerçekleşirken Ada çeşidinde KS-50, TS-100 konularında ve T4 tuz düzeyinde 12 ve 24 mm bitki su tüketimleri ile % 4 azalmayla gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3). İlkbahar dönemi deneme konularına göre bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Biber bitkisinin ilkbahar dönemi bitki su tüketimi değerleri (mm)

Sulama konuları	Su kullanım unsurları	Tuz konuları							
		T1		T2		T3		T4	
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
KS-50	*I*	358	358	358	358	358	358	358	358
	Δ*s*	17	28	11	16	-3	6	-6	1
	ET	375	386	369	374	355	364	352	359
KS-75	*I*	565	565	565	565	565	565	565	565
	Δ*s*	17	33	8	7	3	-2	-8	-3
	ET	582	598	573	572	568	563	557	562
TS-100	*I*	717	717	717	717	717	717	717	717
	Δ*s*	8	25	0	8	-8	1	-11	-19
	ET	725	742	717	725	709	718	706	698
AS-125	*I*	894	894	894	894	894	894	894	894
	Δ*s*	0	1	-14	-26	-14	-18	-25	-38
	ET	894	895	880	868	880	876	869	856

Ayrıca, ilkbahar dönemi deneme konularına göre bitki su tüketimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve bunlara ilişkin LSD karşılaştırması sırasıyla EK Çizelge 1 ve Çizelge 4.5 'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Biber bitkisinin ilkbahar dönemi bitki su tüketimi değerlerinin LSD karşılaştırmaları (mm)

Tuz konuları	Sulama Konuları									
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz ort.	
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
T1	375	386	582	598	725	742	894	895	644a	655a
T2	369	374	573	572	717	725	880	868	635b	635b
T3	355	364	568	563	709	718	880	876	628c	630b
T4	352	359	555	562	706	698	869	856	621d	619c
Skort	363D	371D	570C	574C	714B	721B	881A	874A	LSD	
LSD	8								7	

*Büyük harfler satır boyunca sulama konularını; küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeylerini ifade etmektedir.

İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde bitki su tüketimi değerlerinin varyans analizi tuz düzeyleri, sulama konuları (SK) çeşit x tuz (ÇxT) ve çeşit x sulama (ÇxS) intaraksiyonları, $P<0.01$ önem düzeyinde konuların farklı oldukları görülmektedir. (EK Çizelge 1). Ayrıca, Çizelge 4.5 'de yapılan LSD gruplamasında çeşitlerin farklı tuz düzeylerindeki (ÇxT) su tüketimleri T1 tuz düzeyinde ve KS-50 sulama konusunda Onur ve Ada çeşitleri için sırasıyla 644 ve 655 mm değerleriyle ilk sırada yer almıştır. Genel olarak tuz düzeyi arttıkça bitki su tüketimi azalmıştır. Çeşitlerin farklı sulama düzeylerinde (ÇxS) su tüketimleri ise AS-125 konusunda her iki çeşitte 874-881 mm ile en yüksek değerini almıştır. Sulama düzeyi azaldıkça bitki su tüketimi de azalmıştır. Sonbahar dönemi deneme konularına göre bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.6' da verilmiştir. .

Çizelge 4.6. Biber bitkisinin sonbahar dönemi bitki su tüketimi değerleri (mm)

Sulama konuları	unsurları	Tuz konuları							
		T1		T2		T3		T4	
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
KS-50	*I*	296	296	296	296	296	296	296	296
	Δ*s*	20	18	16	15	8	11	6	6
	ET	316	314	312	311	304	307	302	302
KS-75	*I*	444	444	444	444	444	444	444	444
	Δ*s*	17	14	6	10	3	9	-12	6
	ET	461	458	450	454	447	453	432	450
TS-100	*I*	592	592	592	592	592	592	592	592
	Δ*s*	3	5	0	-6	-8	-11	-17	-19
	ET	595	597	592	586	584	581	575	573
AS-125	*I*	740	740	740	740	740	740	740	740
	Δ*s*	-15	-12	-19	-17	-25	-21	-33	-28
	ET	725	728	721	723	715	719	707	712

Sonbahar dönemi deneme konularına göre bitki su tüketimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları EK Çizelge 2 ve bunlara ilişkin LSD karşılaştırması Çizelge 4.7 ' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Biber bitkisinin sonbahar dönemi bitki su tüketimi değerlerinin LSD karşılaştırmaları

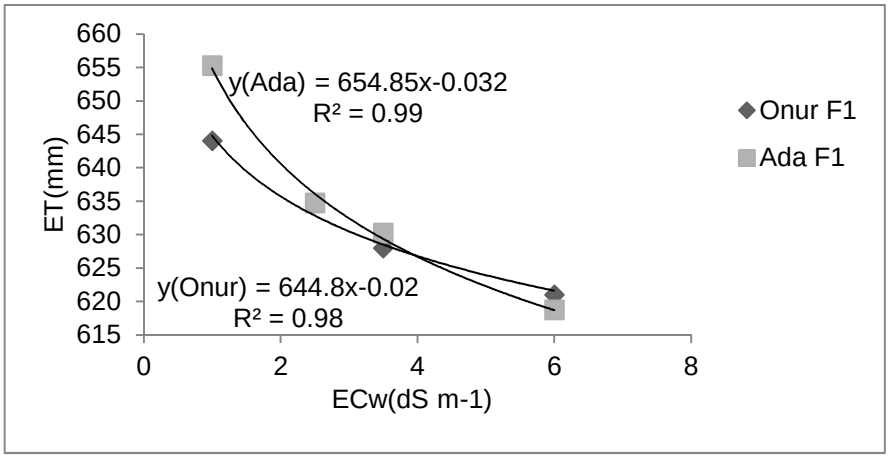
	Tuz konuları	Sulama Konuları								Tuz Ort
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
Sonbahar	T1	316	314	461	458	595	597	725	728	524a
	T2	312	311	450	454	592	586	721	723	519a
	T3	304	307	447	453	584	581	715	719	514ab
	T4	302	302	432	450	575	573	707	712	507b
	Skort	309 D		451 C		585 B		719 A		LSD
	LSD	13.1								10.7

*Büyük harfler satır boyunca sulama konularını; küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeylerini ifade etmektedir.

Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde bitki su tüketimlerinin varyans analizi tuz düzeyleri $P<0.05$; sulama konuları (SK) ise $P<0.01$ önem düzeyinde farklı olduğu görülmektedir (EK Çizelge 2). T2 tuz düzeyindeki su tüketimi 519 mm değeri ile T1 (kontrol) konusundaki su tüketimi 524 mm ile aynı grupta yer almıştır. Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi sulama suyu tuzluluğu arttıkça bitki su tüketimi azalmıştır. Sulama konularına göre su tüketimleri ise AS-125 sulama konusunda 719 mm ile en yüksek değerini alarak ilk sırada yer almıştır. Sulama düzeyi düştükçe bitki su tüketimi azalmıştır.

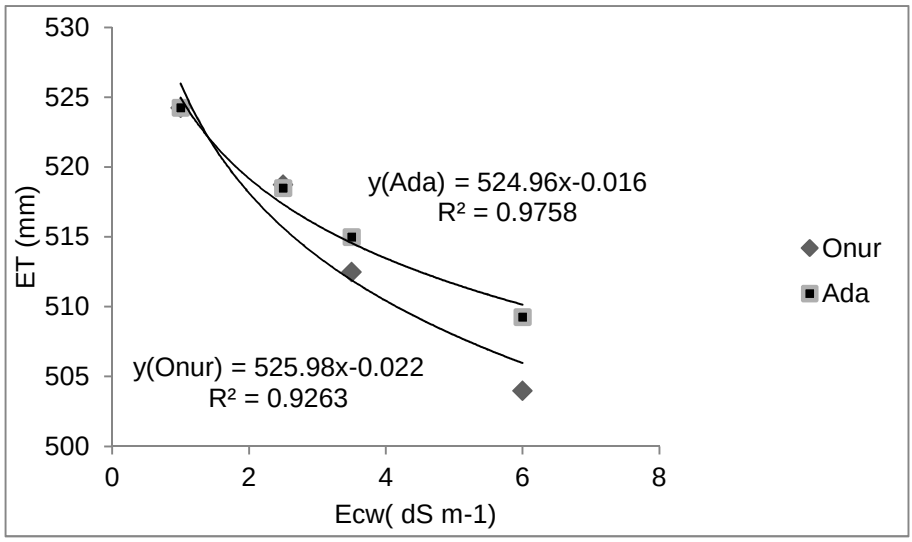
Her iki yetiştirme döneminde tuzlu su ile sulanan biber bitkisinin bitki kök bölgesinde oluşan yüksek tuzluluk nedeniyle atmosferik istemi karşılamada yetersiz kaldığı buna bağlı olarak bitki su tüketimlerinin düşük olduğu görülmüştür. Tüketim farkı düşükse bunun nedeni fazla su uygulanan konulardaki yüksek su potansiyeli değerinin ozmotik etkiyi azaltması olarak düşünülmektedir. Tuzlu suların sulamada kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda, sulama suyu tuzluluğunun yüksek olması ve buna bağlı olarak ozmotik potansiyel değerlerinin azalmasının, toprak suyunun elverişliliğini azalttığı, su kullanımını olumsuz yönde etkilediği bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Abu-Sharar, 1998; Alam, 1994; Yeşilsoy, 1992; Atay, 2006; Demirtaş - Ayas, 2009). Yaptığımız çalışmada sulama suyu tuzluluğunun artışı ile bitki su tüketiminin azalması (Çizelge 4.5 ve 4.7) bu çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

Yetiştirme dönemlerinde bitki su tüketimiyle sulama suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9. İlkbahar dönemi bitki su tüketimi ve sulama suyu tuzluluğu arasındaki ilişki

Denemede sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında Onur çeşidinde $ET_{(Onur)}= 644.8\ ECw^{-0.02}$ (R2=0.98); ve Ada çeşidinde ise $ET= 654.9\ ECw^{-0.032}$ (R2=0.99) şeklinde üssel bir ilişki bulunmuştur.



Şekil 4.10. Sonbahar dönemi bitki su tüketimi ve sulama suyu tuzluluğu arasındaki ilişki

Genel olarak artan tuz konsantrasyonu bitki su tüketiminin eksponansiyel olarak azalmasına neden olmuştur. Sonbahar döneminde sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında Onur çeşidi için $ET=525.98ECw^{-0.022}$ (R2=0.93); ve Ada çeşidi için ise $ET=524.96\ ECw^{-0.016}$ (R2=0.99) şeklinde bir ilişki belirlenmiştir.

İlkbahar ve sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde her iki çeşit için bitki su tüketimindeki en yüksek azalış T1 konusunda gerçekleşmiştir. Tuzluluk arttıkça azalma devam etmiş ancak bu azalışlar oransal olarak başlangıçtaki azalmalardan daha düşüktür. Elde edilen eşitliklerden de (Şekil 4.9 ve 4.10) anlaşılacağı gibi, sulama suyu tuzluluğu arttıkça biberin su tüketimi azalmaktadır. Tuzlu sulama suları kök bölgesindeki tuzluluğu artırarak bitkinin su alımını azaltmış dolayısıyla bitki büyümesini yavaşlatmıştır. Atay 2006 yılında Harran ovasında yaptığı çalışmada biber bitkisinde mevsimlik su tüketimi degerlerinin sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değiştiğini ve artan tuzluluğun bitki su tüketiminde azalmalara neden olduğunu ve en yüksek su tüketiminin 660 mm ile T0 (0.5 dS m^{-1}) konusunda, en düşük ise 578 mm olarak T4 (9.0 dS m^{-1}) konusunda gerçekleştiğini bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile elde ettiğimiz sonuçlar benzer bulunmuşur.

4.1.5.Biber Verimleri

İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde biber bitkisinin hasadı 03.05.2011-12.07.2011 tarihleri arasında yapılmıştır. Denemede İlkbahar dönemi biber verimlerine ilişkin varyans analiz tablosu EK Çizelge 3'de ve LSD çoklu karşılaştırma analizi ise Çizelge 4.8 'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 'de ilkbahar döneminde dekara en yüksek ortalama verim Onur ve Ada çeşitlerinde sulama suyu tuzluluğu T1 (kontrol) KS-50 sulama konusunda 6400 kg da^{-1} olarak bulunurken en düşük verim sulama suyu tuzluluğu T4 konusunda ve AS-125 konusunda 3100-3000 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir.

Varyans analiz çizelgesinde ilkbahar döneminde biber meyve verimlerinde denemede kullanılan çeşitlerin ve intaraksiyonların etkisinin olmadığı, ancak tuz düzeylerinin ve sulama konularının biberin verimi üzerine $P<0.01$ önem seviyesinde etki ettiği görülmektedir (EK Çizelge 3). Biberlerin uygulama konularına göre Çizelge 4.8' de LSD çoklu karşılaştırma yapılmış ve ilkbahar döneminde her iki çeşitte tuz düzeyinin artması meyve verimini azaltırken T2 tuz düzeyi 5540 kg da^{-1} ile T1 tuz konusu ile aynı grupta yer almıştır. Sulama konularında ise KS-50 sulama konusu 5450 kg/da ile ilk sırada yer almıştır.

Çizelge 4.8. İlkbahar yetiştirme döneminde araştırma konularında biber çeşitlerine ilişkin verim değerleri (kg da^{-1})

Tuz konuları	Sulama Konuları								Tuz ort.
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
T1	6400	6400	6200	6100	6000	5900	5600	5400	5960a
T2	6200	6000	5800	5700	5600	5600	5000	5300	5540a
T3	5200	5200	4800	5000	4400	4500	4200	4300	4560b
T4	4500	3900	4100	3900	3700	3500	3100	3000	3665c
Skort.	5450A		5200AB		4900BC		4488C		LSD(Tuz)
LSD(SK)	438								464

*Büyük harfler satır boyunca sulama konularını; küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeylerini ifade etmektedir.

İlkbahar döneminde yüksek verimlerin tam sulama TS-100 konusuna kıyasla KS-50 ve KS-75 konularında çıkması bitkinin tam su ve aşırı sulama konusunda vejetatif büyümeye yönelmesi nedeniyle verimin azaldığını düşündürmektedir. Biberde gece/gündüz sıcaklık farkının 8-10 ^{o}C'leri geçmemesi istenmektedir. İlkbahar döneminde gün uzunluğu ve yüksek ışık florigen-GA çiçeklenme hormonunu tetiklemekte kısıntılı sulama konularında su stresi ile birlikte bitki meyve bağlama eğilimine girmektedir. Sonbaharda ışıklanma ve gün uzunluğu az olduğundan verim su konularına göre kısıntılı su konusunda az çıkmıştır.

Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde ise biber bitkisinin hasadı 21.11.2011-22.02.2012 tarihleri arasında yapılmıştır. Sonbahar döneminde biber verimlerine ilişkin varyans analiz tablosu EK Çizelge 4'de ve LSD çoklu karşılaştırma analizi ise Çizelge 4.9'da verilmiştir. EK Çizelge 4'de verilen varyans analizinde, sonbahar döneminde denemede kullanılan çeşitler ve sulama düzeylerinin biber verimi üzerine etki etmediği görülmektedir. Tuz düzeylerinin ise biberin verimi üzerine $P<0.01$ önem seviyesinde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.9. Sonbahar yetiştirme döneminde araştırma konularında biber çeşitlerine ilişkin verim değerleri (kg da^{-1})

Tuz konuları	Sulama Konuları								Tuz_{ort}
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
T1	4000	4300	4200	4300	4200	4400	4300	4500	4275a
T2	4100	4400	4000	4300	4100	4200	4100	4100	4163a
T3	4000	4300	4100	4200	4100	4200	3900	4100	4113a
T4	3800	4000	3400	3600	3000	3100	2600	2800	3288b
SK_{ort}.	4113		4013		3913		3800		LSD_{Tuz}
									315

*Küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeylerini ifade etmektedir

Sonbahar döneminde her iki çeşitte dekara ortalama en yüksek verimi sulama suyu tuzluluğu T1 (kontrol) konusu ile AS-125 sulama konusunda sırasıyla 4300-4500 kg da^{-1} olarak bulunurken en az verim sulama suyu tuzluluğu T4 konusunda ve AS-125 konusunda 2600-2800 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir. Sonbahar döneminde her iki çeşitte tuz düzeyinin artması meyve verimini azaltmış fakat T2 ve T3 tuz düzeyleri kontrol konusu T1 tuz düzeyi ile aynı grupta yer almıştır.

Sonbahar döneminde ise sulama konularına göre beklenen verimler elde edilmiştir. Patil ve ark,(2014), serada 0.5 dS m^{-1} (kontrol), 3.5 dS m^{-1} tuz düzeyindeki sulama sularını ve %100, %80, %60 düzeyinde sulama rejimlerinin dolma biberleri etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada sulama suyu tuzluluğunun biber verimini 5.47 kg m^{-2} den 2.60 kg m^{-2} ye önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir.

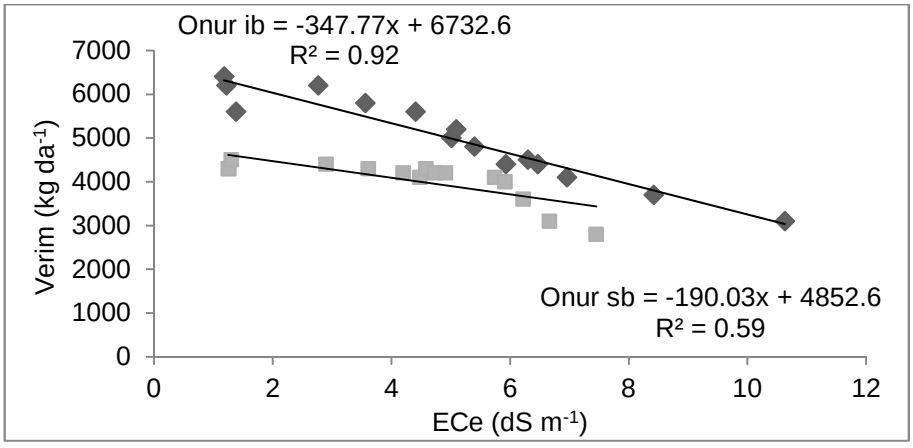
Dağdelen (2004), Aydın'da açık tarla koşullarında yapmış olduğu çalışmada en yüksek verimin tam sulama suyu uygulanan deneme konusundan elde edildiğini bildirmiştir. Sulama suyu tuz içerikleri arttıkça biber veriminde azalma olmasına karşın, bu azalmanın sulama suyu tuzluluğunun düşük olduğu konularda önemsiz düzeyde olduğunu bildirilmiştir (Atay, 2006). Navarro ve ark. (2010), yaptıkları çalışmalarında 15 ve 30 mM tuz düzeylerindeki sulama suları ile sulanan biberlerin verim ve kalitesi üzerine orta tuzluluk düzeylerinde biber verimi ve tuz

konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu dolayısıyla biberin toplam veriminin azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca deneme sonuçları, özellikle sebze sulamalarında tuzlu suların kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalarda (Sönmez, 1995; Çizikçi, 1998; Yurtseven ve Baran, 1998; Öztürk, 2002; Kadayıfçı ve ark., 2004) ele alınan bitkilerin tümünde sulama suyu tuzluluğu artışı ile verim azalmaları oluşmuştur. Elde edilen sonuçlar bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla benzer bulunmuştur. İlkbaharda verim değerlerinin sonbahara göre AS-125 konusunda yüksek çıkması sıcaklık farkından kaynaklandığı düşünülmektedir.

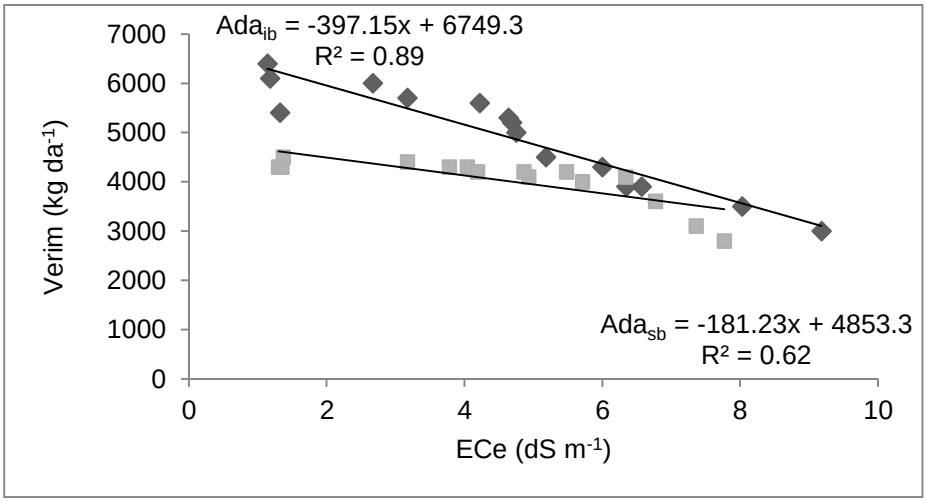
Dönemler arasındaki fark "t " testi ile kontrol edilmiş ve dönemler arasında P=0.99 olasılık ile fark olduğu belirlenmiştir. İlkbahar döneminde verimlerin sonbahar dönemine göre yüksek çıkması biberin sıcaklık isteği ve yetiştirme sezonu uygunluğu ile açıklanmaktadır.

4.1.6. Biber Çeşitlerinin Verim-Tuz İlişkisi ve Tuzluluk Eşik Değerleri

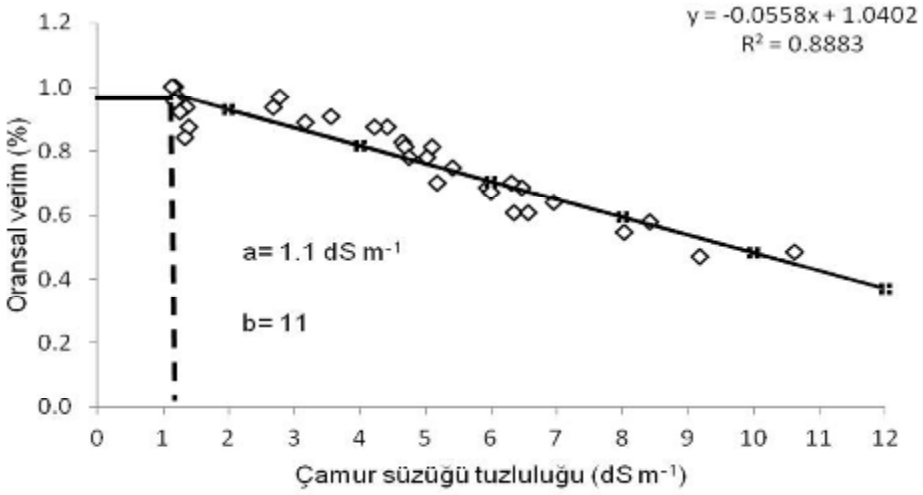
Çalışmada ayrıca denemede kullanılan çeşitlerin yetiştirme dönemlerine göre toprak tuzluluğunun(ECe) artışı ile verimde azalmaların olduğu verim-toprak tuzluluğu ilişkisi Şekil 4.11 ve 4.12'de, dönemlere göre biber çeşitlerinin tuz eşik değeri Şekil 4.13 ve 4.14'de verilmiştir. İlkbahar döneminde her iki çeşit için tuz eşik değeri 1.1 dS m^{-1} olarak belirlenirken sonbahar döneminde 2.1 dS m^{-1} olarak bulunmuştur.



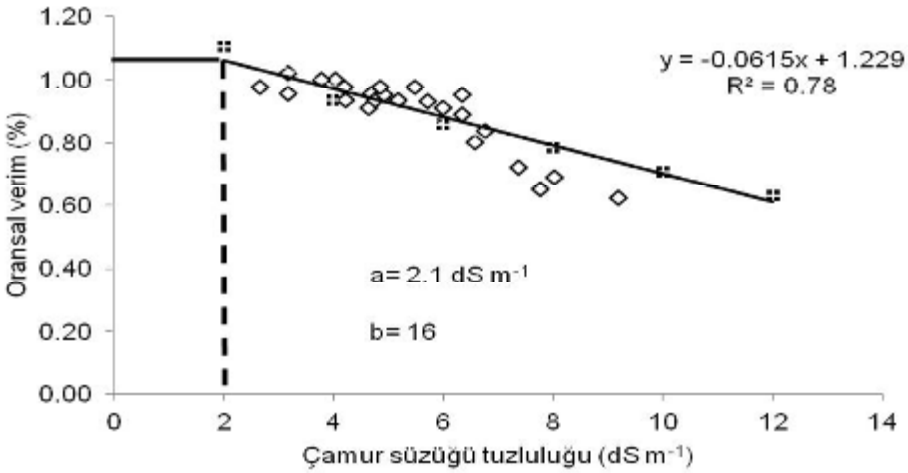
Şekil 4.11. Onur çeşidinde dönemlere göre verim-tuzluluk ilişkisi



Şekil 4.12. Ada çeşidinde dönemlere göre verim-tuzluluk ilişkisi



Şekil 4.13. İlkbahar Dönemi Onur ve Ada çeşitlerinin tuz eşik değeri



Şekil 4.14. Sonbahar Dönemi Onur ve Ada çeşitlerinin tuz eşik değeri

İlkbahar döneminde çeşitlerin tuz eşik değerlerinin sonbahar dönemine göre düşük çıkması, ilkbahar döneminde yüksek sıcaklıkların etkisi ile kök bölgesi neminin daha hızlı kuruması ile kök bölgesinin tuz stresine daha fazla maaruz kalması ve bunun sonucunda tuz eşik değerinin daha düşük düzeylerde seyretmesine neden olduğu düşünülmektedir. Sonbahar döneminde ise tuz eşik değerleri ilkbahar dönemine göre yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin sera içi sıcaklık değerlerinin düşük olması ve kök bölgesi neminin uzun sürede kaybedilmesi ile tuz stresinin bitkiyi daha az etkilediği ve bu sebeple yüksek eşik değerlerine sahip olduğu düşünülmektedir. Bu sonuç, çeşitlerin tuza tolerans sınır değerlerinin sonbahar döneminde daha yüksek olabileceğini göstermektedir. Ayers ve Westcot (1989) yüzey sulama sistemi ile biberin tuzluluğa orta derecede hassas olduğunu, TS-100 ürün almak için toprak tuzluluğunun 1.5 dS m^{-1}; sulama suyu tuzluluğunun ise 1.0 dS m^{-1}'yi geçmemesi gerektiğini bildirmişlerdir. Medeiros ve ark. (2002) ise biber bitkisinde tuzluluk eşik değerini 1.81 dS m^{-1} olarak belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu çalışmalarla uyumludur.

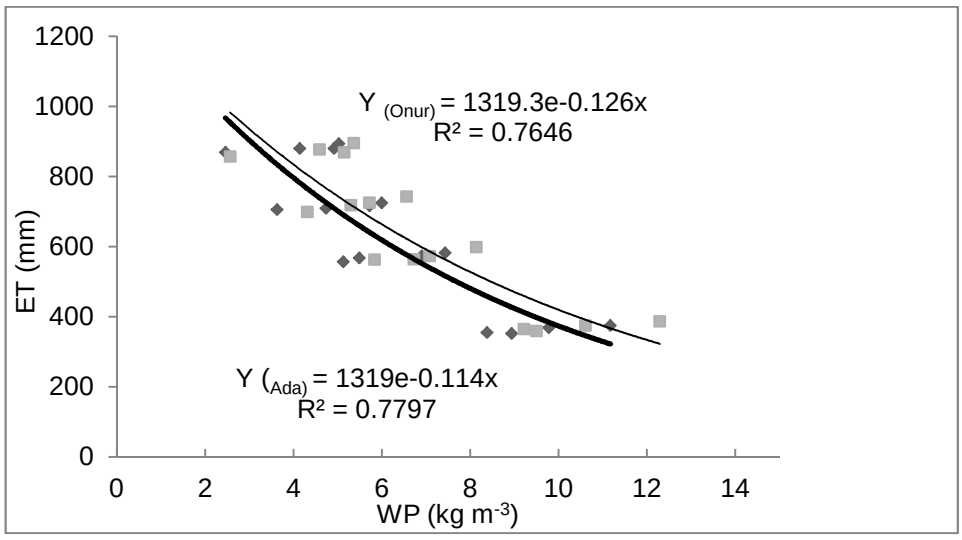
4.1.7.Biber Bitkisinde Su Verimliliği

Deneme konularına ilişkin sulama suyu kullanım etkinliği (IWP) ve su kullanım etkinliği (WP) değerleri yetiştiricilik dönemlerine göre sırasıyla Çizelge 4.10 ve 4.11'de verilmiştir. İlkbahar döneminde su kullanım etkinliği (WP) Onur çeşidinde 3.57–17.07 (kg m^{-3}), Ada çeşidinde ise 3.50-16.58 (kg m^{-3}) arasında değişmiştir.

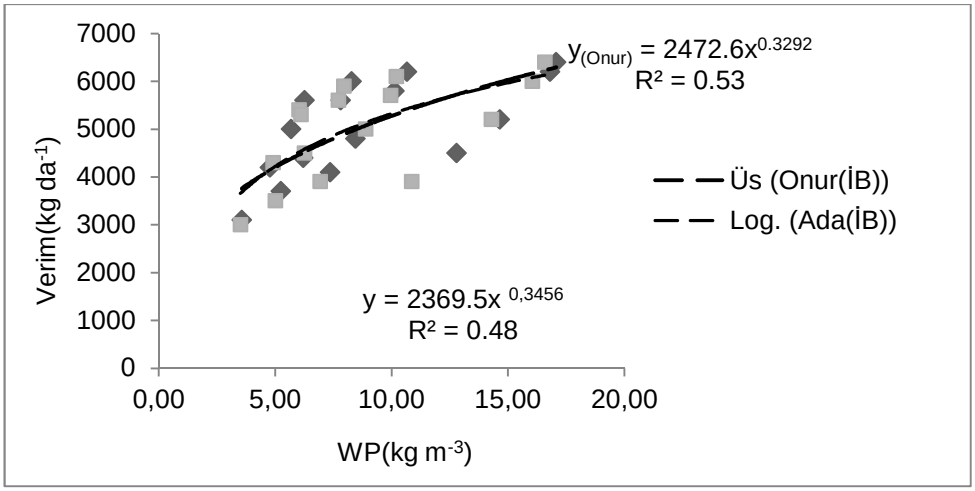
Çizelge 4.10. İlkbahar yetiştiricilik döneminde araştırma konularına göre sulama suyu ve su kullanım etkinliği

Çeşitler	Tuz konuları	Sulama Konuları	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	Verim (kg da^{-1})	IWP (kg m^{-3})	WP (kg m^{-3})
Onur	T1	KS-50	358	375	6400	17.88	17.07
		KS-75	565	582	6200	10.97	10.65
		TS-100	717	725	6000	8.37	8.28
		AS-125	894	894	5600	6.26	6.26
	T2	KS-50	358	369	6200	17.32	16.80
		KS-75	565	573	5800	10.27	10.12
		TS-100	717	717	5600	7.81	7.81
		AS-125	894	880	5000	5.59	5.68
	T3	KS-50	358	355	5200	14.53	14.65
		KS-75	565	568	4800	8.50	8.45
		TS-100	717	709	4400	6.14	6.21
		AS-125	894	880	4400	4.70	4.77
	T4	KS-50	358	352	4500	12.57	12.78
		KS-75	565	557	4100	7.26	7.36
		TS-100	717	706	3700	5.16	5.24
		AS-125	894	869	3100	3.47	3.57
Ada	T1	KS-50	358	386	6400	17.88	16.58
		KS-75	565	598	6100	10.80	10.20
		TS-100	717	742	5900	8.23	7.95
		AS-125	894	895	5400	6.04	6.03
	T2	KS-50	358	374	6000	16.76	16.04
		KS-75	565	572	5700	10.09	9.97
		TS-100	717	725	5600	7.81	7.72
		AS-125	894	868	5300	5.93	6.11
	T3	KS-50	358	364	5200	14.53	14.29
		KS-75	565	563	5000	8.85	8.88
		TS-100	717	718	4500	6.28	6.27
		AS-125	894	876	4300	4.81	4.91
	T4	KS-50	358	359	3900	10.89	10.86
		KS-75	565	562	3900	6.90	6.94
		TS-100	717	698	3500	4.88	5.01
		AS-125	894	856	3000	3.36	3.50

Elde edilen en yüksek değerler sulama suyu tuzluluğu T1 (kontrol) konusunda gerçekleşirken en düşük su verimliliği sulama suyu tuzluluğu T4 olan konuda gerçekleşmiştir. Sulama suyu miktarı ve tuz düzeyi arttıkça WP değerinin azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni bitki kök bölgesinde tuzluluğun artması ile su kullanım etkinliğinin azaldığı düşünülmektedir. İlkbahar döneminde sulama suyu verimliliği Onur çeşidinde 3.47–17.88 (kg m^{-3}). Ada çeşidinde ise 3.36-17.88 (kg m^{-3}) arasında değişmiştir. İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde verim ve bitki su tüketimi değerleri ile su verimliliği arasındaki ilişkiler Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15. İlkbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-ET ilişkisi



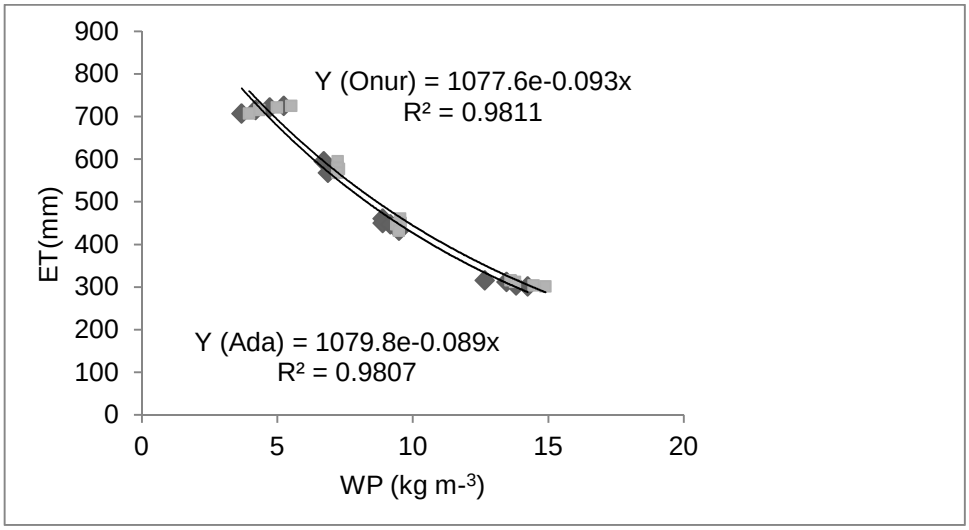
Şekil 4.16. İlkbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-verim ilişkisi

Sonbahar döneminde WP-ET ilişkisinde exponansiyel, WP-Verim ilişkisi yönünden her iki çeşitte üssel bir ilişki belirlenmiştir.

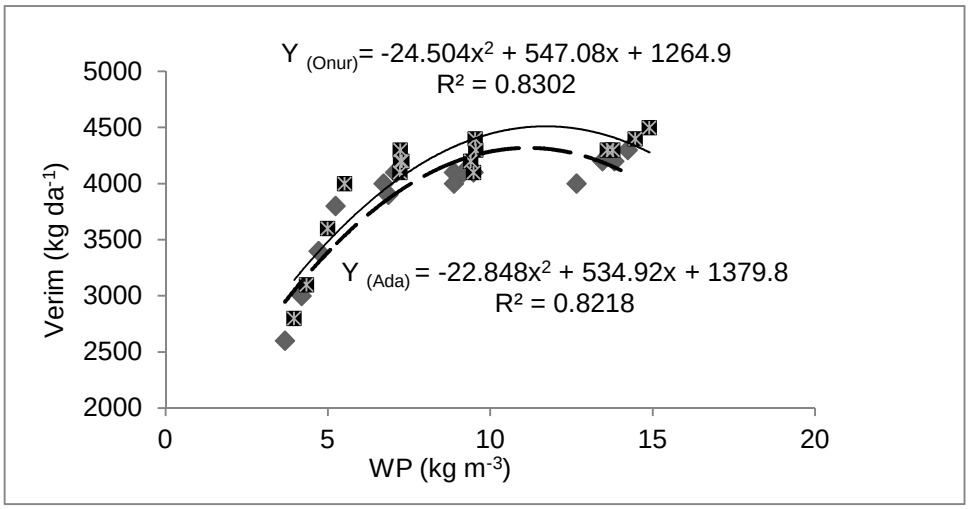
Çizelge 4.11. Sonbahar yetiştirme döneminde araştırma konularına ilişkin sulama suyu ve su kullanım etkinliği

Çeşitler	Tuz konuları	Sulama Konuları	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	Verim (kg da^{-1})	IWP (kg m^{-3})	WP (kg m^{-3})
Onur	T1	KS-50	296	316	4000	13.51	12.66
		KS-75	444	461	4200	9.46	9.11
		TS-100	592	595	4200	7.09	7.06
		AS-125	740	725	4300	5.81	5.93
	T2	KS-50	296	312	4100	13.85	13.14
		KS-75	444	450	4000	9.01	8.89
		TS-100	592	592	4100	6.92	6.93
		AS-125	740	721	4100	5.54	5.69
	T3	KS-50	296	304	4000	13.51	13.16
		KS-75	444	447	4100	9.23	9.17
		TS-100	592	584	4100	6.92	7.02
		AS-125	740	715	3900	5.27	5.45
	T4	KS-50	296	302	3800	12.84	12.58
		KS-75	444	432	3400	7.66	7.87
		TS-100	592	575	3000	5.07	5.22
		AS-125	740	707	2600	3.51	3.68
Ada	T1	KS-50	296	316	4300	14.53	5.91
		KS-75	444	312	4300	9.68	13.83
		TS-100	592	304	4400	7.43	9.69
		AS-125	740	302	4500	6.08	7.68
	T2	KS-50	296	463	4400	14.86	6.09
		KS-75	444	450	4300	9.68	14.01
		TS-100	592	447	4200	7.09	9.27
		AS-125	740	432	4100	5.54	7.06
	T3	KS-50	296	598	4300	14.53	5.98
		KS-75	444	576	4200	9.46	5.90
		TS-100	592	580	4200	7.09	7.33
		AS-125	740	684	4100	5.54	9.11
	T4	KS-50	296	325	4000	13.51	13.25
		KS-75	444	326	3600	8.11	8.00
		TS-100	592	715	3100	5.23	5.41
		AS-125	740	707	2800	3.78	3.93

Sonbahar döneminde su kullanım etkinliği (WP) Onur çeşidinde 3.68–13.16 (kgm^{-3}). Ada çeşidinde ise 3.93-14.01 (kg m^{-3}) arasında değişmiştir. En yüksek su kullanım etkinliği her iki çeşit için sulama suyu tuz düzeyi 2.5 dS m^{-1}olan T2 konusunda ve KS-50 konusunda 13.85-14.86 (kg m^{-3}) olarak bulunmuştur. Çalışmada Ada çeşidinin ilkbahar ve sonbaharda T2 ve T3 tuz düzeyi konuları dışında genel olarak tuz ve sulama düzeyleri arttıkça WP değerinin düştüğü görülmektedir. Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde verim ve bitki su tüketimi değerleriyle su verimliliği arasındaki ilişkiler Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Sonbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-ET ilişkisi



Şekil 4.18. Sonbahar dönemi Onur ve Ada biber çeşitlerinin WP-Verim ilişkisi

Çalışmada sonbahar döneminde WP-ET arasında eksponansiyel, WP-Verim arasında ise ikinci dereceden bir ilişki bulunmuştur. Sulama suyu verimliliği ise Onur çeşidinde 3.51–13.85 (kg m^{-3}) Ada çeşidinde ise 3.78-14.86 (kg m^{-3}) arasında değişmiştir.

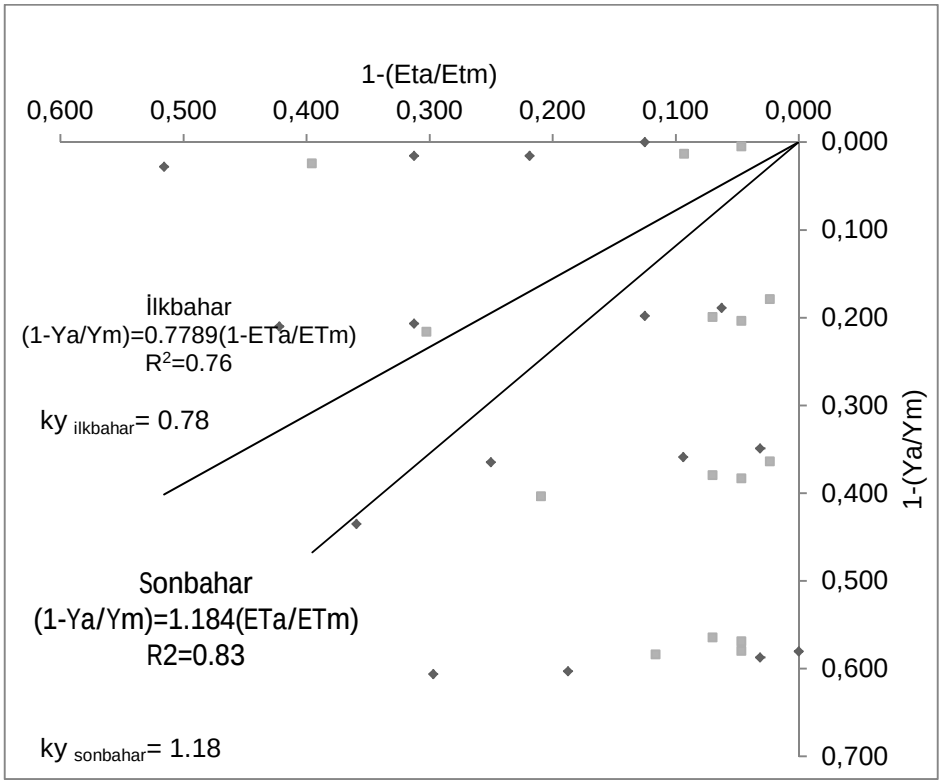
Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalar ile benzerlikler ve farklılıklar göstermiştir. Atay (2006) Harran'da yaptıkları çalışmada tuzlu sulama sularının kullanıldığı biberde, yüksek ET düzeylerinde düşük su kullanım randımanları elde edilmesini, verim artışının bitki su tüketimindeki artış oranında gerçekleşmediğini, kontrol konusuna kıyasla T3 (6.0 dS m^{-1}) ve T4 (9.0 dS m^{-1}) konularında WP değerinin sırasıyla % 3 ve % 22 oranında azaldığını bildirmiştir. Ayrıca, sulama suyu verimliliğinin (IWP), en yüksek T0 (0.5 dS m^{-1}) konusunda 4.94 kg m^{-3} ve en düsük T4 konusunda 3.39 kg m^{-3} olarak belirlendiğini ve sulama suyu verimliliğinin, sulama suyu tuzluluğunun artışı ile azaldığını ve sulama suyu tuzluluğunun yüksek olduğu konularda düşük değerlerin elde edildiğini bildirmiştir.

Erken (2004)'in Çanakkale Dardanos Araştırma ve Uygulama alanında 2002 ve 2003 yıllarında yaptığı çalışmada California Wonder biber çeşidinde 5 farklı sulama suyu düzeyinin meyve verimi ve bazı kalite parametrelerine etkilerini araştırmıştır. K1= 0.15, K2= 0.30, K3= 0.45, K4= 0.60 ve K5= 0.75 katsayılarına göre su kullanım verimliliğinin (WP) 19.3, 9.8, 7.6, 9.7, 11.3 kg m^{-3} değerlerini aldığını ve 2003 yılında ise yine A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarı K1= 0.20, K2= 0.40, K3= 0.60, K4= 0.80, K5= 1.00 katsayılarını kullanmış ve WP değerlerinin 11.7, 5.5, 4.1, 6.5 7.2 kg m^{-3} değerlerini bulmuşlardır. Yapılan çalışmada su miktarı artışı ile WP değerinin tam sulama konusuna doğru azaldığı görülmektedir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışma ile uyumludur. Patil ve ark. (2014)'nın sulama suyu tuz düzeyi arttıkça WP değerinin azaldığını bildirmişlerdir.

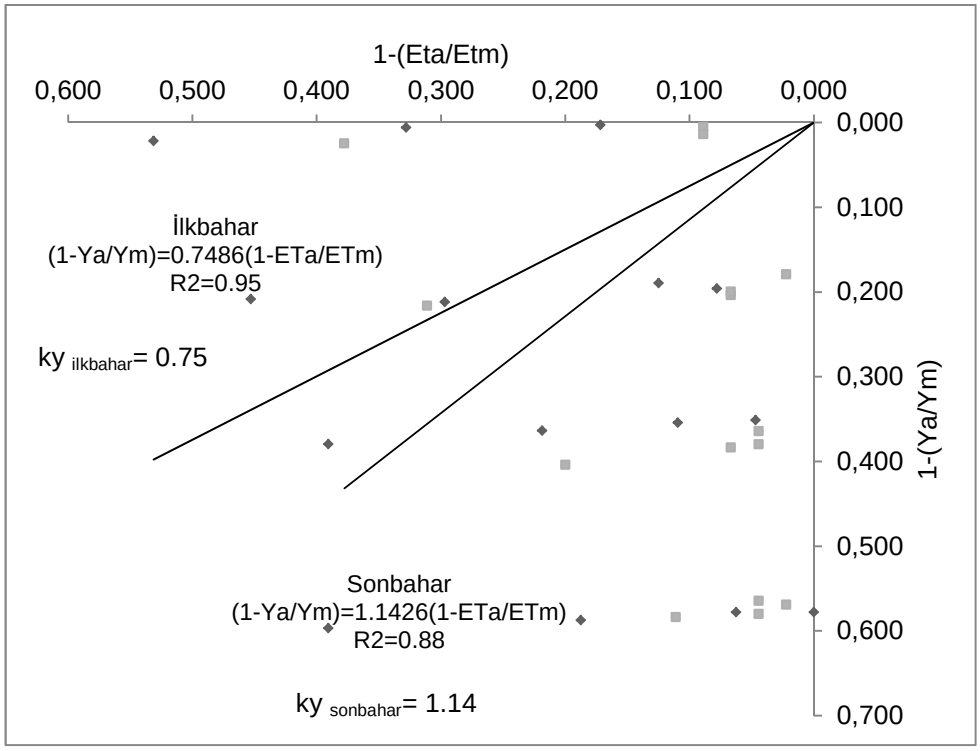
Dagobiet ve Garcia (2008)'de yaptıkları çalışmada malç plastiği ile yetiştirilen biberde tuzlu sulama sularını kullanmışlar ve WP değerlerini tuzluluğun artışına paralel 10.5-2.1 kg m^{-3} arasında belirlemişlerdir. Sezen ve ark. (2011)'nın damla sulama ile sulanan biber bitkisinin değişik sulama rejimlerindeki WP değerlerini 6-7.8 kg m^{-3} olarak belirlemişlerdir.

4.1.8. Oransal Evapotranspirasyon Açığı ile Oransal Verim Azalışı Arasındaki İlişki ve Verim Tepki Etmeni (ky)

Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalım değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemede saptanan su-verim ilişkileri değerleriyle en yüksek evapotranspirasyon (ETm) miktarına karşılık gelen en yüksek verim (Ym) değeri saptanmıştır. Elde edilen bu değer ile (1- Ya/Ym) = ky (1- ETa/ ETm) oranları hesaplanmıştır. Araştırmada (1-ETa/ETm) ile (1-Ya/Ym) arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak Onur çeşidi için ilkbahar ve sonbahar yetişme mevsimi için geliştirilen verim tepki etmeni Ky değerleri sırasıyla 0.78-1.18 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19). Ada çeşidi için ilkbahar ve sonbahar yetişme mevsimi için geliştirilen verim tepki etmeni değerleri ise 0.75-1.14 olarak bulunmuştur (Şekil 4.20).



Şekil 4.19. İlkbahar ve sonbahar dönemi Onur çeşidi Ky etmeni



Şekil 4.20. İlkbahar ve sonbahar dönemi Ada Çeşidi Ky etmeni

Sulama planlaması açısından çok önemli olan verim tepki etmeni değerini Doorenbos ve Kassam (1986) 1.1 olarak verirken Dağdelen ve ark. (2004) Ege bölgesi koşullarında biber bitkisi için 1.14; Sezen ve ark. (2011) Akdeniz bölgesi koşullarında biber bitkisi için 1.08 olarak hesaplamışlardır. Elde edilen bulgular yürütülen birçok araştırma sonucu ile benzerlik ve farklılık göstermiştir. Dönemsel farklılıkların iklimsel faktörlere ve tuz stresine bağlı olarak çevre x genotip intaraksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.9. Toprak Tuzluluğu

Onur ve Ada çeşitlerinin ilkbahar ve sonbahar dönemi toprak tuzluluk değerleri (ECe) Çizelge 4.12 ve 4.13' de katmanlardaki tuz dağılımları ise Şekil 4.21 ve 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. İlkbahar Dönemi Toprak Tuzluluk Değerleri (dS m^{-1})

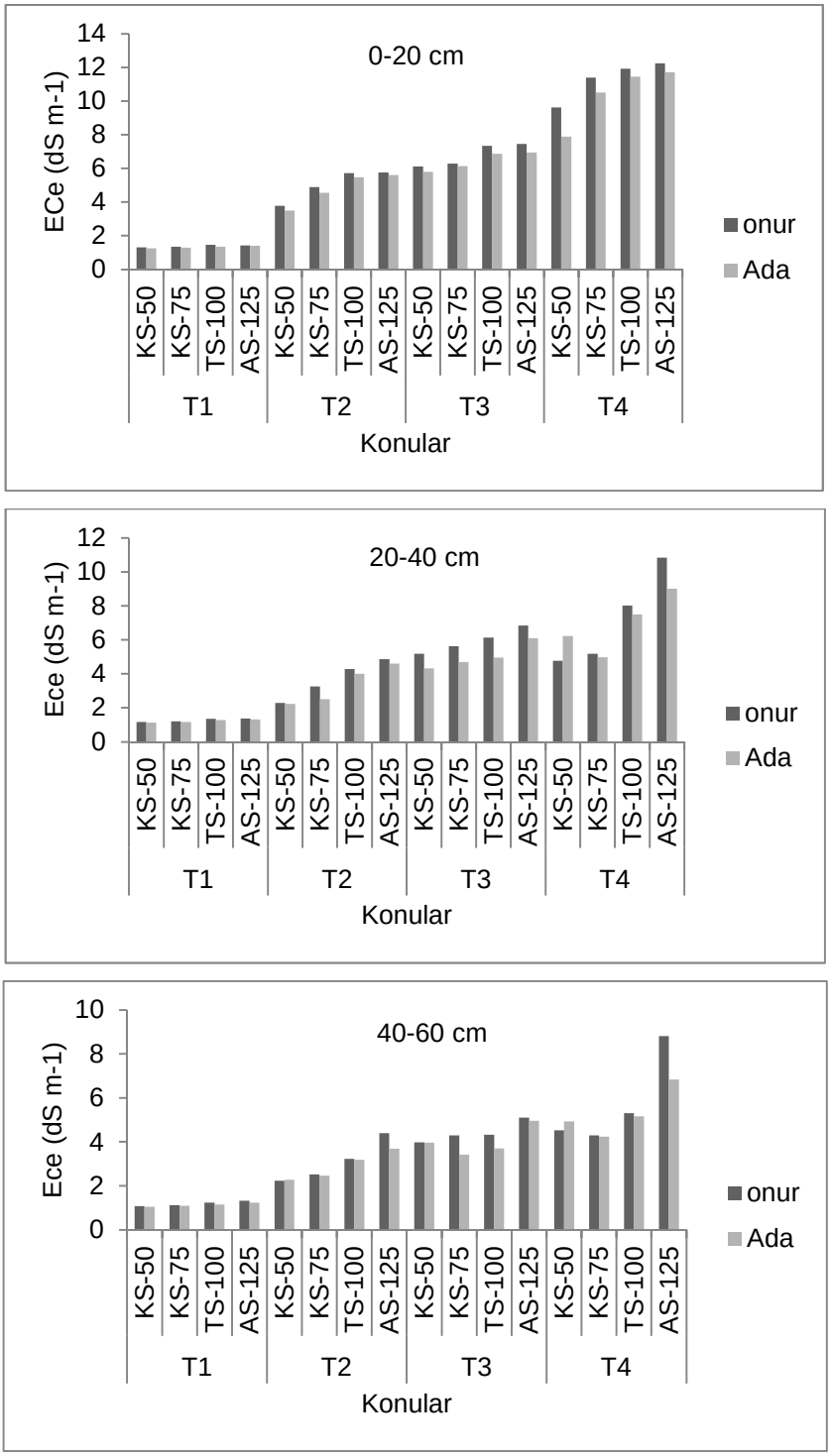
Tuz	SK	Onur				Ada			
		Derinlik (cm)				Derinlik (cm)			
		0-20	20-40	40-60	Ort	0-20	20-40	40-60	Ort
T1	KS-50	1.31	1.16	1.08	1.18	1.25	1.13	1.05	1.14
	KS-75	1.34	1.21	1.12	1.22	1.29	1.17	1.09	1.18
	TS-100	1.46	1.35	1.23	1.35	1.35	1.28	1.15	1.26
	AS-125	1.43	1.38	1.32	1.38	1.41	1.32	1.23	1.32
T2	KS-50	3.78	2.29	2.23	2.77	3.49	2.24	2.28	2.67
	KS-75	4.89	3.26	2.52	3.56	4.55	2.51	2.46	3.17
	TS-100	5.72	4.28	3.23	4.41	5.47	4.00	3.19	4.22
	AS-125	5.75	4.87	4.40	5.01	5.61	4.61	3.69	4.64
T3	KS-50	6.12	5.18	3.98	5.09	5.79	4.32	3.96	4.69
	KS-75	6.28	5.62	4.3	5.40	6.13	4.70	3.42	4.75
	TS-100	7.35	6.13	4.32	5.93	6.87	4.95	3.71	5.18
	AS-125	7.46	6.85	5.11	6.47	6.94	6.10	4.96	6.00
T4	KS-50	9.62	4.77	4.52	6.30	7.89	6.23	4.93	6.35
	KS-75	11.39	5.19	4.29	6.96	10.51	4.97	4.24	6.57
	TS-100	11.92	8.02	5.31	8.42	11.45	7.49	5.16	8.03
	AS-125	12.24	10.84	8.81	10.63	11.72	9.00	6.83	9.18

Çizelge 4.12'de ilkbahar döneminde her iki çeşitte en yüksek toprak tuzluluğu 0-20 cm katmanında T4 tuz düzeyinde ve AS-125 sulama konusunda sırasıyla 12.24 ve 11.72 dS m^{-1}olarak bulunmuştur.

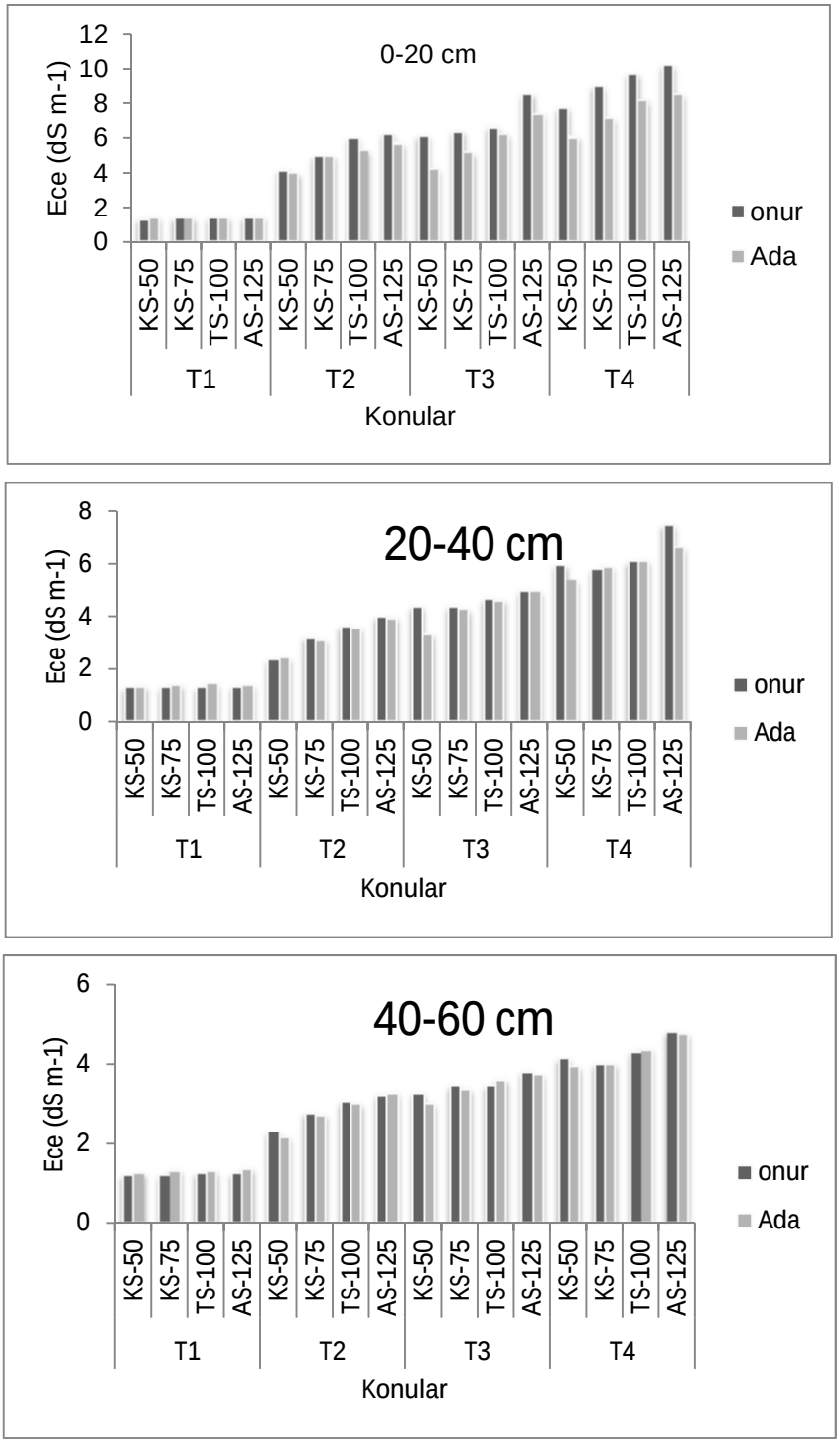
Çizelge 4.13'de sonbahar döneminde her iki çeşitte en yüksek toprak tuzluluğu 0-20 cm katmanında T4 tuz düzeyinde ve AS-125 sulama konusunda sırasıyla 10.16 ve 8.45 dS m^{-1}olarak bulunmuştur. Sonbahar döneminde toprak tuzluluğunun düşmesinin yapılan sulama miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.13. Sonbahar dönemi toprak tuzluluk değerleri (dS m^{-1})

Tuz konuları	Sulama konuları	Onur				Ada			
		Derinlik (cm)				Derinlik (cm)			
		0-20	20-40	40-60	Ort	0-20	20-40	40-60	Ort
T1	KS-50	1.31	1.26	1.19	1.25	1.36	1.31	1.23	1.30
	KS-75	1.33	1.28	1.18	1.26	1.38	1.35	1.31	1.35
	TS-100	1.36	1.26	1.24	1.29	1.38	1.40	1.29	1.36
	AS-125	1.38	1.29	1.23	1.30	1.42	1.35	1.35	1.37
T2	KS-50	4.10	2.33	2.27	2.90	3.92	2.38	2.14	3.17
	KS-75	4.92	3.18	2.74	3.61	4.97	3.11	2.71	4.04
	TS-100	5.96	3.62	3.02	4.20	5..27	3.58	2.97	4.19
	AS-125	6.24	4.00	3.21	4.48	5.70	3.96	3.25	4.93
T3	KS-50	6.11	4.38	3.25	4.58	4.16	3.32	3.00	3.78
	KS-75	6.38	4.38	3.42	4.73	5.14	4.26	3.35	4.86
	TS-100	6.62	4.67	3.43	4.91	6.18	4.62	3.58	5.48
	AS-125	8.48	4.96	3.79	5.74	7.36	4.95	3.72	6.34
T4	KS-50	7.68	5.92	4.12	5.91	6.05	5.37	3.92	5.71
	KS-75	8.92	5.75	3.98	6.22	7.1	5.86	3.98	6.77
	TS-100	9.65	6.05	4.29	6.66	8.12	6.1	4.35	7.36
	AS-125	10.16	7.41	4.78	7.45	8.45	6.58	4.73	7.77



Şekil 4.21. İlkbahar Dönemi Toprak Katmanlarındaki Tuzluluk Miktarları

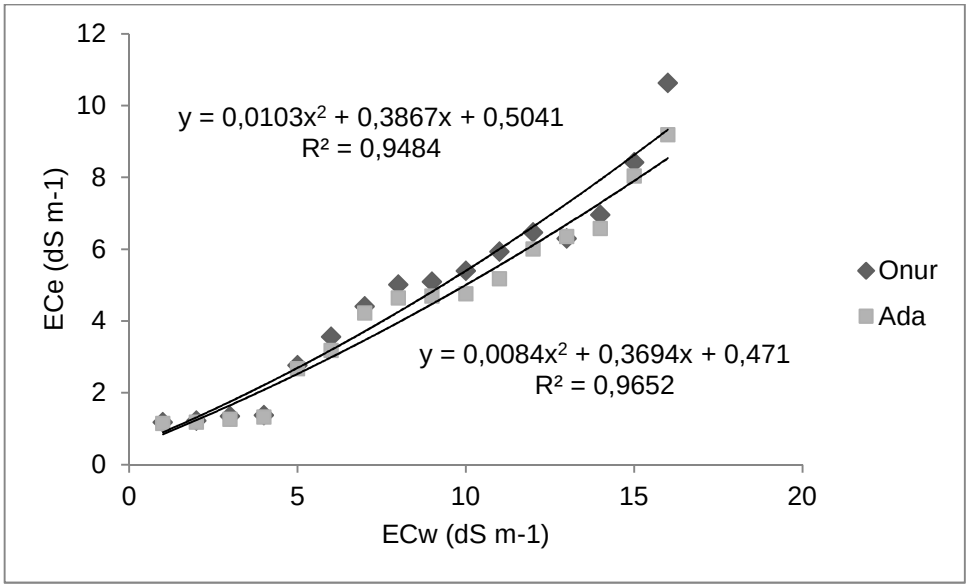


Şekil 4.22. Sonbahar Dönemi Toprak Katmanlarındaki Tuzluluk Miktarları

Şekil 4.21 ve 4.22'de görüldüğü gibi ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde 0-20 cm katmanında ve T4 tuzluluk düzeyi ile AS-125 sulama konusunda en yüksek tuzluluk artışı olurken alt katmanlara doğru tuzluluk miktarında azalmalar meydana

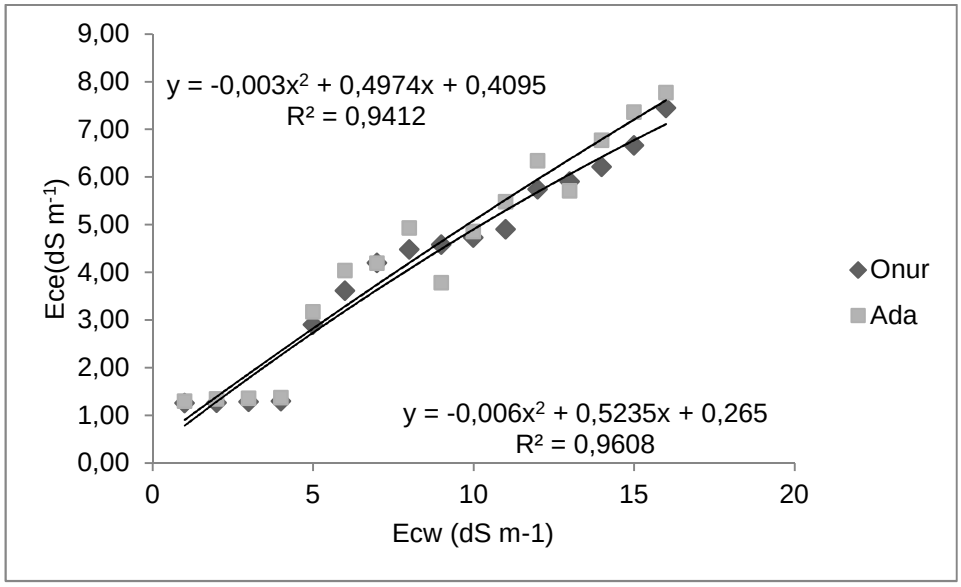
gelmiştir. Anılan şekillerde görüldüğü gibi toprakta tuzluluk NaCl uygulamasının başladığı T2 konusundan itibaren yükselmekte ve Şekil 4.13 ve 4.14'de verilen Onur ve Ada çeşidinin ilkbahar ve sonbahardaki tuz eşik değerlerinin 1.1 dS m^{-1} ve 2.1 dS m^{-1} başladığı yerden itibaren verimde düşmeler olmaktadır.

Çeşitlerin yetiştirme dönemlerindeki ortalama toprak tuzluluğu (ECe) ve sulama suyu tuzluluğu(ECw) arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.23. İlkbahar dönemi toprak (ECe) ve sulama suyu tuzluluğu (ECw) ilişkisi

İlkbahar döneminde her iki çeşit için toprak yüzeyinden 0-60 cm derinlikteki toprak tuzluluğu ve sulama suyu tuzlulugu arasında Onur çeşidi için (ECe_{onur}) = $0.103x^2$+0.3867x+0,5041 (R^2=0.95), Ada çeşidi için (ECe_{ada})= $0.0084x^2$+0.3694x+0,471 (R^2= 0.97) ikinci dereceden bir ilişki oldugu saptanmıştır.



Şekil 4.24. Sonbahar dönemi toprak(ECe) ve sulama suyu tuzluluğu(ECw) ilişkisi

Sonbahar döneminde ise Onur çeşidi için (ECe_{onur})= $0.006x^2+0.2302x+1.7492$ ($R^2=0.95$) Ada çeşidi için (ECe_{ada})= $0.0057x^2+0.2027x+1.7851$ ($R^2= 0.97$) ikinci dereceden bir ilişki oldugu saptanmıştır.

Atay (2006) yaptığı çalışmada tuzlu sulama sularının kullanılmasının toprak tuzluluğu üzerine önemli oranda etki ettiğini ve toprak tuzluluğunun sulama suyu tuzluluğunun en yüksek oldugu T4 konusunda 13.44 dSm^{-1}'ye yükseldiğini bildirmiştir. Ayrıca, tuz birikiminin sulama suyunun tuzluluğu düştükçe azaldığını ve üst toprakta daha fazla tuz birikimi oluştuğunu belirtmiştir. Patil ve ark. (2014) seralarda biber üretiminde tuzlu suyun kullanımını yaptıkları çalışmada ve Dagobiet (2008) malç plastiği kullanılarak yetiştirilen biberlerin tuzlu sulama sularına etkisini araştırdıkları çalışmada sulama suyu tuzluluğunun toprak tuzluluğunun artırdığını bildirmişlerdir.

Meiri ve Plaut (1985), sulama suyu ile toprak profiline giren tuzun zamanla birikeceğini; Puntamkar ve ark. (1988), sulama suyu tuzlulugunun artmasının toprak tuzluluğunu arttırdığını ve yığılmanın üst katmanlarda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

4.1.10. Bitki Boyu

İlkbahar yetiştirme döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları Çizelge 4.14 ve 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. İlkbahar dönemi Onur çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları (cm)

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu
T1	45	82	44	90	45	91	45	92
T2	45	85	44	85	45	86	45	85
T3	44	81	45	83	44	83	45	84
T4	45	82	45	79	44	77	44	73

İlkbahar döneminde Onur çeşidinin çiçeklenme zamanında bitki boyları tüm konularda 43-45 cm arasında değişim gösterirken hasat sonundaki bitki boy ölçümlerinde en yüksek değer T1 tuz düzeyi ve AS-125 sulama konusunda 92 cm olarak ölçülmüştür. Tuzluluğun düşük olduğu konularda bitki boyları diğerlerinden daha uzun olarak belirlenmiştir. Onur çeşidinde en kısa bitki boyu sulama suyu tuz düzeyi T4 ve AS-125 konusunda 73 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.15. İlkbahar dönemi Ada çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları (cm)

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu
T1	46	92	45	93	47	93	47	95
T2	46	89	46	89	46	91	47	92
T3	46	87	45	89	46	89	46	90
T4	46	87	45	86	46	85	46	83

İlkbahar döneminde Ada çeşidinin çiçeklenme zamanında bitki boyları tüm konularda 42-47 cm arasında değişim gösterirken hasat sonundaki bitki boy ölçümlerinde en yüksek değerler T1 tuz düzeyi ve AS-125 sulama konusunda 95 cm olarak ölçülmüştür. Tuzluluğun düşük olduğu konularda bitki boyları diğerlerinden daha uzun olarak belirlenmiştir. Ada çeşidinde en kısa bitki boyları ise sulama suyu tuz düzeyi T4 ve AS-125 konusunda 83 cm olarak ölçülmüştür.

Sonbahar yetiştirme döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları Çizelge 4.16 ve 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Sonbahar dönemi Onur çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları (cm)

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu
T1	47	90	47	99	49	102	48	107
T2	46	93	45	98	46	100	47	105
T3	46	90	45	95	46	96	45	96
T4	44	85	45	84	44	83	45	81

Sonbahar döneminde Onur çeşidinin çiçeklenme zamanında bitki boyları tüm konularda 44-48 cm arasında değişim gösterirken hasat sonundaki bitki boy ölçümlerinde en yüksek değer T1 tuz düzeyi ve AS-125 sulama konusunda 107 cm olarak ölçülmüştür. Tuzluluğun düşük olduğu konularda bitki boyları diğerlerinden daha uzun olarak belirlenmiştir. Onur çeşidinde en kısa bitki boyu sulama suyu tuz düzeyi T4 ve AS-125 konusunda 81 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.17. Sonbahar dönemi Ada çeşidinin çiçeklenme ve hasat sonu bitki boyları (cm)

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu	Çiçek	H.sonu
T1	45	86	45	87	46	89	47	95
T2	46	82	46	83	45	90	46	92
T3	45	79	44	85	44	86	45	85
T4	43	78	45	78	45	76	46	72

Sonbahar döneminde Ada çeşidinin çiçeklenme zamanında bitki boyları tüm konularda 43-47 cm arasında değişim gösterirken hasat sonundaki bitki boy ölçümlerinde en yüksek değerler T1 tuz düzeyi ve AS-125 sulama konusunda 95 cm olarak ölçülmüştür. Tuzluluğun düşük olduğu konularda bitki boyları diğerlerinden daha uzun olarak belirlenmiştir. Ada çeşidinde en kısa bitki boyları ise sulama suyu tuz düzeyi T4 ve AS-125 konusunda 72 cm olarak ölçülmüştür.

İlkbahar ve sonbahar dönemine ait bitki boyları varyans analizleri EK Çizelge 5 ve 6'da, LSD çoklu karşılaştırma analizi ise Çizelge 4.18 ve 4.19 'da verilmiştir. İlkbahar döneminde bitki boyları üzerine sadece tuzluluk düzeyi $P<0.01$ seviyesinde etki ederken sonbahar döneminde ise bitki boyları üzerine tuz ve sulama konularının TxS $P<0.01$ düzeyinde etki etmiştir.

Çizelge 4.18. İlkbahar dönemi hasat sonu bitki boyu LSD karşılaştırması(cm)

	Tuz konuları	Sulama Konuları								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{Ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
İlkbahar	T1	82	92	90	93	91	93	92	95	91a
	T2	85	89	85	89	86	91	85	92	88a
	T3	81	87	83	89	83	89	84	90	86ab
	T4	82	87	79	86	77	85	73	83	82b
	SK_{ort}	83	89	84	89	84	89	84	90	LSD : 4

Çizelge 4.18'de ilkbahar döneminde bitki boyları üzerine tuzluluğun etkisi önemli bulunmuştur. T1(kontrol) ve T2 tuz düzeyi aynı grupta yer alırken T4 tuz konusunda bitki boyu en az olmuştur.

Çizelge 4.19. Sonbahar dönemi hasat sonu bitki boyu LSD karşılaştırması (cm)

	Tuz konuları	Sulama Konuları			
		KS-50	KS-75	TS-100	AS-125
Sonbahar	T1	88Ba	93Ba	95ABa	101Aa
	T2	88Ca	91BCa	95ABa	98Aa
	T3	85Aa	90Aa	91Aa	91Ab
	T4	81Aa	80Ab	79Ab	77Ac

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir. T:Tuz,S: Sulama konuları

Çizelge 4.19'da sonbahar döneminde bitki boyları üzerine TxS intaraksiyonu önemli düzeyde etkide bulunmuştur. T1 ve T2 tuz düzeylerinde AS-125 sulama konuları diğer sulama konularına göre ilk sırayı alırken T3 ve T4 tuz düzeyinde tüm sulama konularındaki bitki boyları arasında fark bulunmamış ve aynı grupta yer almışlardır. Tuz düzeylerine göre bitki boyları KS-50 sulama konusu dışında KS-75 ve TS-100 sulama konularında T1, T2 ve T3 tuz düzeylerinde bitki boyları arasında fark olmazken tuzluluk artışı en yüksek olan T4 konusunda bitki boyları azalmıştır. AS-125 sulama konusundaki T1 ve T2 tuz düzeylerinde bitki boyları aynı grupta yer almıştır. Sulama suyu ve toprak tuzluluğu arttıkça biberde bitki boyu azalmaktadır. Atay, (2006) yaptığı çalışmada tuzlu su ile sulanan biberlerin ortalama bitki boyu açısından T0, T1 ve T2 konuları arasında fark görülmediğini ancak tuzluluğun daha yüksek oldugu T3 (6 dS m^{-1}) ve T4(9 dS m^{-1}) konularında bitki boylarının, artan tuzluluga bağlı olarak azaldığını ve sulama suyu tuzluluğu en yüksek olan konuda en kısa bitki boyu değerlerinin elde edildiğini bildirmiştir. Pascale ve ark. (2003) ile Chartzoulakis ve Klapaki (2000), biberde sulama suyu tuzlulugunun artışıyla bitki boyunda azalmalar olduğunu bildirmişlerdir. Tuzlu ortamda, verimdeki azalmanın bir nedeninin de bitki boylarının kısalması olduğu söylenebilir. Öte yandan, bitkilerin boylarının kısalmasına toprak suyunun ozmotik potansiyelinin artması yüzünden köklerin daha yüksek bir gerilimle karşı karşıya kalmalarının etkisinin oldugu düşünülmektedir.

4.1.11. Bitki Gövde Kalınlığı

İlkbahar ve sonbahar döneminde hasat sonu ölçülen bitki gövde kalınlığı ile ilgili varyans analizi EK Çizelge 7 ve 8 'de bunların LSD çoklu karşılaştırmaları Çizelge 4.20'de verilmiştir. EK Çizelge 7'de ilkbahar döneminde hasat sonunda bitki gövde kalınlıkları ölçülmüş ve gövde kalınlıkları üzerine tuz düzeyleri ve sulama düzeylerinin % 1 önem seviyesinde etki ettiği görülmektedir. EK Çizelge 8'de sonbahar döneminde hasat sonunda bitki gövde kalınlıkları ölçülmüş ve gövde kalınlıkları üzerine sadece tuz konularının $P<0.01$ düzeyinde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.20'de ilkbahar döneminde hasat sonunda yapılan bitki gövde kalınlıkları ölçümlerine ait LSD çoklu karşılaştırmasında Onur çeşidinde en yüksek bitki gövde kalınlıkları değeri T1 ve AS-125 konularında 15.8 mm, Ada çeşidinde ise T1 ve KS-50 konularında 14.5 mm olarak bulunmuştur. Sonbahar döneminde en yüksek bitki gövde kalınlığı değerleri Onur çeşidinde T2 tuz düzeyinde ve TS-100 konularında 13.7 mm ile en yüksek değerini alırken, Ada çeşidinde T1 ve KS-50 konularında 12.8 mm ile en yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.20. İlkbahar ve sonbahar dönemi bitki gövde kalınlıkları (mm)

	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{Ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
İlkbahar	T1	14.0	14.5	14.2	14.2	14.5	13.6	15.8	13.6	14.3a
	T2	14.5	13.5	14.7	13.2	13.1	13.3	13.2	13.1	13.6a
	T3	13.2	13.6	12.6	13.2	13.1	14.1	13.0	14.3	13.4b
	T4	13.1	13.3	12.5	13.4	12.6	13.9	12.1	14.1	13.1b
	SK_{ort}	13.9		13.5		13.5		13.5		
	LSD:0.7									
	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{Ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
Sonbahar	T1	13.6	12.8	13.2	12.3	12.1	11.3	13.3	11.6	12.5a
	T2	12.5	12.2	12.0	11.5	13.7	12.0	12.5	11.1	12.2a
	T3	11.4	12.5	12.1	11.3	12.1	11.0	12.0	11.2	11.7ab
	T4	11.3	10.7	10.2	11.3	11.4	10.5	11.2	11.4	11.0b
	SK_{ort}	12.1		11.7		11.8		11.8		
	LSD:0.9									

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları. küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir.

Elde edilen değerler incelendiğinde uygulamaların bitki gövde kalınlıkları üzerine herhangi bir intaraksiyon etkisinin olmadığı yalnızca tuz düzeylerinin gövde kalınlıkları üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. İlkbahar döneminde T1 ve T2 tuz

konuları 14.3 ve 13.6 mm değerlerini alarak aynı grupta yer almışlardır. Sonbahar döneminde ise yine T1 ve T2 tuz konuları 12.5 ve 12.2 mm değerlerini alarak aynı grupta yer almıştır. Bu verilere göre ilkbahar ve sonbahar döneminde, her iki çeşitte tuz düzeyinin artması gövde kalınlığını azaltmıştır. Atay (2006) yaptığı çalışmada tuzlu su ile sulanan biberlerde en yüksek değerin T0 konusunda 16.96 mm, en düşük değerin T4 konusunda 12.95 mm olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlarda gövde kalınlığının az olması, diğer çalışma ile yetiştirme dönemi farklılığı, çeşit farklılığı, gübreleme ve farklı iklimsel faktörleri içeren (çevre x genotip) etkisinden kaynaklanmaktadır.

4.1.12. Yaprak Alan İndeksi

Onur ve Ada çeşitlerinin ilkbahar dönemi yetiştiriciliğine ait hasat sonu yaprak alan indeksi (LAI) değerleri Çizelge 4.21'de, sonbahar dönemi yetiştiriciliğine ait hasat sonu LAI değerleri Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. İlkbahar dönemi yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
T1	6.1	7.8	6.2	7.9	6.4	8.0	6.5	8.1
T2	5.8	7.3	5.6	7.0	5.3	6.9	5.3	6.2
T3	5.1	6.3	5.2	6.1	5.0	6.2	4.8	5.1
T4	4.3	5.3	4.0	5.0	3.9	4.2	3.9	3.8

Çizelge 4.21 'de ilkbahar dönemi yetiştiriciliğinde her iki çeşidinde en yüksek LAI değerleri T1 tuz konusunda ve AS-125 sulama konusunda sırasıyla 6.5 ve 8.1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Sonbahar dönemi yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
T1	5.9	8.1	6.1	8.2	6.2	8.3	6.4	8.4
T2	5.6	7.4	5.4	7.2	5.1	7.0	5.0	6.7
T3	5.2	6.8	5.0	6.3	4.8	6.0	4.6	5.5
T4	4.5	5.1	4.2	4.9	4.0	4.5	3.5	4.0

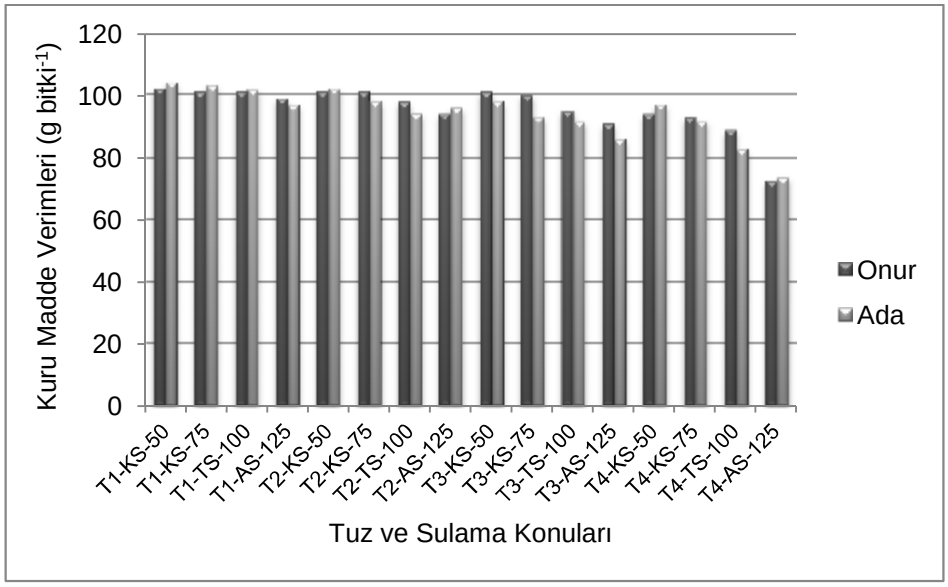
Çizelge 4.22 'de sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde de her iki çeşit için en yüksek LAI değerleri T1 tuz konusunda ve AS-125 sulama konusunda sırasıyla 6.4 ve 8.4 olarak belirlenmiştir.

Daşgan ve Abak (2003) biberin farklı dikim aralıkları ile ilgili yapmış oldukları çalışmada LAI değerlerini 8.35 ile 4.81 arasında belirlemişlerdir. Elde ettiğimiz LAI değerleri bu değerler ile benzerdir. LAI değerlerinde Ada çeşidinin değerlerinin yüksek olması çeşidin çarliston olması nedeniyle yapraklarının büyük olmasından kaynaklanmaktadır.

Lopez ve ark., (2012) biber fidelerinde yaptıkları çalışmada 300 mM tuz düzeyinde uygulama yapmışlar ve LAI değerinin tuz düzeyi ile azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmamızda tuz düzeyi artışı ile LAI değeri azalmıştır. Elde edilen sonuçlar yapılan çalışma ile uyumlu bulunmuştur.

4.1.13. Kuru Madde Verimi

İlkbahar yetiştirme döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin deneme konularından elde edilen toprak üstü ve altına ait toplam kuru madde verimleri arasındaki ilişki Şekil 4.25'de, varyans analizi EK Çizelge 9'da, LSD çoklu karşılaştırma değerleri ise Çizelge 4.23' de verilmiştir.



Şekil 4.25. Çeşitlerin ilkbahar döneminde toplam kuru madde verimleri

EK Çizelge 9'da verilen varyans analizinde ilkbahar döneminde toplam kuru madde verimleri üzerine denemede tuz x sulama interaksiyonunun (TxS) $P<0.01$ önem seviyesinde etki ettiği görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.21'de yapılan LSD gruplandırmasında TxS intaraksiyonunda tüm tuz düzeylerindeki KS-50 sulama konusu, en yüksek kuru madde verimleri ile ilk sırada yer almıştır.

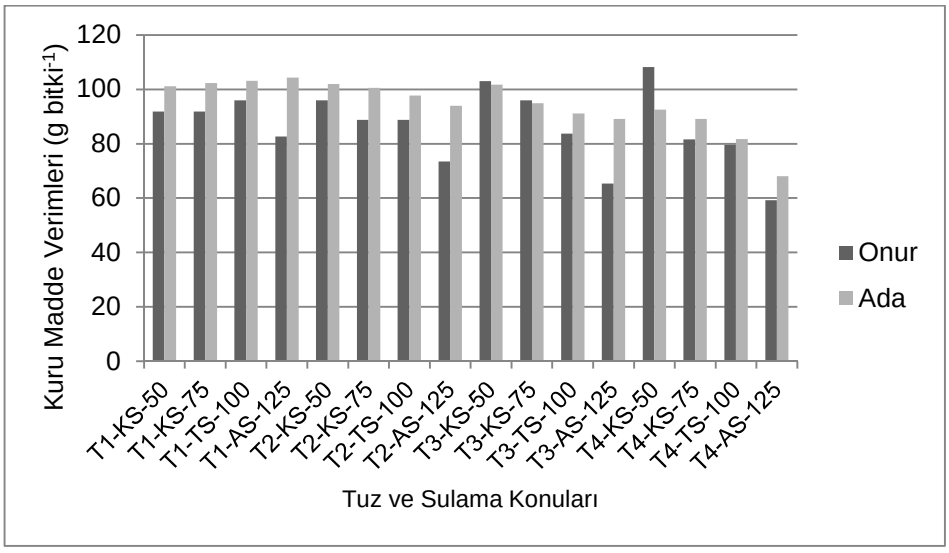
Çizelge 4.23. İlkbahar döneminde toplam kuru madde verimlerine ait LSD karşılaştırması (g bitki^{-1})

Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)				Tuz_{ort}
	KS-50	KS-75	TS-100	AS-125	
T1	103 Aa	102 ABa	101 ABa	98 Ba	101
T2	102 Aa	99 ABab	96 Bb	95 Ba	98
T3	100 Aab	97 ABbc	93 Bb	89 Cb	95
T4	96 Ab	92 Ac	86 Bc	73 Cc	87
SK_{ort}	100	98	94	89	LSD_{TUZ}
LSD_{SK}	4				4

* Büyük harfler satır boyunca sulama konularını küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeylerini ifade etmektedir

T4 tuz düzeyinde KS-75 sulama konusunda 92 g bitki^{-1} ile yüksek kuru madde verimine sahip olmuştur. Kuru madde verimleri sulama düzeyleri arttıkça azalmıştır. Sulama konularındaki tuz düzeylerindeki kuru madde verimleri KS-50 ve AS-125 sulama konularında T1 ve T2 tuz düzeyleri en yüksek kuru madde verimlerine sahip olarak aynı grupta yer alırken KS-75ve TS-100 sulama konularında sadece kontrol T1 tuz düzeyinde en yüksek kuru madde verimine sahip olmuştur. Kuru madde verimleri tuz düzeyleri arttıkça azalmıştır. Sonbahar yetiştirme döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin deneme konularından elde edilen toprak üstü ve altına ait toplam kuru madde verimleri Şekil 4.26'da, varyans analizi EK Çizelge 10'da, LSD çoklu karşılaştırma değerleri ise Çizelge 4.24' de verilmiştir.

EK Çizelge 10'da ki varyans analizinde sonbahar döneminde toplam kuru madde verimleri üzerine denemede kullanılan çeşitlerin etki etmediği görülmektedir. Biber toplam kuru madde verimleri üzerine tuz düzeylerinin $P<0.05$ önem seviyesinde sulama konularının, çeşit – sulama (ÇxS) ve tuz - sulama(TxS) interaksiyonunun $P<0.01$ önem seviyesinde etki ettiği görülmektedir. Ayrıca Çizelge 4.24'de ÇxS intaraksiyonunda KS-50 konusunda 100 ve 99 g bitki^{-1} ile en yüksek kuru madde verimlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.26. Çeşitlerin sonbahar dönemi toplam kuru madde verimleri

Çizelge 4.24. Sonbahar döneminde toplam kuru madde verimlerine ait LSD karşılaştırması (g bitki^{-1})

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
T1	96 Aa		97 Aa		100 Aa		93 Aa	
T2	99 Aa		95 ABa		93 ABab		84Bab	
T3	103Aa		96 ABa		88 BCab		78 Cb	
T4	100 Aa		85 Ba		81 Bb		64 Cc	
SK	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
	100 A	99 A	90 B	97AB	87 B	93 AB	70C	89 B
LSD_{SK} : 13 LSD_{TUZ} :13 $LSD_{çXs}$:9								

* Büyük harfler satır boyunca sulama konularını, küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeylerini ifade etmektedir.

Sulama düzeyi arttıkça AS-125 konusunda kuru madde verimlerinin 70 ve 89 g bitki^{-1} değerlerine düştüğü görülmektedir. TxS intaraksiyonunun, T1 (kontrol) tuz düzeyindeki tüm sulama konularında kuru madde verimlerine etkisi olmazken diğer tuz düzeylerindeki sulama konularında KS-50 sulama konusundaki kuru madde verimleri ilk sırada yer almıştır. Sulama düzeyi arttıkça kuru madde verimlerinin düştüğü görülmektedir.

Sulama konularındaki tuz düzeylerine göre kısıntılı sulamalarda (KS-50 ve KS-75) kuru madde verimleri arasında fark bulunmazken TS-100 (100 g bitki^{-1}) ve AS-125(93 g bitki^{-1}) sulama konularında T1 (kontrol) tuz düzeyindeki kuru madde verimleri ilk sırada yer almıştır.

Şekil 4.26'da görüldüğü üzere her iki çeşit için ilkbahar döneminde tuz düzeyi arttıkça kuru madde veriminin azaldığı görülmektedir. Kuru madde verimleri T1 (kontrol) tuz uygulamasında sulama düzeylerine göre hemen hemen aynı miktarda kalırken diğer tuz uygulanan T2, T3 ve T4 tuz konularında kuru madde verimlerinin sulama suyu miktarı arttıkça azaldığı görülmektedir. Özellikle T2 ve T3 tuz konularında birbirine yakın değerler çıkarken T4 tuz konusunda yüksek azalma görülmektedir. Bununda denemedeki en yüksek tuz uygulaması ve AS-125 sulama konusundan kaynaklandığı açıkça görülmektedir. Şekil 4.26'da görüldüğü üzere her iki çeşit için sonbahar döneminde de tuz düzeyi arttıkça kuru madde veriminin

azaldığı görülmektedir. Ayrıca, T1 (kontrol) tuz düzeyinin AS-125 sulama konusunda yüksek bir düşme görülmekte iken özellikle T3 konusunda daha yüksek kuru madde veriminin elde edildiği görülmektedir. Ada çeşidinde ise T1 (kontrol) konusunda sulama konularına göre bir artış olduğu görülmektedir. Kuru madde verimleri arasında istatistiksel analizde de ifade edildiği gibi çeşitler arasında tuz ve sulama konularına göre fark çıkmıştır. Çeşitlerin kuru madde verimliliği uygulamalarla beraber çeşide göre de değiştiği görülmektedir. Yapılan çalışmada sulama suyu tuzluluğu arttıkça biber toplam kuru madde verimi de azalmıştır. Bunun nedeninin tuzluluk artışının bitkiye yarattığı su stresi nedeniyle bitkinin stomalarını kapatarak fotosentez hızını yavaşlatması bunun sonucunda ise daha az karbonhidrat oluşumuna ve daha düşük kuru madde oranına neden olduğu düşünülmektedir. Nitekim, İnal ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, farklı ortamlarda yetiştirilen domates ve biberin en yüksek yaş ve kuru ağırlık değerlerine perlitte yetiştirilenlerde ulaşıldığını, perlit ve bahçe toprağında yetiştirilen bitkilerle karşılaştırıldığında, sera içi ve sera dışı toprakta yetiştirilen domates ve biber bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıklarının daha düsük olduğunu bu durumun sera bölgesi topraklarının tarımsal özelliklerini önemli ölçüde kaybettiklerini ifade etmişlerdir. Sera içi ve sera dışı toprağı karşılaştırıldığında biber bitkisinin NaCl stresi altında sera dışı toprağında, gübre tuzluluğu stresinde ise sera içi toprağında daha yüksek yaş ağırlığa sahipken, her iki tuzluluk koşulunda sera içi toprağında daha az kuru ağırlığa sahip olduğunu, perlitte yetiştirilen biber bitkisinin yaş ve kuru ağırlığının gübre tuzluluğu, bahçe toprağında ise NaCl tuzlulugunun daha fazla azalttığını bildirmişlerdir. Dagobiet (2008) tuzlu sulama suyunun biberin farklı yetişme dönemlerindeki etkisini araştırdığı çalışmada biber kuru madde verimini kontrol konusunda 89 g bitki^{-1} olarak bulurken artan tuz düzeyi ile kuru madde veriminin azaldığını, en yüksek tuz konusunda (9 dS m^{-1}) 15 g bitki^{-1} olarak elde edildiğini bildirmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışmalarla uyumludur.

4.1.14. Hasat İndeksi

Biber meyve veriminin toprak üstü kuru maddeye oranı olarak bilinen hasat indeksi (HI) hasatta deneme konularından elde edilen bitki başına biber verimlerinin bitki başına kuru madde verimlerine bölünmesi ile hesaplanmıştır. Deneme konularına göre hasat indeksleri Çizelge 4.25 ve 4.26'da bunlara ilişkin varyans analiz sonuçları ise sırasıyla EK Çizelge 11 ve12'de verilmiştir.

Çizelge 4.25.Çeşitlerin ilkbahar dönemi yetiştiriciliğindeki hasat indeksi değerleri

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
T1	0.64	0.53	0.64	0.53	0.63	0.52	0.62	0.51
T2	0.64	0.55	0.62	0.52	0.62	0.49	0.60	0.49
T3	0.60	0.55	0.58	0.52	0.57	0.51	0.57	0.47
T4	0.58	0.52	0.56	0.52	0.55	0.51	0.55	0.49

İlkbahar dönemi yetiştiriciliğindeki hasat indeksine ilişkin varyans analiz çizelgesinde (EK Çizelge 11) yalnızca çeşitlerin hasat indeksi üzerine $P<0.01$ seviyesinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.25'de en yüksek hasat indeksi değeri Onur çeşidinde T1 ve T2 tuz düzeyleri ile KS-50 ve KS-75 sulama konularında 0.64 olarak Ada çeşidinde ise T2 ve T3 tuz düzeyi ile KS-50 sulama konusunda 0.55 olarak belirlenmiştir.

Sonbahar döneminde herhangi bir istatistiksel etkinin olmadığı belirlenmiştir (EK Çizelge 12). Çizelge 4.26'da hasat indeksi değerlerinden en yüksek değer Onur çeşidinde T1 tuz düzeyinde ve AS-125 sulama konusunda 0.55 olarak Ada çeşidinde ise T1ve T2 tuz düzeyi ile AS-125 sulama konusunda 0.53 olarak belirlenmiştir

Çizelge 4.26. Çeşitlerin sonbahar dönemi yetiştiriciliğindeki hasat indeksi değerler

Tuz konuları	Sulama Konuları							
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
T1	0.52	0.51	0.54	0.52	0.54	0.52	0.55	0.53
T2	0.52	0.51	0.53	0.51	0.52	0.52	0.54	0.53
T3	0.52	0.51	0.53	0.51	0.53	0.51	0.52	0.51
T4	0.50	0.50	0.51	0.50	0.51	0.51	0.50	0.48

Dagobiet (2008) yılında tuzlu sulama suyunun biberin farklı yetişme dönemlerindeki etkisini araştırdığı çalışmada, 1. denemede 0.2'den 9 dS $m^{-1,}$ ikinci denemede ise 0.5'den 4.5 dS m^{-1}'e kadar olan tuzlu sulama sularının biber üzerine etkilerini araştırmış ve ilk denemede hasat indeksinin tuz artışı ile azaldığını ve özellikle 4 dS m^{-1} ve daha yüksek tuz düzeylerinde 0.53 ile 0.11 arasındaki değerlerde kontrole oranla önemli oranda azaldığını ayrıca, ikinci denemede hasat indeksinin 2.5 dS m^{-1} ve daha yüksek tuz düzeylerinde hasat indeksinin 0.60 ile 0.32 arasındaki değerlerde kontrole oranla önemli oranda azaldığını bildirmiştir. Elde ettiğimiz hasat indeksi sonuçlarıda tuz düzeyi arttıkça azalmış ve ilkbahar döneminde 0.64-0.47 arasında sonbahar döneminde ise 0.55-0.48 arasında yer alarak bu çalışmalarla ile uyumlu bulunmuştur.

4.1.15. Yaprak Oransal Su İçeriği

İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde deneme konularına göre yaprak oransal su içeriği (YOSİ**)** değişimi incelenmiştir. Çizelge 4.27'de görüldüğü gibi ilkbahar döneminde en yüksek YOSİ değeri T1 tuz düzeyinde ve AS-125 konusunda Onur çeşidinde % 84 Ada çeşidinde % 86 olarak gerçeklesirken en düşük YOSİ değeri Onur çeşidinde T4 tuz düzeyinde TS-100 ve AS-125 konularında % 65, Ada çeşidinde ise T4 tuz düzeyinde AS-125 konusunda % 66 olarak gözlemlenmiştir. Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde ise en yüksek YOSİ değeri T1 tuz düzeyinde ve AS-125 konusunda Onur çeşidinde % 85, Ada çeşidinde % 86 olarak gerçekleşirken

en düşük YOSİ değeri her iki çeşitte T4 tuz düzeyinde ve AS-125 konusunda % 67 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.27. İlkbahar ve sonbahar dönemi yaprak oransal su içeriği

İlkbahar				Sonbahar			
Çeşitler	Tuz konuları	Sulama Konuları	YOSİ (%)	Çeşitler	Tuz konuları	Sulama Konuları	YOSİ (%)
Onur	T1	KS-50	80	Onur	T1	KS-50	81
		KS-75	81			KS-75	82
		TS-100	83			TS-100	83
		AS-125	84			AS-125	85
	T2	KS-50	75		T2	KS-50	79
		KS-75	77			KS-75	81
		TS-100	78			TS-100	83
		AS-125	79			AS-125	83
	T3	KS-50	73		T3	KS-50	76
		KS-75	75			KS-75	77
		TS-100	75			TS-100	78
		AS-125	77			AS-125	78
	T4	KS-50	68		T4	KS-50	72
		KS-75	66			KS-75	70
		TS-100	65			TS-100	69
		AS-125	65			AS-125	67
Ada	T1	KS-50	83	Ada	T1	KS-50	80
		KS-75	83			KS-75	82
		TS-100	85			TS-100	83
		AS-125	86			AS-125	86
	T2	KS-50	80		T2	KS-50	80
		KS-75	81			KS-75	82
		TS-100	82			TS-100	82
		AS-125	82			AS-125	83
	T3	KS-50	76		T3	KS-50	78
		KS-75	77			KS-75	78
		TS-100	77			TS-100	77
		AS-125	78			AS-125	77
	T4	KS-50	71		T4	KS-50	74
		KS-75	70			KS-75	72
		TS-100	68			TS-100	70
		AS-125	66			AS-125	67

Yetiştirme dönemlerine göre Onur ve Ada biber çeşitlerinin yaprak oransal su içeriklerine (YOSİ) ait varyans analizleri EK Çizelge 13 ve 14'de bunlarla ilgili LSD çoklu karşılaştırmaları Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da verilmiştir

EK Çizelge 13'de ilkbahar döneminde sulama suyu tuz düzeylerinin yaprak oransal su içeriğine $P<0.01$ düzeyinde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.28. İlkbahar döneminde yaprak oransal su içeriğin ilişkin LSD karşılaştırması

Tuz konuları	Sulama Konuları									
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125			
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Tuz_{Ort}	
T1	80	83	81	83	83	85	84	86	83 a	LSD_{TUZ}: 2
T2	75	80	77	81	78	82	79	82	79 b	
T3	73	76	75	77	75	77	77	78	76 c	
T4	68	71	66	70	65	68	65	66	67 d	
SK_{Ort}	76		76		77		77			
LSD_{SK} :3										

Çizelge 4.28 'de yaprak oransal su içeriği üzerine herhangi bir intaraksiyon etkisi olmamış sadece tuz düzeyleri YOSİ üzerine etkili olmuştur. Tuz düzeyi arttıkça YOSİ azalmaktadır. T1 (kontrol) tuz düzeyi en yüksek değeri almıştır. Sulama konuları ve çeşitlerin YOSİ üzerine etkisi olmamıştır. EK Çizelge 14'de sonbahar döneminde sulama suyu tuz düzeylerinin yaprak oransal su içeriğine $P<0.01$ düzeyinde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.29. Sonbahar döneminde yaprak oransal su içeriğine ilişkin LSD karşılaştırması

Tuz konuları	Sulama Konuları									
	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125			
	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Tuz_{Ort}	
T1	81	80	82	82	83	83	85	86	83 a	LSD_{TUZ}: 2
T2	79	80	81	82	83	82	83	83	82 a	
T3	76	78	77	78	78	77	78	77	77 b	
T4	72	74	70	72	69	70	67	67	70 c	
SK_{Ort}	78		78		78		78			
LSD_{SK} : 3										

Çizelge 4.29'da yaprak oransal su içeriği üzerine herhangi bir intaraksiyon etkisi olmamış sadece tuz düzeyleri YOSİ üzerine etkili olmuştur. Tuz düzeyi arttıkça YOSİ azalmaktadır. T2 tuz düzeyi, T1 (kontrol) tuz düzeyi ile aynı değeri alarak aynı grupta yer almıştır. Sulama konuları ve çeşitlerin YOSİ üzerine etkisi olmamıştır. Sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak biberde yaprak oransal su içeriği azalmıştır. Atay (2006)'da yaptığı çalışmada konulara göre yaprak oransal su içeriğinin değişimini incelemiş, sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak, biberde yaprak oransal su içeriğinin azaldığını ve en yüksek YOSİ değerinin T_0 konusunda % 82, en düşük YOSİ değerininin ise T4 konusunda % 69 olduğunu bildirmiştir. Topaloğlu (2010), chilli biberlerde yaptıkları çalışmada, tüm biber çeşitlerinin oransal su miktarının, tuz uygulamalarından ölçülen değerlerde kontrole göre azalmaların olduğunu biber çeşitleri arasındaki farklılığın önemsiz olduğunu, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte uygulama günlerinin kendi içindeki değişimlerinin istatistiki olarak önemli bulunduğunu en yüksek değerin % 71 en düşük değerin % 68 olduğunu bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada YOSİ içeriğinin tuz düzeyi artışı ile azaldığı görülmektedir. Bu azalışın bitki kök bölgesindeki ECe değerinin yükselmesi ile ozmotik potansiyel nedeni ile bitkininin suyu

alamamasından kaynaklanmaktadır. Yetiştirme dönemlerine göre YOSİ sonuçları tuz düzeyleri ile azalırken elde edilen değerler bu çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

4.1.16. Yaprak Stoma Geçirgenliğinin Belirlenmesi

İlkbahar ve sonbahar dönemlerine ait yaprak stoma geçirgenliklerinin varyans analizleri EK Çizelge 15 ve 16'da, LSD çoklu karşılaştırmaları ise Çizelge 4.30'da verilmiştir. EK Çizelge 15 ve 16'da her iki çeşit için ilkbahar ve sonbahar döneminde biberde yapraklardaki stoma geçirgenlikleri üzerine yalnızca tuz düzeyleri $P<0.01$ düzeyinde etki etmiştir.

İlkbahar döneminde en yüksek stoma geçirgenliği Onur çeşidinde T4 ve KS-75 sulama konusunda 500 mmol m^{-2} s^{-1} ölçülürken Ada çeşidinde en yüksek stoma geçirgenliği değeri T4 tuz düzeyi ve KS-50 sulama konusunda 414 mmol m^{-2} s^{-1} ölçülmüştür.

Sonbahar döneminde ise en yüksek stoma geçirgenlik değeri içeriği Onur çeşidinde T4 tuz düzeyi ve TS-100 sulama konusunda 456 mmol m^{-2} s^{-1} ölçülürken Ada çeşidinde en yüksek stoma geçirgenliği değeri T4 tuz ve KS-50 sulama konularında 372 mmol m^{-2} s^{-1} ölçülmüştür. Denemede her iki çeşit için stoma geçirgenliğinin sulama düzeyi yükseldikçe azaldığı, tuz düzeyi yükseldikçe arttığı görülmüştür. İlkbahar döneminde T4 tuz düzeyinde stoma geçirgenliği 401 mmol m^{-2} s^{-1} değeri ile ilk sırayı alırken T2 ve T3 tuz konularında sırasıyla 357 ve 291 mmol m^{-2} s^{-1} değerini alarak aynı grupta yer almışlardır. Sonbahar döneminde ise T4 ve T3 tuz konuları sırasıyla 369 ve 334 mmol m^{-2} s^{-1} değerini alarak aynı grupta yer almışlardır. İnal ve ark., (2006)'da yaptıkları çalışmada domates ve biber bitkisinde gübrelerden kaynaklanan tuzluluğun iyonik ve ozmotik etkisinin belirlenmesi çalışmasında, biber bitkisinde stoma geçirgenliği değerlerini kontrol konusunda 10.3, NaCl uygulamasında 17.8, gübre konusunda 23.9 s cm^{-1} olarak bulmuşlar ve hem NaCl hem de gübre tuzluluğunun domates ve biber bitkilerinin stoma açıklığını önemli oranda artırdığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, De Pascale ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada sulama suyu EC değeri 0.5 dS m^{-1} (kontrol), 4.4 dS m^{-1} ve 8.5 dS m^{-1} olan tuzlu sulama suları ile sulanan biber bitkisinin stoma geçirgenlik değerini

kontrolde 750 mmol m^{-2} s^{-1} tuzlu sulama suyu ile sulanan konularda 410 ve 400 mmol m^{-2} s^{-1} olarak ölçmüşler ve stoma açıklığının EC değeri yükseldikçe azaldığını bildirmişlerdir. Denemede elde ettiğimiz sonuçlar yapılan çalışmalarla benzerlik ve farklılıklar göstermektedir. Tuz düzeyi arttıkça azalması beklenen stoma açıklığı değerinin yaptığımız çalışmada yüksek bulunması anlık ölçüm sırasında doygun buhar basıncı açıklığının yüksek değerlerde bulunması nedeniyle stoma açıklığının artabileceği olarak düşünülmektedir.

Çizelge 4.30. İlkbahar ve sonbahar dönemi yapraklarda stoma geçirgenliği (mmol m^{-2} s^{-1})

	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								Tuz_{ort}
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
İlkbahar	T1	308	119	287	143	288	211	260	253	234b
	T2	369	255	362	225	314	244	288	272	291ab
	T3	377	258	472	270	449	298	377	354	357ab
	T4	425	414	500	293	495	342	404	333	401a
	Sk_{ort}	316		319		330		318		
	LSD	126								
	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								Tuz_{ort}
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
Sonbahar	T1	286	105	280	142	262	199	243	237	219b
	T2	361	236	338	205	297	232	291	273	279ab
	T3	358	240	433	268	401	276	360	332	334a
	T4	398	372	451	276	456	324	365	309	369a
	Sk_{ort}	295		302		306		301		
	LSD	103								

4.2 Meyve Kalitesi Bulguları

4.2.1. Ortalama Meyve Ağırlığı

İlkbahar ve sonbahar döneminde hasat sonu ölçülen ortalama meyve ağırlığı ile ilgili varyans analizi EK Çizelge 17 ve 18'de bunların LSD çoklu karşılaştırmaları ise Çizelge 4.31'de verilmiştir.

EK Çizelge 17'de ilkbahar döneminde hasat sonunda ortalama meyve ağırlıkları ölçülmüş ve meyve ağırlıkları üzerine çeşitlerin ve sulama düzeylerinin $P<0.01$ düzeyinde tuz düzeylerinin TxS ve ÇxTxS intaraksiyonları $P<0.05$ önem düzeyinde etki ettiği görülmektedir.

EK Çizelge 18'de sonbahar döneminde hasat sonunda ortalama meyve ağırlıkları ölçülmüş ve meyve ağırlıkları üzerine çeşitlerin sulama düzeylerinin tuz düzeylerinin ve ÇxS intaraksiyonunun $P<0.01$ düzeyinde ÇxT, TxS ve ÇxTxS intaraksiyonlarının ise $P<0.05$ önem düzeyinde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.31. İlkbahar ve sonbahar dönemi ortalama meyve ağırlıkları(g)

	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)										
		50		75		100		125		Tuz_{Ort}		
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada			
İlkbahar	T1	29.17Bab	40.13Ba	36.60Aa	46.73Aa	33.53ABab	48.17Aa	32.70ABa	37.67Bb	38.09		
	T2	31.67ABa	36.87BCa	35.47Aa	35.43Cb	28.07Bb	42.23ABab	33.33ABa	44.87Aa	35.99		
	T3	27.47Bab	35.93Ba	31.27ABab	42.33Aa	35.57Aa	38.53ABb	33.10ABa	35.67Bb	34.98		
	T4	24.47Bb	35.83Aa	29.00ABb	35.57Ab	31.37Aab	39.03Ab	35.10Aa	39.07Aab	33.68		
	SK_{ort}	32.69		36.55		37.06		36.44				
		LSD:6										
	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)										
		50		75		100		125		Tuz_{Ort}		
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada			
Sonbahar	T1	39.87Aa	49.53ABa	38.63ABa	55.03Ba	37.40ABa	67.43Aa	33.23Ba	46.93Bab	46.01		
	T2	34.00Aab	50.13Ba	35.90Aab	54.23ABa	32.07Aab	56.70Ab	37.03Aa	48.53Ba	43.57		
	T3	29.23Abc	45.73Bab	29.93Ab	45.43Bb	29.73Ab	60.50Ab	33.30Aa	45.67Bab	39.94		
	T4	27.47Ac	40.77Ab	30.17Ab	38.00Ac	30.37Ab	42.60Ac	25.30Ab	41.30Ab	34.50		
	SKort	39.59		40.92		44.60		38.91				
		LSD:6										

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları, küçük harflerise sütun boyunca tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir

Çizelge 4.31'de ilkbahar döneminde hasat sonunda yapılan meyve ağırlığı ölçümlerine ait LSD çoklu karşılaştırmasında Onur çeşidinde en yüksek ortalama meyve ağırlığı değeri T1 tuz ve KS-75 sulama konularında 36.60 g, Ada çeşidinde ise T1 ve TS-100 konularında 48.17 g olarak bulunmuştur. Sonbahar döneminde en yüksek ortalama meyve ağırlığı değerleri Onur çeşidinde T1 tuz ve KS-50 konularında 39.87 g ile en yüksek değerini alırken Ada çeşidinde T1 ve TS-100 konularında 67.43 g ile en yüksek değere sahip olmuştur. Denemede her iki yetiştirme döneminde ve her iki çeşitte ortalama meyve ağırlıkları sulama konularına göre dalgalanma gösterirken tuz düzeyi arttıkça ortalama meyve ağırlığıda azalmıştır. Elde edilen verilere göre sulama suyu tuzluluğu ve toprak tuzluluğu arttıkça biberde meyve ağırlığı azalmakta, dolayısıyla tuzlu ortamda verimdeki azalmanın diğer bir nedeninin de meyve ağırlıklarının azalması olarak düsünülmektedir. Öte yandan meyve ağırlıklarının azalmasına özellikle yüksek EC değerinde yapraklardan olan turgor kaybının fazla olması ve dolayısıyla bitkinin yeterli besini depolayamaması sonucunda meyvelerin yeterli büyüklüge ulaşamamasının neden olduğu düşünülmektedir. Araştırma sonunda meyve ağırlığına ilişkin elde edilen sonuçlar biberde Atay (2009), Pascale ve ark., (2003) ve Chartzoulakis ve Klapaki (2000) tarafından yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlar ile benzer bulunmuştur.

4.2.2. Meyve Rengi Ölçümleri (-a*, hue)

İlkbahar döneminde biberde uygulama konularına göre ölçülen a- = yeşil ve Hue açısı 180^o= yeşil renk ölçümleri ve bunların LSD çoklu karşılaştırma değerleri Çizelge 4.32'de verilmiştir. Renk ölçümleri ile ilgili varyans analiz sonuçları EK Çizelge 19'da ve 20'de verilmiştir. EK Çizelge 19'da ölçümlerinden -a=yeşil renge ait varyans çizelgesinde meyve rengi üzerine çeşitlerin etkisi $P<0.01$ iken sulama konuları ve çeşit x sulama(ÇxS) intaraksiyonu meyve rengi üzerine $P<0.05$ etki etmiştir. EK Çizelge 20'de sarı renkten yeşil renge doğru değişimi ifade eden Hue açısına (90^o-180^o) ait varyans çizelgesinde meyve rengi üzerine çeşitlerin etkisi $P<0.01$ iken sulama konularının meyve rengi üzerine etkisi $P<0.05$ düzeyinde olmuştur. İlkbahar döneminde herhangi bir intaraksiyon etkisi olmamıştır.

Çizelge 4.32. İlkbahar dönemi yetiştiriciliğinde meyve -a*, h^0 değerleri

	Tuz konuları	Sulama Konuları(SK)								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
-a*	T1	-18.58	-15.37	-18.18	-17.05	-18.23	-16.81	-17.43	-16.22	-17.23
	T2	-18.64	-15.17	-17.63	-15.63	-18.18	-16.66	-17.54	-15.50	-16.87
	T3	-18.72	-17.05	-18.11	-15.27	-18.62	-16.81	-17.87	-16.18	-17.33
	T4	-18.94	-16.21	-17.86	-16.38	-18.10	-16.68	-17.84	-15.76	-17.22
	Çeşit LSD:0.6	-18.72a	-15.95b	-17.95b	-16.08b	-18.28ab	-16.74a	-17.67b	-15.91b	
	SK_{ort}	-17.33AB		-17.01BC		-17.51A		-16.79C		
		SK: LSD: 0.5								
		Sulama Konuları (SK)								
h^0	Tuz konuları	KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
	T1	119	112	119	114	118	114	119	114	116
	T2	118	111	119	114	119	113	119	112	116
	T3	118	114	118	114	119	114	119	114	116
	T4	118	112	119	113	119	114	118	113	116
	Çeşit LSD:0.9	118a	112b	119a	114a	119a	114a	119a	113a	
	SK_{ort}	115.29B		116.25A		116.37A		115.96AB		
		SK LSD: 0.7								

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise satır boyunca çeşitler arasındaki farkları göstermektedir

Çizelge 4.32'de ilkbahar döneminde hasat sonunda yapılan meyve rengi ölçümlerine ait LSD çoklu karşılaştırmasında -a*=yeşil renk üzerine ÇxS intaraksiyonunda Onur çeşidinde KS-50 sulama konusunda -a* değeri -18.72 ile ilk sırayı alırken, Ada çeşidinde ise TS-100 konusunda -16.74 ile ilk sırayı almıştır. Ölçülen -a* değeri Onur çeşidinde 17 ile 19 arasında değişim göstermiştir. Bu değerler açık yeşil rengi ifade etmektedir. Ada çeşidinde ise -a* değeri 15 ile 18 arasında değişirken sarı-yeşil rengi ifade etmektedir. Denemede, Onur çeşidinin -a* değeri KS-50 ve TS-100 konularında aynı grup içinde yer alırken meyve renginde bir değişiklik olmadığını KS-75 ve AS-125 konularında ise aynı grupta yer alması meyve renginin az da olsa açılmış olduğunu göstermektedir. Ada çeşidinde ise -a* değeri sulama konularına göre farklılık göstermiştir. Tam sulama konusunda (TS-100) meyve rengi kontrol konusu ile aynı renk düzeyinde yer alırken (yeşil-sarı), hem kısıntılı sulama konularında(KS-50 ve KS-75) hem de aşırı sulama konularında(AS-125) rengin açıldığı (sarı renk) görülmüştür. Sulama konularına göre çeşitlerin -a* değeri -17.51 ile ilk sırada yer alırken AS-125 konusunda -16.79 ile en düşük değerde yer almıştır. Genel olarak sulama düzeylerinin artışı meyve renginin üzerine etkili olmuştur. Tuz düzeyleri her iki çeşidin rengi üzerine etkili olmamıştır. Hue açısı Onur çeşidinde 119^o ile yeşil alanda olurken, Ada çeşidinde 114^o ve 112^o arasında yer alarak sarı-yeşil bölge içinde kalmıştır.

Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde meyve -a* ve h^0 değerlerine ait LSD çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.33'de verilmiştir. Ayrıca, varyans analiz sonuçları EK Çizelge 21 ve 22'de verilmiştir.

EK Çizelge 21'de sonbahar döneminde hasat sonunda yapılan meyve rengi ölçümlerinden -a*=yeşil renge ait varyans çizelgesinde meyve rengi üzerine çeşitlerin tuz düzeylerinin ÇxT, TxS ve ÇxTxS intaraksiyonlarının etkisi $P<0.01$ iken sulama konuları meyve rengi üzerine $P<0.05$ düzeyinde etki etmiştir. EK Çizelge 22'de sonbahar döneminde hasat sonunda yapılan meyve rengi ölçümlerinden sarı renkten yeşil renge doğru değişimi ifade eden Hue açısına (90-180) ait varyans çizelgesinde meyve rengi üzerine çeşitlerin ÇxT, TxS ve ÇxTxS intaraksiyonları $P<0.01$ düzeyinde etki etmiştir.

Çizelge 4.33. Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde meyve -a*ve h^0 değerleri

	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
a*	T1	-15.41Bab	-15.87Ba	-14.80Bb	-17.58Aa	-16.71Aa	-17.71Aa	-15.55ABbc	-16.57ABab	- 16.27a
	T2	-15.73ABa	-16.56ABa	-16.16Aa	-15.82Bbc	-15.78ABab	-17.27Aa	-14.74Bc	-17.54Aa	- 16.20a
	T3	-16.05Aa	-16.28Aa	-16.33Aa	-16.73Aab	-16.11Aab	-14.96Bb	-16.94Aa	-16.76Aab	- 16.27a
	T4	-14.44Bc	-16.12Aa	-15.21ABab	-15.03Ac	-15.23ABb	-15.28Ab	-16.33Aab	-15.73Ab	- 15.42b
	SK_{ort}	-15.81B		-15.95AB		-16.13AB		-16.27A		
		LSD: 1								

	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
h^0	T1	120Bb	117Aa	123Aa	118Aa	121Bb	118Aa	123Ab	116Aa	120
	T2	123ABa	117Aa	123ABa	117Aa	123ABab	116Aa	125Aa	118Aa	120
	T3	124Aa	115Aa	123Aa	116Aa	123Aab	117Aa	122Ab	116Aa	120
	T4	125Aa	116Aa	124ABa	117Aa	124ABa	116Aa	122Bb	117Aa	120
	SK_{ort}	120		120		120		120		
		LSD: 2								

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.33'de sonbahar döneminde hasat sonunda yapılan meyve rengi ölçümlerine ait LSD çoklu karşılaştırmasında -a*=yeşil renk üzerine ÇxTxS üçlü intaraksiyonu etki etmektedir. Onur çeşidinde en yüksek -a* değeri T3 ve AS-125 konularında -16.94, Ada çeşidinde ise T1 tuz düzeyi ve TS-100 konularında -17.71 olmuştur. Onur çeşidinde sulama konularına göre TS-100 konusunda, T1 tuz düzeyinde -16.71 olarak ilk sırada yer alırken T2 tuz düzeyinde ve KS-75 sulama konusunda -16.16 ile ilk sırada yer almıştır. Tüm sulama konularına ilişkin -a* değerleri, T3 tuz düzeyinde aynı grupta yer almıştır. T4 tuz düzeyinde AS-125 konusu -16.33 ile ilk sırayı alırken KS-50 konusunda -14.44 ile en düşük değeri almıştır. AS-125 sulama konusunda -16.94 ve -16.33 değerleri ile ilk sırada yer almıştır. Onur çeşidi KS-50 ve KS-75 konularında T2 ve T3 tuz düzeyinde en yüksek değeri alırken AS-125 konusunda T3 tuz düzeyi ilk sırada yer almıştır.

Ada çeşidi de sulama konularına göre -a* değerleri farklılıklar gösterirken KS-50 sulama konusundaki tuz düzeyleri arasında fark çıkmamış ve hepsi aynı grupta yer almıştır. Ayrıca, tam sulama (TS-100) konusunda T1 ve T2 tuz düzeyleri aynı grupta yer almıştır.

Hue (h^o) açısı Onur çeşidinde T4 tuz düzeyi ile KS-50 sulama konusunda ayrıca, T2 tuz düzeyi ve AS-125 konularında 125 ile en yüksek değerini almıştır. Ada çeşidinde ise T1 tuz düzeyinde ve KS-75 ve TS-100 sulama konularında ayrıca, T2 tuz düzeyi ile AS-125 konularında 118 değeri ile en yüksek değere sahip olmuştur.

Sonbahar döneminde genel olarak her iki çeşit için tuz düzeyi ve sulama düzeyi artışı meyve rengine etki etmiştir. Özalp (2008) biber saf hatlarının morfolojik özellikleri ile ilgili yaptığı çalışmada toplam 33 adet biber saf hattının renk ölçümlerini yapmış ve Hue açı değerinin 107^o ile 112^o arasında değiştiğini -a* değerinin ise -16 ile -12 arasında olduğunu belirtmiştir.

Elde ettiğimiz hue açı değerleri 90^o-180^o ve -a* değerleri (yeşil renk) bu çalışmada sadece genotiplerin renk değerlendirmesi açısından benzer bulunmuştur.

4.2.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM)

Dönemlere göre ölçümleri yapılan suda çözünebilir kuru madde miktarlarına (SÇKM) ait varyans analizleri EK Çizelge 23 ve 24'de verilmiştir. Dönemlere ait LSD çoklu karşılaştırma değerleri Çizelge 4.34'de verilmiştir.

EK Çizelge 23'de ilkbahar döneminde hasat sonunda yapılan meyvede SÇKM üzerine çeşitlerin tuz düzeylerinin ÇxT, ÇxS, TxS ve ÇxTxS intaraksiyonları $P<0.01$ önem düzeyinde etki etmiştir.

EK Çizelge 24'de sonbahar döneminde hasat sonunda ölçümleri yapılan meyvede SÇKM miktarları üzerine tuz düzeylerinin ÇxS, TxS ve ÇxTxS intaraksiyonlarının $P<0.01$ önem düzeyinde etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.34. İlkbahar ve sonbahar dönemi SÇKM değerleri

	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		Tuz_{Ort}
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
İlkbahar	T1	2.83Bc	2.97Ac	3.07Bc	3.17Ab	3.83Aa	3.13Ab	3.87Ab	3.10Ab	3.25
	T2	4.07ABb	3.27Abc	4.60Aa	3.07Ab	3.90Ba	3.40Ab	4.50Aa	2.87Ab	3.71
	T3	4.97Aa	3.83Aa	4.00Bb	3.87Aa	4.00Ba	4.17Aa	4.87Aa	4.07Aa	4.22
	T4	4.67Aa	3.77Aab	4.17ABab	3.77Aa	3.87Ba	3.40ABb	4.47Aa	3.23Bb	3.92
	SK_{ort}	3.80		3.72		3.71		3.87		
	LSD:0. 6									
Sonbahar	Tuz konuları	Sulama Konuları (SK)								Tuz_{Ort}
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125		
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	
	T1	4.20Aab	3.43Cb	4.03Ab	4.83Aa	4.23Aab	4.20Ba	4.33Aa	4.70ABa	4.24
	T2	4.57Aab	4.17Aa	4.13Ab	4.20Ab	4.30Aab	4.67Aa	4.07Aa	4.47Aab	4.32
	T3	4.77Aa	4.30Aa	4.87Aa	4.20Ab	4.57ABa	4.70Aa	4.17Ba	4.70Aa	4.54
	T4	4.13Ab	4.30Aa	4.17Ab	4.07Ab	3.93Ab	4.13Aa	3.93Aa	3.93Ab	4.07
	SK_{ort}	4.23		4.31		4.34		4.29		
	LSD:0.5									

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir

Çizelge 4.34'de ilkbahar döneminde hasat sonunda yapılan SÇKM ölçümlerine ait LSD çoklu karşılaştırmasında Onur çeşidinde en yüksek SÇKM değeri T3 tuz düzeyi ve KS-50 konularında 4.97, Ada çeşidinde ise T3 tuz düzeyi ve TS-100 konularında 4.17 olmuştur. İlkbahar döneminde Onur çeşidinde hemen hemen tüm tuz düzeylerinde AS-125 sulama konusunda SÇKM miktarlarının aynı grup içinde yer aldığı görülmektedir. Ada çeşidinde ise T4 tuz düzeyi dışında tüm sulama konularında SÇKM miktarıları arasında fark çıkmazken, T4 tuz düzeyinde ve KS-50 ile KS-75 sulama konularında 3.77 değeri ile aynı grupta yer almıştır. Sonbahar döneminde en yüksek SÇKM değerleri Onur çeşidinde T3 tuz ve KS-75 konularında 4.87 ile en yüksek değerini alırken Ada çeşidinde T1 tuz düzeyinde ve KS-75 sulama konularında 4.83 ile en yüksek değere sahip olmuştur. Sonbahar döneminde Onur çeşidinin SÇKM miktarları T3 tuz düzeyinde, TS-100 sulama konusundaki 4.57 ve AS-125 sulama konusundaki 4.17değerleri dışında farklılık göstermezken, Ada çeşidinde T1- KS-50 konusunda 3.43 ile T1-AS-125 konusundaki 4.70 değeri dışında diğer konular arasında SÇKM miktarlarında fark bulunmamıştır. SÇKM miktarları tuz düzeylerine göre incelendiğinde ilkbahar döneminde Onur çeşidinin tam sulama (TS-100) konusunda tüm tuz düzeylerinde aynı grupta yer aldığı görülmektedir. SÇKM miktarları genel olarak T3 tuz düzeyine artış gösterirken T4 konusunda azalma göstermiştir. Ada çeşidinde ise KS-75 sulama konusunda T3 ve T4 tuz düzeyinde aynı grupta yer almıştır. Genel olarak Ada çeşidinde de T3 tuz düzeyinden sonra azalma meydana gelmiştir. Sulama suyu miktarının artması Onur çeşidinde SÇKM miktarında artış gösterirken, Ada çeşidinde kısıntılı su konularında en yüksek SÇKM değerleri elde edilmiştir. Erken (2004), Çanakkale'de California Wonder biberlerinin sulama programını belirleme çalışmasında, meyvelerin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarlarının % 9.3 ile % 6.5 arasında değiştiğini ve sulama suyu miktarı azaldıkça suda çözünebilir kuru madde miktarının arttığını bildirmiştir. Özalp (2008)'in yaptığı çalışmada, biber saf hatlarına ait SÇKM değerlerinin % 3.6 ile % 5.9 arasında değiştiğini bildirmiştir. Denemede elde ettiğimiz bu sonuçlar Ada çeşidi ile uyumlu bulunurken Onur çeşidinde ilkbahar döneminde farklılık göstermiştir. Bu farklılık Erken ve Özalp'in yaptığı çalışmalardan elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere çeşit

farklılıklarının ve uygulama farklılıklarının SÇKM oranı üzerine etkili olduğunu göstermektedir.

4.2.4. Meyvede C Vitamini İçeriği

İlkbahar ve sonbahar dönemlerine ait meyvelerdeki C vitamini içeriklerinin varyans analizleri EK Çizelge 25 ve 26' da analiz sonuçları ile ilgili LSD çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.35'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. İlkbahar ve sonbahar dönemi C vitamini değerleri (mg 100^{-1})

	Tuz konuları	Sulama Konuları							
		Ç x T x S(%1)							
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
İlkbahar	T1	154Ac	130Ac	152Bc	117Bc	151Bc	101Cc	148Cc	97Cc
	T2	169Ab	146Bb	155Cc	155Ab	158BCb	151ABa	161Bb	130Cb
	T3	174Ab	145Ab	162Bb	134Ba	161Bb	143Ab	159Bb	136Ba
	T4	193Aa	161Aa	178Ba	160Aa	177Ba	156Aa	168Ca	142Ba
	Sk_{ort}	159		152		150		143	
	LSD	6							
	Tuz (dSm^{-1})	Sulama Konuları							
		Ç x T x S(%1)							
		KS-50		KS-75		TS-100		AS-125	
		Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada	Onur	Ada
Sonbahar	T1	185Ac	157Ad	183Ac	141Bc	182Ac	122Cd	178Ac	117Cc
	T2	204Ab	177Ac	193Bb	174Ab	191Bb	162Bc	186Bb	156Bb
	T3	210Ab	186Ab	196Bb	181Ab	194Bb	173Bb	191Bb	164Ca
	T4	232Aa	194Aa	214Ba	193Aa	214Ba	188Aa	203Ca	171Ba
	Sk_{ort}	193		184		178		171	
	LSD	7							

*Büyük harfler satır boyunca sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise sütun boyunca tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.35'de görüldüğü gibi ilkbahar döneminde en yüksek C vitamini içeriği Onur ve Ada çeşidinde T4 tuz düzeyi ve KS-50 sulama konusunda sırasıyla 193 mg 100 g^{-1} ve 161 mg 100 g^{1} olarak bulunmuştur. Sonbahar döneminde ise en

yüksek C vitamini içeriği her iki çeşitte yine T4 tuz düzeyi ve KS-50 sulama konusunda sırasıyla 232 mg 100 g^{-1} ve 194 mg 100 g^{-1} olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.35'de her iki çeşit için ilkbahar ve sonbahar döneminde biber meyvelerinin C vitamini içerikleri üzerine ÇxTxS intaraksiyonu P<0.01 düzeyinde etki etmiştir. Meyvelerdeki C vitamini içeriklerinin sulama konuları arttıkça azaldığı görülmüştür. Tuz düzeylerindeki C vitamini içeriği ise her iki çeşit için tuz düzeyi arttıkça C vitamini içeriğinin arttığı görülmüştür. Erken (2004), Çanakkale'de California Wonder biberlerinin sulama programını belirleme çalışmasında, C vitamini değerlerinin 135 mg 100 g^{-1} ile 115 mg 100 g^{-1} arasında değiştiğini ve sulama suyu miktarı arttıkça C vitamini miktarının azaldığını bildirmiştir. Ayrıca, İnal ve ark., (2006)'da C vitamini içeriğinin biberde kontrol konusunda 144 mg100g-1 bulurken NaCl uygulaması konusunda 154 ve gübre konusunda 164 mg100g-1 olarak bulmuşlar ve tuzlulugun hem iyonik hem de ozmotik etkisi nedeniyle domates ve biber bitkilerinin C vitamini içeriklerinin arttığını domates ve biber bitkilerinin C vitamini içeriğindeki artışın genellikle sera topraklarında daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda C vitamini değerleri sulama konularına göre azalırken tuzluluk artışına paralel bir artış göstermiştir. Bu bakımdan elde edilen sonuçlar bu çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

4.3. Bitkilerin Mineral Madde İçerikleri

4.3.1. İyon Analizleri

Onur ve Ada çeşidine ait İlkbahar dönemine ait yaprak ve köklerdeki iyon analizleri (K, Ca, Na) ile ilgili değerler Çizelge 4.38'de çoklu karşılaştırma değerleri Çizelge 4.36'da, varyans analizleri ise yapraklarda EK Çizelge 27,28, ve 29'da köklerdeki varyans analizleri EK Çizelge 30, 31 ve 32'de verilmiştir. İyon analizlerindeki % birimi, 100 g kuru madde içerisindeki gram olarak iyon miktarını ifade etmektedir. Onur çeşidinde yapraklardaki en yüksek potasyum değeri T1 tuz düzeyinde ve TS-100 sulama konusunda 7.01g olurken, Ada çeşidinde T1 tuz düzeyinde ve KS-75 sulama konusunda 7.04 g bulunmuştur.

Çizelge 4.36. İlkbahar dönemi yaprak ve kök aksamı iyon analizleri(g 100 g^{-1})

Tuz Konuları	Sulama konuları	Yaprak						Kök				TxS(%1)		
		Ç x T x S(%1)						Ç x T x S(%1)						
		Onur			Ada			Onur			Ada	Kök		
		K	Ca	Na	K	Ca	Na	Ca		Na	Ca	K	Ca	Na
T1	KS-50	6.82Ba	2.24Cd	0.07Ac	6.83Ba	4.46Ca	0.06Ad	1.39Dd		0.06Ad	1.45Cd	1.48ABa		0.07Ad
	KS-75	6.09Ca	2.34Cc	0.07Ad	7.04Aa	4.78Ba	0.08Ad	1.52Cd		0.08Ad	1.58Bc	1.50Aa		0.08Ad
	TS-100	7.01Aa	4.21Ba	0.09Ad	6.45Da	4.82ABa	0.08Ad	1.63Bd		0.08Ad	1.67ABc	1.37Ca		0.08Ad
	AS-125	6.88ABa	5.90Ac	0.09Ad	6.58Ca	4.93Aa	0.07Ad	1.74Ad		0.07Ad	1.69Ad	1.41BCa		0.09Ad
T2	KS-50	5.68Ab	2.45Db	0.14Bc	5.23Cb	3.65Db	0.14Bc	1.69Bc		0.14Bc	1.56Cc	1.41Aab		0.80Dc
	KS-75	5.34Bb	2.57Cb	0.16Bc	5.87Ab	3.78Cb	0.17Bc	1.75Bc		0.17Bc	1.66BCc	1.37ABb		0.96Cc
	TS-100	4.82Cb	2.77Bd	0.29Ac	5.23Cb	4.45Bb	0.27Ac	1.88Ac		0.27Ac	1.72Bc	1.36ABa		1.08Bc
	AS-125	4.68Db	6.34Aa	0.33Ac	5.58Bb	4.87Ab	0.32Ac	1.94Ac		0.32Ac	1.88Ac	1.31Bb		1.14Ac
T3	KS-50	3.54Bc	2.34Dbc	0.36Cb	4.86Ac	2.35Cc	0.39Bb	2.04Ab		0.39Bb	1.78Cb	1.35Ab		1.15Cb
	KS-75	3.76Ac	2.73Ca	0.44Bb	4.53Bc	2.78Bc	0.45Bb	2.06Ab		0.45Bb	1.96Bb	1.31Ab		1.19BCb
	TS-100	2.15Cc	3.55B	0.49Bb	4.21Cc	2.89Bc	0.54Ab	2.06Ab		0.54Ab	2.10Ab	1.27ABb		1.24ABb
	AS-125	2.24Cc	6.17Ab	0.61Ab	3.87Db	3.21Ab	0.60Ab	2.11Ab		0.60Ab	2.13Ab	1.21Bc		1.28Ab
T4	KS-50	2.05Ad	2.68Ca	1.37Da	2.46Ad	1.66Bd	1.56Da	2.25Ba		1.56Da	2.38Ba	1.22Ac		1.23Ca
	KS-75	1.86Bd	2.77Ca	1.87Ca	1.90Bd	1.69ABd	1.86Ca	2.31ABa		1.86Ca	2.41Ba	1.17ABc		1.29Ca
	TS-100	1.65Cd	3.01Bc	2.31Ba	1.38Cd	1.72ABd	2.10Ba	2.34ABa		2.10Ba	2.43Ba	1.13Bc		1.35Ba
	AS-125	1.74BCd	3.28Ad	2.68Aa	0.82Dc	1.79Ac	2.52Aa	2.38Aa		2.52Aa	2.55Aa	0.95Cd		1.41Aa
	LSD	0.13	0.12	0.07	0.12	0.12	0.07	0.09		0.07	0.09	0.09		0.05

*Büyük harfler sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir. Sütunlar kendi içerisinde değerlendirilmiştir. SK: Sulama konuları; Ç: Çeşitler T: Tuz düzeyleri; S: Sulama düzeyleri

Çizelge 4.36'da ilkbahar döneminde hasat sonunda yapılan yaprak ve köklerdeki iyon analizlerine ait LSD çoklu karşılaştırması verilmiştir. Çizelgede yapraklardaki ve köklerdeki analizi yapılan değerlerin LSD çoklu karşılaştırma harflendirmesinde büyük harfler her bir tuz düzeyindeki sulama konularını belirtmek için kullanılmıştır. Küçük harfler ise her bir sulama konusundaki tuz düzeylerini göstermektedir.

Yapraklardaki K, Ca ve Na iyonları ve köklerdeki Ca iyonları üzerine ÇxTxS intaraksiyonu, köklerdeki K ve Na iyonları üzerine TxS intaraksiyonu $P<0.01$ düzeyinde etki etmiştir. Her iki çeşitte yapraklardaki potasyum miktarı tuzluluk düzeyi arttıkça azalmıştır. Onur çeşidinde T1 (kontrol) tuz düzeyinde TS-100 sulama konusunda 7.01g Ada çeşidinde 7.04g ile KS-75 sulama konusunda en yüksek değerini alırken, en düşük potasyum miktarı Onur çeşidinde T4 tuz düzeyinde ve KS-50 sulama konusunda 2.05 g, Ada çeşidinde ise 2.46 g ile KS-50 sulama konusunda belirlenmiştir.

Yapraklardaki kalsiyum miktarları her iki çeşitte tüm tuz düzeylerindeki sulama konularından AS-125 sulama konusunda ilk sırayı almıştır. Sulama miktarının artışı ile yapraklardaki kalsiyum miktarının Onur çeşidinde T3 tuz düzeyi ve AS-125 sulama konusuna kadar arttığını, tuz miktarının artışı ile de T4 ve AS-125 konusunda azaldığı görülmektedir. Ada çeşidinde ise T2 ve AS-125 sulama konusuna kadar yükseldiği ve tuzluluğun artışı ile düştüğü görülmektedir.

Yapraklarda sodyum miktarı her iki çeşitte, kontrol konusunda (T1) aynı grupta yer alırken sulama suyu miktarı ve tuz düzeyinin yükselmesi ile artış göstermiştir. Kökteki kalsiyum miktarları üzerine üçlü intaraksiyonun etkili olduğu görülmekte ve her iki çeşitte tuzluluğun ve sulama suyu artışı ile kalsiyum miktarının arttığı görülmektedir. Ada çeşidinde kalsiyumun köklerde yapraklardan daha fazla bulunması çeşidin kalsiyumu alamadığını göstermektedir.

Sulama konularına göre tuz düzeylerindeki yaprakların iyon içerikleri incelendiğinde her iki çeşidinde potasyum içeriklerinin T1 kontrol konusunda aynı grupta yer aldığı ve tuz miktarının artışı ile de azaldığı belirlenmiştir.

Kalsiyum miktarlarında ise Onur çeşidinde T4 tuz düzeyinde KS-50 ve KS-75 konularında 2.68 - 2.77 g ile Ada çeşidinde T1 tuz düzeyinin tüm sulama

konularında aynı grupta yer almıştır. Ada çeşidinin tuz stresinde Onur çeşidine göre kalsiyumu alamadığını göstermektedir.

Sodyum miktarı her iki çeşitte tuzluğun yüksek olduğu T4 konusunda aynı grupta yer almıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre tuzlu su kullanımı ile yapraklarda sodyum miktarının artışı beklenen bir durumdur. Aynı zamanda bitkilerin tuz stresinden etkilenmesi özellikle potasyum miktarının düşmesi ve sodyum miktarının artması sebebiyle oluşmakta ve bunun sonucunda verim ve verim bileşenlerinin azalmasına neden olmaktadır.

Onur ve Ada çeşidine ait sonbahar dönemine ait yaprak ve köklerdeki iyon analizleri (K,Ca,Na) ile ilgili çoklu karşılaştırma değerler Çizelge 4.35'de yapraklardaki varyans analizleri EK Çizelge 33,34 ve 35'de köklerdeki varyans analizleri EK Çizelge 36, 37 ve 38'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Sonbahar dönemi yaprak ve kök aksamı iyon analizleri(g 100 g^{-1})

Tuz konuları	Sulama konuları	Yaprak						Kök		TxS(%1)	
		Ç x T x S(%1)						Ç x T x S(%1)			
		Onur			Ada			Onur	Ada	Kök	
		K	Ca	Na	K	Ca	Na	Ca	Ca	K	Na
T1	KS-50	5.09Da	1.92Dd	0.04Ad	3.82Da	3.30Ca	0.04Ad	1.23Dd	1.22Cd	1.37Aa	0.05Ac
	KS-75	5.82Ca	2.02Cc	0.06Ad	4.77Ca	3.62Ba	0.06Ad	1.36Cd	1.35Bc	1.39Aa	0.06Ac
	TS-100	5.88Ba	3.89Ba	0.08Ad	5.15Ba	3.66Ba	0.06Ad	1.47Bd	1.44Ac	1.28Ba	0.06Ac
	AS-125	6.07Aa	5.58Ab	0.08Ad	5.36Aa	3.77Aa	0.05Ad	1.58Ad	1.46Ad	1.30Ba	0.07Ad
T2	KS-50	3.68Db	2.13Db	0.13Bc	3.15Db	2.49Db	0.12Bc	1.53Bc	1.33Cc	1.30Aa	0.78Db
	KS-75	4.34Bb	2.25Cb	0.26ABc	4.19Ab	2.62Cb	0.15Bc	1.59Bc	1.43Bc	1.26Ab	0.94Cb
	TS-100	4.68Ab	3.45Bb	0.28Ac	3.55Cb	3.29Bb	0.25Ac	1.72Ac	1.49Bc	1.25Aa	1.06Bb
	AS-125	3.82Cb	4.02Ac	0.32Ac	3.9Bb	3.71Ab	0.30Ac	1.78Ac	1.65Ac	1.22ABa	1.12Ac
T3	KS-50	2.54Bc	2.02Dc	0.34Cb	2.19Dc	1.19Cc	0.37Bb	1.68Bb	1.71Bb	1.27Ab	1.13Ca
	KS-75	2.76Ac	2.41Ca	0.42Bb	2.85Bc	1.62Bc	0.43Bb	1.73Bb	1.73Bb	1.19Bb	1.17Ba
	TS-100	1.15Cc	3.23Bc	0.47Bb	3.18Ac	1.73Bc	0.52Ab	1.91Ab	1.87Ab	1.16Bab	1.22Aa
	AS-125	1.24Cc	5.85Aa	0.59Ab	2.53Cc	2.05Ac	0.58Ab	1.95Ab	1.90Ab	1.10Cb	1.26Ab
T4	KS-50	1.05Ad	2.31Da	1.82Ca	1.94Ad	1.31Bd	1.50Da	2.13Aa	2.15Ba	1.09Ac	1.17Ca
	KS-75	0.86Bd	2.45Ca	1.85Ca	1.38Bd	1.34Ad	1.78Ca	2.15Aa	2.18Ba	1.06Ac	1.21Ba
	TS-100	0.65CDd	2.69Bd	2.12Ba	0.86Cd	1.37Ad	2.02Ba	2.18Aa	2.31Aa	1.02ABb	1.27Aa
	AS-125	0.74Cd	2.96Ad	2.35Aa	0.31Dd	1.44Ad	2.41Aa	2.22Aa	2.32Aa	0.84Bc	1.32Aa
	LSD	0.12	0.12	0.07	0.12	0.12	0.07	0.09	0.09	0.09	0.05

*Büyük harfler sulama konuları arasındaki farkları, küçük harfler ise tuz düzeyleri arasındaki farkları göstermektedir. Sütunlar kendi içerisinde değerlendirilmiştir. SK: Sulama konuları Ç: Çeşitler T: Tuz düzeyleri S: Sulama düzeyleri

Çizelge 4.37'de sonbahar döneminde yapraklardaki K, Ca ve Na iyonları ve köklerdeki Ca iyonları üzerine ÇxTxS intaraksiyonu, köklerdeki K ve Na iyonları üzerine TxS intaraksiyonu P<0.01 düzeyinde etki etmiştir. Onur ve Ada çeşidinde yapraklardaki en yüksek potasyum değeri T1 tuz düzeyinde ve AS-125 konusunda sırasıyla 6.07 g ve 5.36 g olarak bulunmuştur. Potasyum miktarı tuzululuk düzeyi arttıkça azalmıştır. Sonbahar döneminde çeşitlerin yaprakve köklerdeki iyon miktarlarının tepkileri ilkbahar dönemi ile aynı olmuştur.

Elde edilen bulgular Chartzoulakis ve Klapaki (2000) yaptıkları çalışmada iki biber çeşidinin yetişme dönemlerinde NaCl tuzluluğuna tepkilerini araştırmışlar ve NaCl uygulamalarının yapraklardaki ve köklerdeki K oranını azaltırken Na oranını yükselttiğini bildirmişlerdir.

De Pascale ve ark., (2003), yaptıkları çalışmada biber bitkisinin tuzluluğa ve kuraklığa tepkilerini belirlemeye çalışmışlar ve kontrol konusu olarak EC değeri 0.5 dS m^{-1}olan sulama suyu ile EC değerleri 4.4 ve 8.5 dS m^{-1} olan sulama sularını kullanmışlar ve biberlerde tuzluğun artışı ile Ca ve Na miktarlarının arttığını, potasyum miktarının düştüğünü bildirmişlerdir.

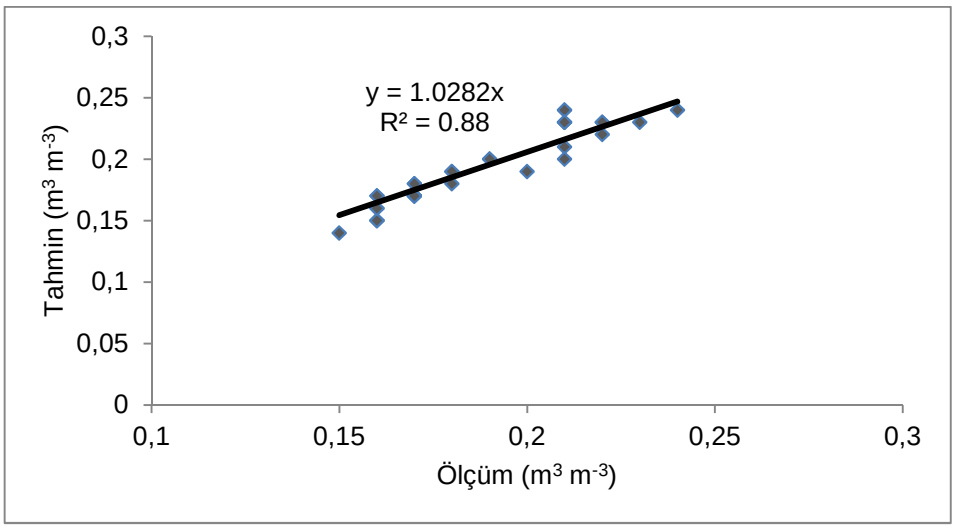
İnal ve ark., (2006) biber bitkilerinin K içeriğinin NaCl tuzlulugundan etkilenerek azaldığını ve NaCl uygulamasına baglı olarak Na içeriğinin arttığını ve hem iyonik hem de ozmotik etkiden dolayı bitkilerin gelismesini özellikle K ve Ca alımlarına engellediğini bildirmişlerdir. Denemede elde ettiğimiz sonuçlarda tuz düzeyinin artışı ile özellikle potasyum miktarı azalırken sodyum miktarı artması bu çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

4.4. Saltmed Modelinin Değerlendirilmesi

4.4.1. SALTMED Modelinin Kalibrasyonu

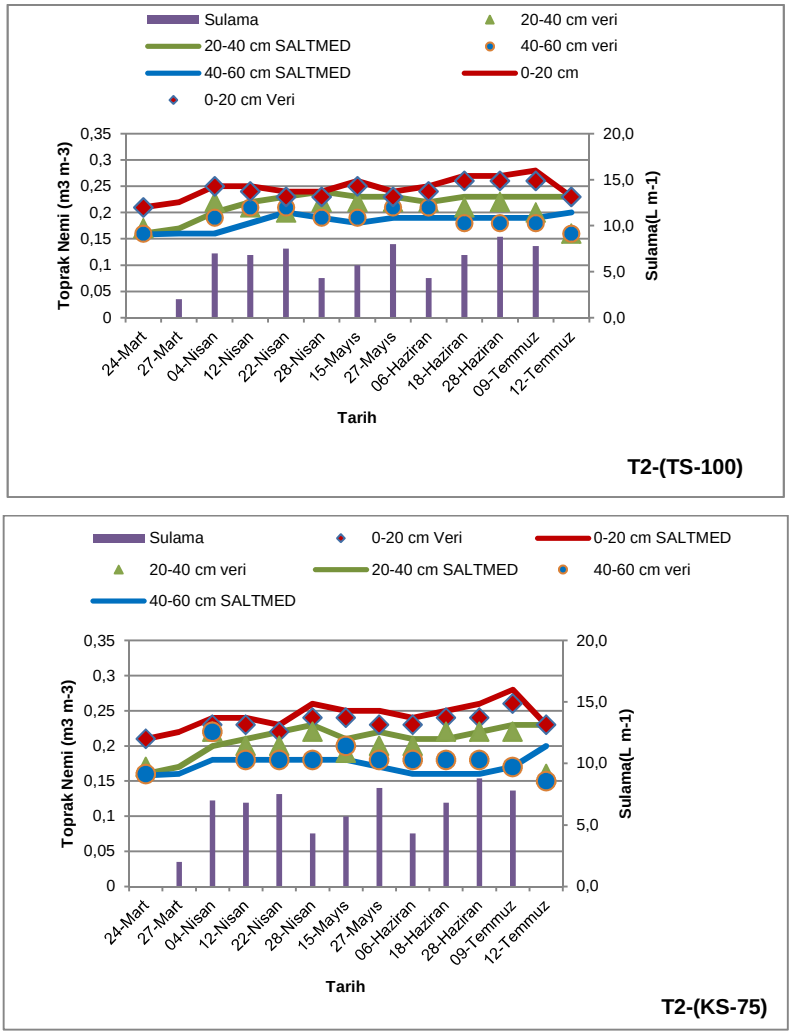
SALTMED modeli, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde ölçülen toprak su içeriği değerleri kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon tek çeşitte (Onur) yapılmıştır. Model ilk olarak kontrol parselinden T1 tuz ve KS-50 sulama konusunda kalibre edilmiş (Şekil 4.27), daha sonra diğer tuz ve sulama konularını

içeren 16 konu için kalibrasyon tamamlanmıştır. Modelin kalibrasyonu için verimin %50 azaldığı ozmotik basınç değeri olan tuz stres parametresi π_{50} kullanılarak yapılmıştır. Bitki yetiştirme dönemlerine göre başlangıç, orta ve hasat sonu π_{50} değerleri ilkbahar döneminde sırasıyla 7.5, 9.5 ve 11.5, sonbaharda ise 9.5, 11.5 ve 13.5 olarak alınmıştır. Bununla birlikte kalibrasyonda ölçülen bitki ve toprak parametreleri ile birlikte FAO-56 (Rameshwaran ve ark. 2014)'dan alınan Kc ve Kcb katsayıları kullanılmıştır. Kalibrasyondan sonra bazı konulardaki ölçülen ve tahmin edilen toprak nem değerleri (Şekil 4.28 ve 4.29) ile ilkbahar ve sonbahar dönemlerindeki korelasyonları incelenerek model test edilmiştir (Şekil 4.30 ve 4.31).

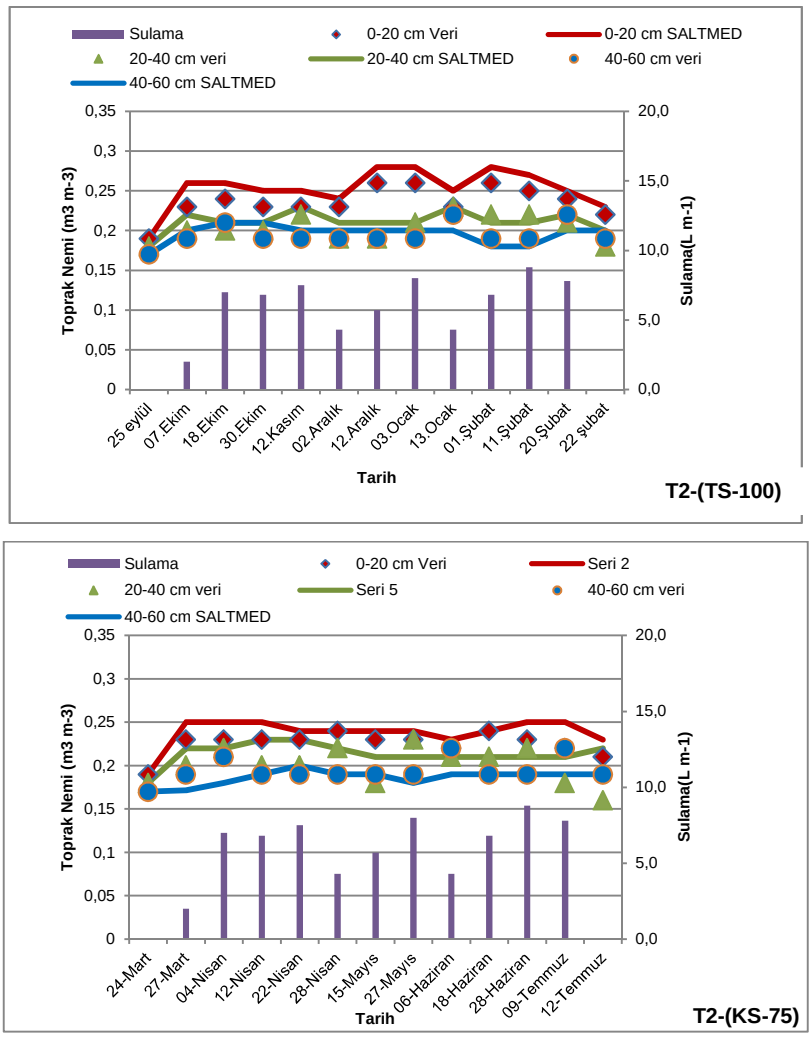


Şekil 4.27. İlkbahar dönemi T1 KS-50 konusunda ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişki

Şekil 4.27'de görüldüğü üzere ilkbahar döneminde, toprak su içeriğinin ölçülen ve tahmin edilen değerleri arasında R^2=0.88 oranında iyi bir korelasyon olduğu belirlenmiştir.

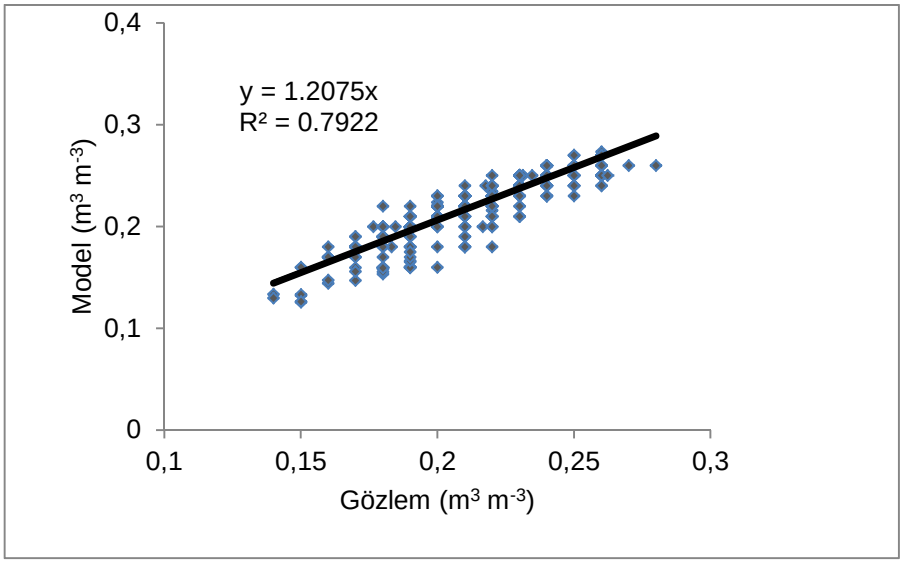


Şekil 4.28. İlkbahar dönemi T2 TS-100 konusu ve T2 KS-75 konusunda ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri

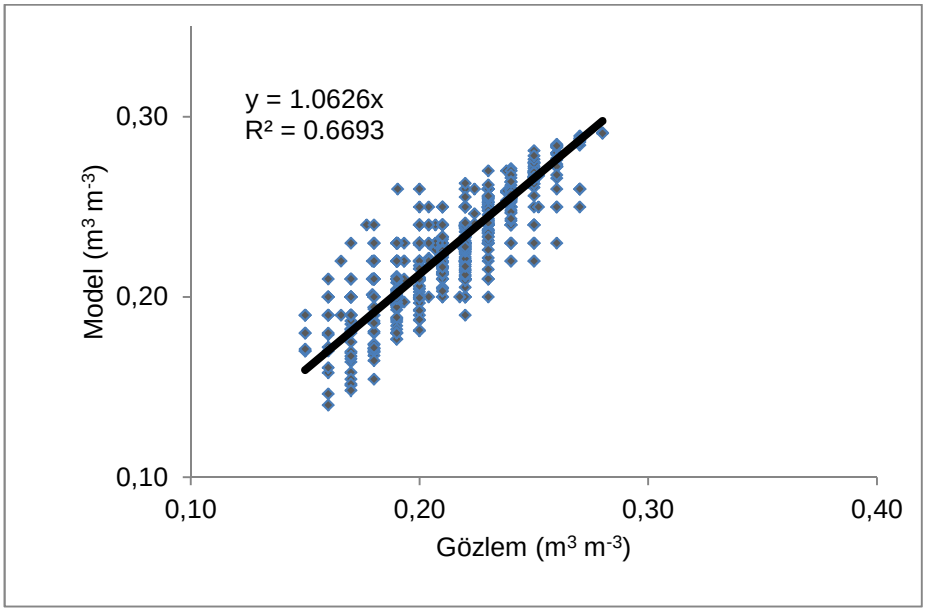


Şekil 4.29. Sonbahar dönemi T2 TS-100 konusu ve T2 KS-75 konusunda ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri

Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerlerinin birbirine oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.



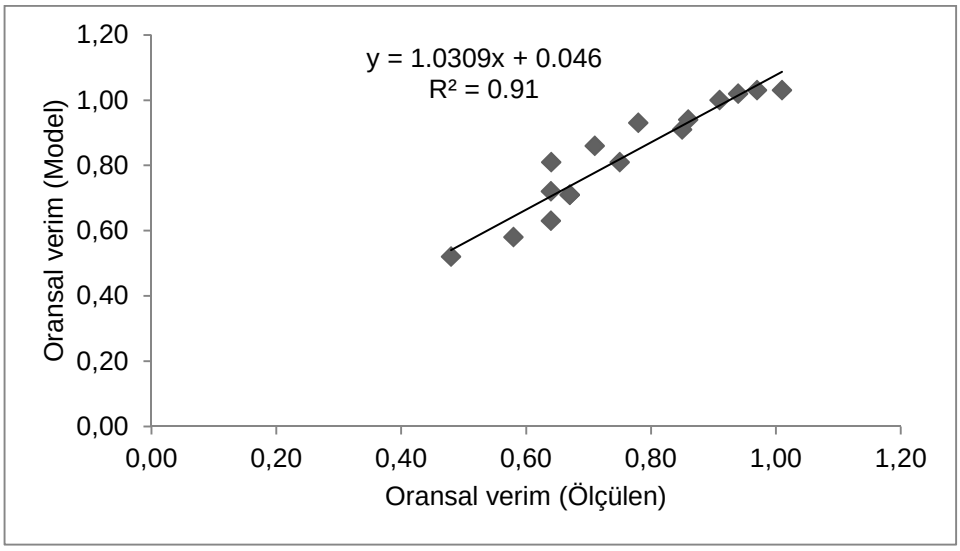
Şekil 4.30. İlkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişki



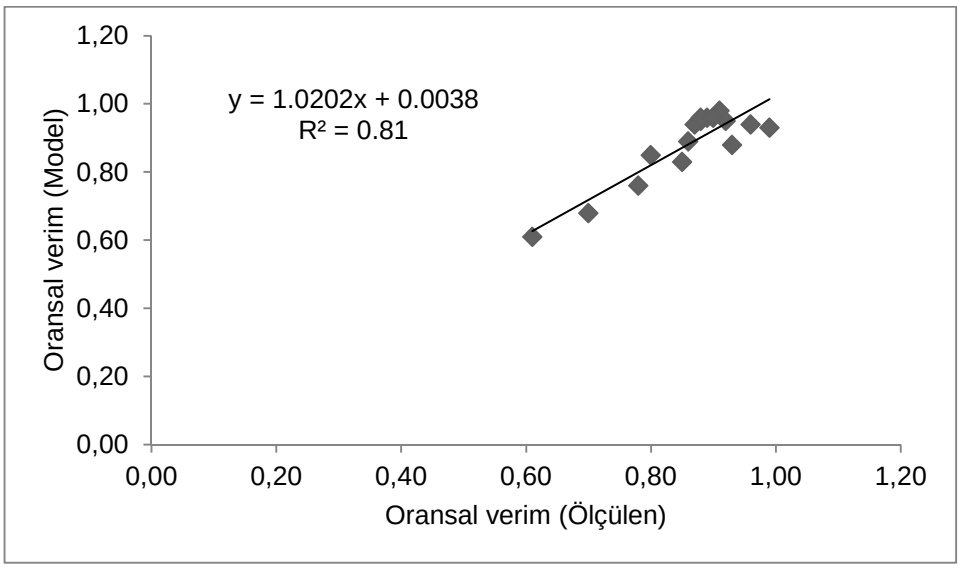
Şekil 4.31**.** Sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişki

Şekil 4.30 ve 4.31'de görüldüğü gibi yetiştirme dönemlerinde ölçülen ve tahmin edilen toprak nem değerleri arasında ilkbaharda R^2=0.79, sonbahar döneminde ise R^2=0.67 korelasyon değerleri bulunmuştur. Bu farklılığa, yetiştirme dönemlerinde ve toprak katmanlarında bazı tarihlerde ölçülen toprak su içeriği değerlerindeki farklılıkların neden olduğu düşünülmektedir.

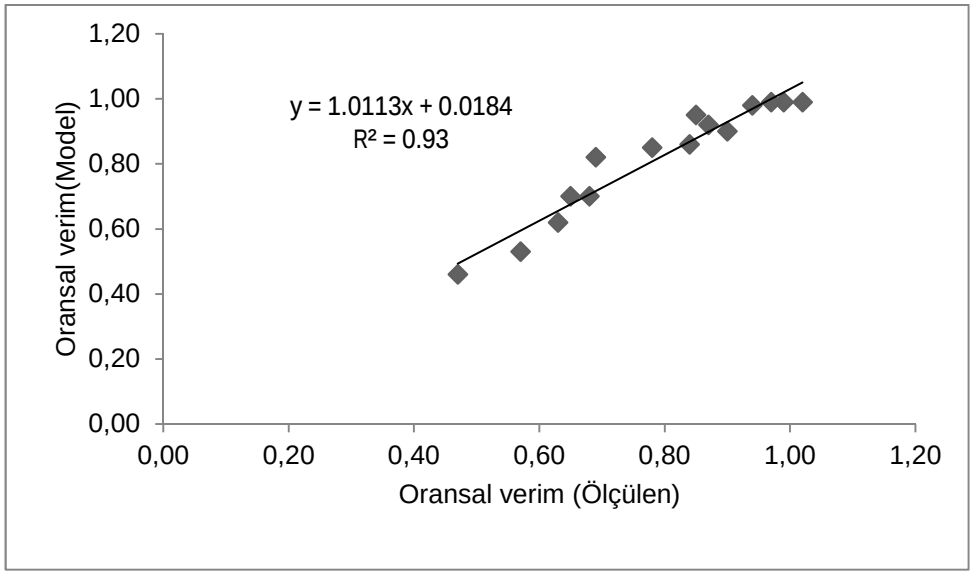
İlkbahar ve sonbahar yetiştirme dönemlerinde ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerine ait regresyon grafikleri Onur çeşidi için Şekil 4.32 ve 4.33'de, Ada çeşidi için ise Şekil 4.34 ve 4.35'de verilmiştir.



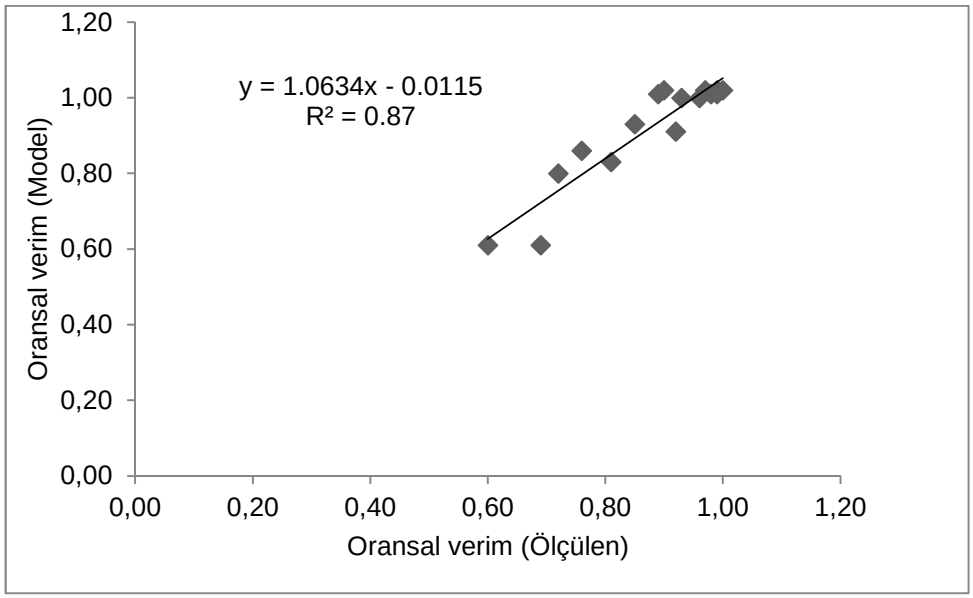
Şekil 4.32. Onur çeşidinin ilkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerinin korelasyonu



Şekil 4.33. Onur çeşidinin sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerinin korelasyonu



Şekil 4.34. Ada çeşidinin ilkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerinin korelasyonu



Şekil 4.35. Ada çeşidinin sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen oransal verim değerlerinin korelasyonu

Çeşitlerin ilkbahar ve sonbahar döneminde tahmin edilen ve ölçülen oransal verim değerlerine göre SALTMED modelinin performans parametrelerinin karşılaştırması Çizelge 4.38'de verilmiştir.

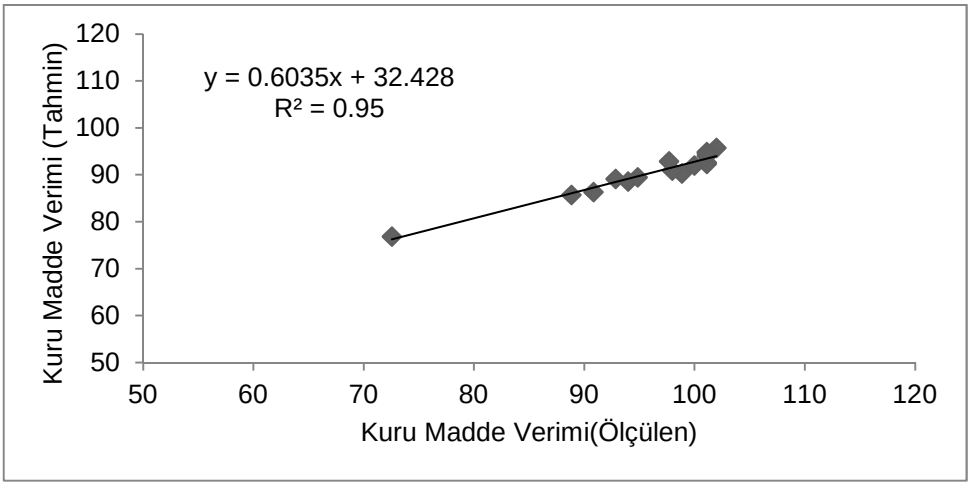
Çizelge 4.38. Ölçülen ve tahmin edilen oransal verimlere göre SALTMED modelinin performans parametrelerinin karşılaştırması

Çeşitler	Gözlem sayısı	İlkbahar					
		RMSE(%)	CRM	NRMSE(%)	ENS	d	R^2
Onur	16	5.24	-0.02	5.95	0.84	1.00	0.91
Ada	16	4.70	-0.02	6.31	0.84	1.00	0.93

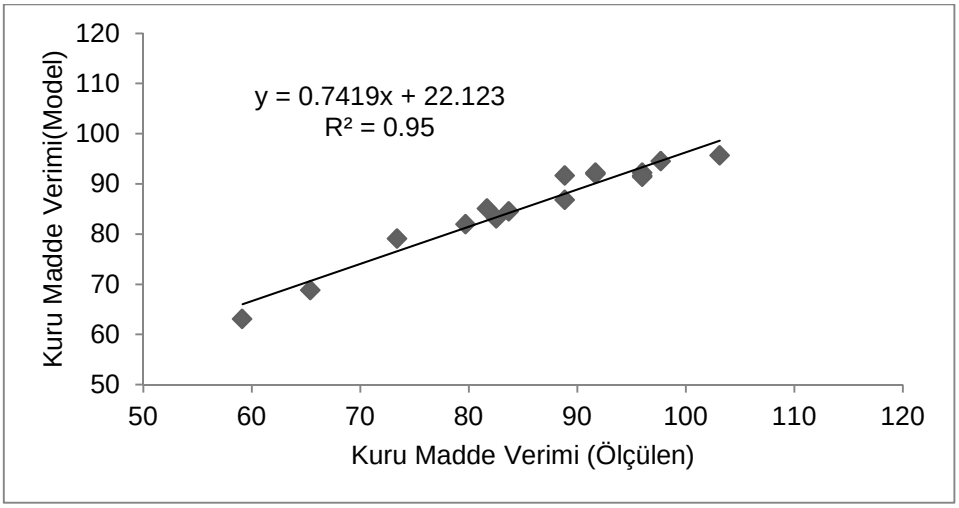
Çeşitler	Gözlem sayısı	Sonbahar					
		RMSE(%)	CRM	NRMSE(%)	ENS	d	R^2
Onur	16	5.91	-0.02	6.77	0.55	0.99	0.81
Ada	16	4.58	-0.02	5.55	0.82	0.99	0.87

Çizelge 4.38'de görüldüğü gibi kök hata kareler ortalaması (RMSE) ve standart (düzeltilmiş) kök hata kareler ortalamasının (NRMSE) değerleri dört konuda modelin tahminini % 6-7 hata sınırları içinde tahmin ederken, Artık kütle katsayısındaki (CRM) çok az bir fark verimi aşırı tahmin etme eğiliminde olduğu gözükmektedir. Ayrıca, Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (E_{NS}) ve uyum indeksi (d) ise her iki çeşit için 0-1 arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar ölçülen ve modelin tahmin değerleri arasında çok iyi bir uyum olduğunu göstermektedir.

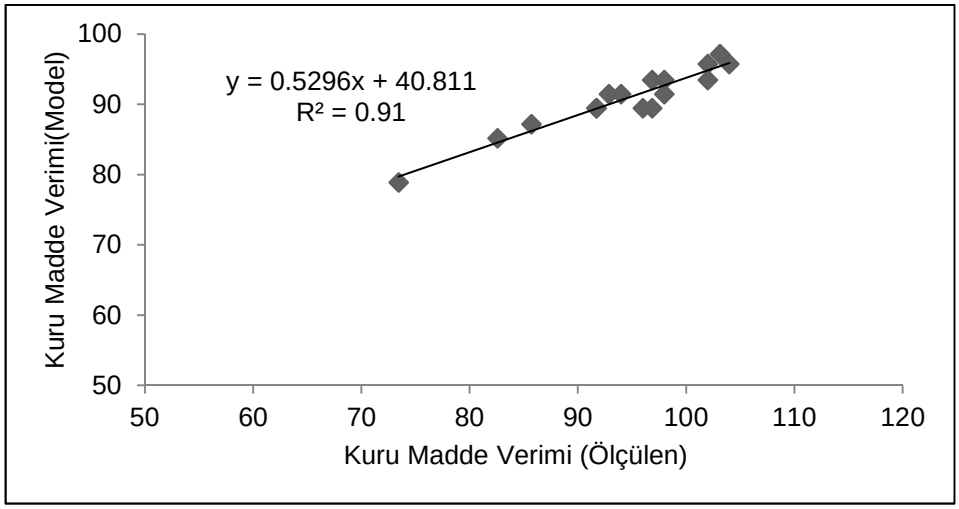
İlkbahar ve sonbahar yetiştirme dönemlerinde ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerine ait regresyon grafikleri Onur çeşidi için Şekil 4.36 ve 4.37'de, Ada çeşidi için ise Şekil 4.38 ve 4.39'da verilmiştir.



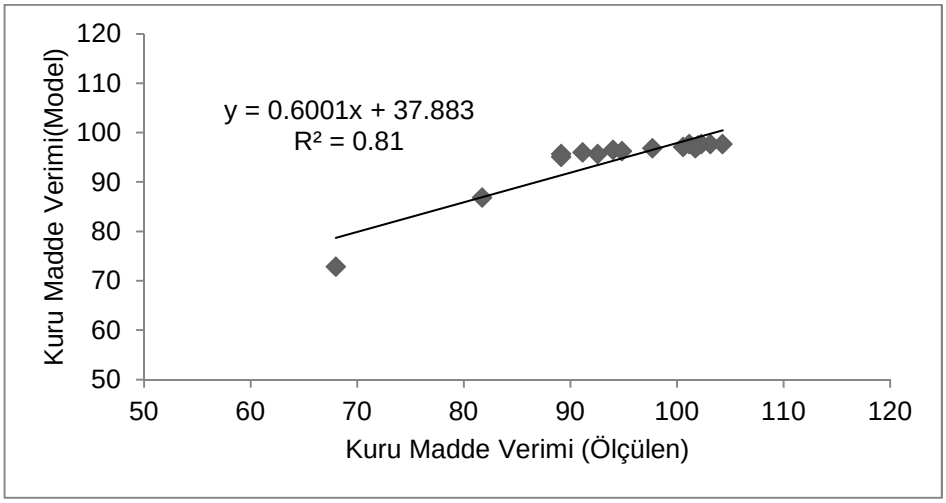
Şekil 4.36. Onur çeşidinin ilkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu



Şekil 4.37. Onur çeşidinin sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu



Şekil 4.38. Ada çeşidinin ilkbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu



Şekil 4.39. Ada çeşidinin sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin korelasyonu

Çeşitlerin ilkbahar ve sonbahar döneminde tahmin edilen ve ölçülen kuru madde verim değerlerine göre SALTMED modelinin performans parametrelerinin karşılaştırması Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verimlere göre SALTMED modelinin performans parametrelerinin karşılaştırması

Çeşitler	Gözlem sayısı	İlkbahar					
		RMSE(%)	CRM	NRMSE(%)	ENS	d	R^2
Onur	16	6.68	0.06	0.07	0.81	0.86	0.95
Ada	16	5.62	0.04	0.00	0.78	0.80	0.91

Çeşitler	Gözlem sayısı	Sonbahar					
		RMSE(%)	CRM	NRMSE(%)	ENS	d	R^2
Onur	16	4.20	0.00	0.05	0.84	0.82	0.95
Ada	16	4.83	0.00	0.00	0.78	082	0.81

Çizelge 4.39'da görüldüğü gibi ilkbahar döneminde kök hata kareler ortalaması (RMSE) değerleri dört konuda modelin tahminini % 7 hata sınırları içinde tahmin ederken, standart (düzeltilmiş) kök hata kareler ortalamasını (NRMSE) 0'a yakın hata sınırları içinde tahmin etmiştir.

Sonbahar döneminde ise kök hata kareler ortalaması (RMSE) değerleri modelin tahminini % 5 hata sınırları içinde tahmin ederken, standart (düzeltilmiş) kök hata kareler ortalamasını (NRMSE) yine ilkbahardaki gibi 0'a yakın hata sınırları içinde tahmin etmiştir.

Artık kütle katsayısındaki (CRM) çok az bir fark verimi aşırı tahmin etme eğiliminde olduğu gözükmektedir. Ayrıca, Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (E_{NS}) ve uyum indeksi (d) ise her iki çeşit için 0-1 arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar ölçülen ve modelin tahmin değerleri arasında çok iyi bir uyum olduğunu göstermektedir.

4.4.2. SALTMED Modelinin Çıktıları

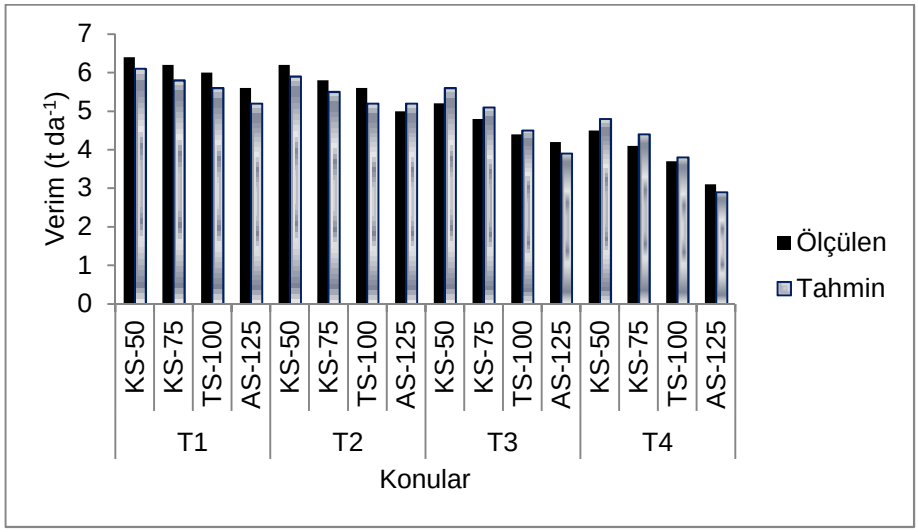
SALTMED modeli sayısal ve grafiksel olmak üzere iki şekilde çıktı sağlayabilmektedir. Model büyüme mevsimi boyunca herhangi bir gündeki toprakta yatay ve düşey yöndeki nem dağılımı, toprak tuzluluk profili, topraktaki azotdağılımı, uygulanan sulama suyu miktarı, evapotranspirasyon ve yıkama

gereksinimine ilişkin kestirimlerde bulunabilmektedir. Benzer şekilde dane verimi, kuru madde verimi, kök derinliği, bitki boyu ve yaprak alan indeksi değerlerini de tahmin etmektedir.

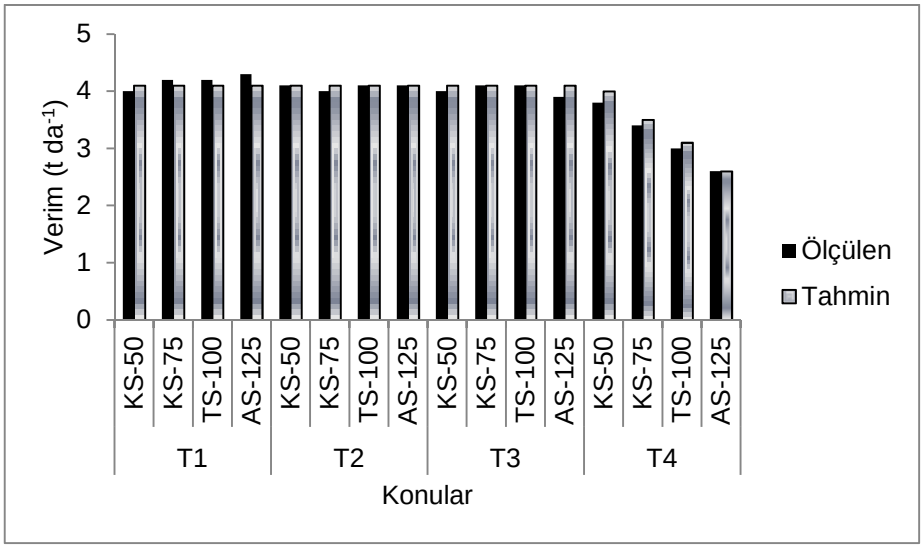
Sonbahar dönemi T1 ve TS-100 konuları ile T2 TS-100 konularına ilişkin SALTMED modeli çalıştırılarak elde edilen grafiksel çıktılar EK Şekil 1-20'de verilmiştir.

4.4.3 Ölçülen ve Tahmin Edilen Meyve Verimlerinin Karşılaştırılması

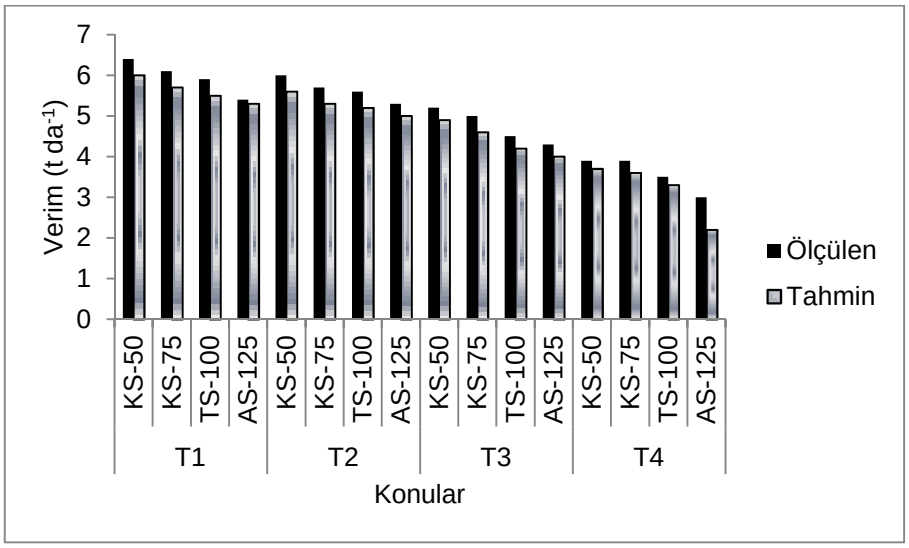
İlkbahar ve sonbahar döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin ölçülen ve tahmin edilen verim değerleriyle aralarındaki farklar Çizelge 4.40'da ilkbahar ve sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen verim değerlerinin grafiksel gösterimi Onur çeşidinde Şekil 4.40 ve 4.41'de Ada çeşidinde ise Şekil 4.42 ve 4.43'de verilmiştir.



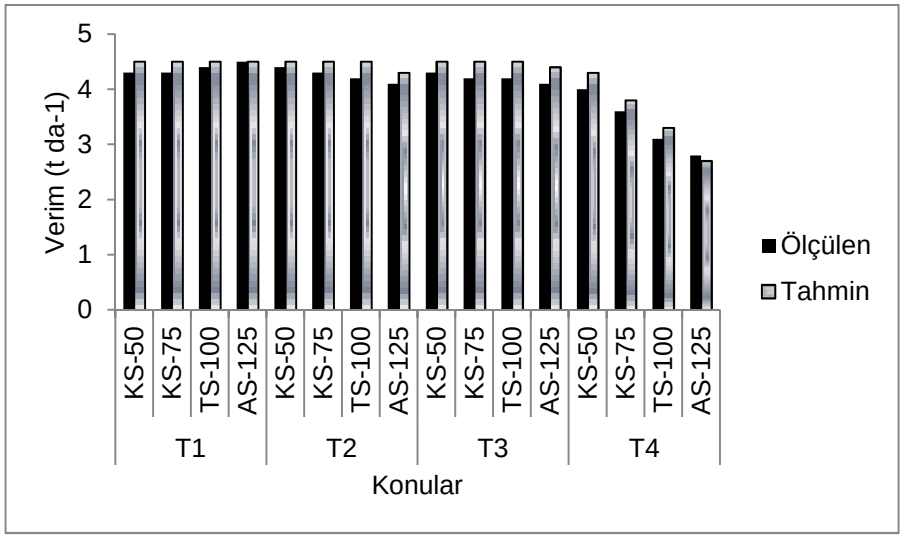
Şekil 4.40. İlkbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri



Şekil 4.41. Sonbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri



Şekil 4.42. İlkbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri



Şekil 4.43. Sonbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri

Şekil 4.40'da ilkbahar döneminde Onur çeşidinin ölçülen verim değerleri arasında T1 tuz düzeyinde ve tüm sulama konularında en yüksek verimin elde edildiği ve tuz düzeyi arttıkça verimin düştüğü görülürken modelin tahmin değerleride aynı eğilimi göstermiştir.

Şekil 4.41'de ise sonbahar döneminde Onur çeşidinin verim değerleri T3 tuz düzeyine ve TS-100 konusuna kadar öçülen ve tahmin değerlerinin aynı düzeyde olduğu ve T4 tuz düzeyinden itibaren ölçülen ve tahmin edilen verim değerlerinin azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.42'de ilkbahar döneminde Ada çeşidinin ölçülen verim değerleri arasında T1 tuz düzeyinde ve tüm sulama konularında en yüksek verimin elde edildiği ve tuz düzeyi arttıkça verimin düştüğü görülürken modelin tahmin değerleri ölçülen değerlerle aynı azalmayı göstermiştir.

Şekil 4.43'de ise sonbahar döneminde Ada çeşidinin verim değerleri T3 tuz düzeyinde ölçülen değerler azalmaya devam ederken modelin tahmin değerleri T4 tuz düzeyine kadar aynı seyri göstermiş daha sonra azalmıştır.

Elde edilen bu sonuçlara göre ölçülen ve modelin tahmin değerlerinin birbirine uyumu modelin başarılı tahmin yeteneğini göstermektedir.

Çizelge 4.40. Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen biber verimleri arasındaki farklar

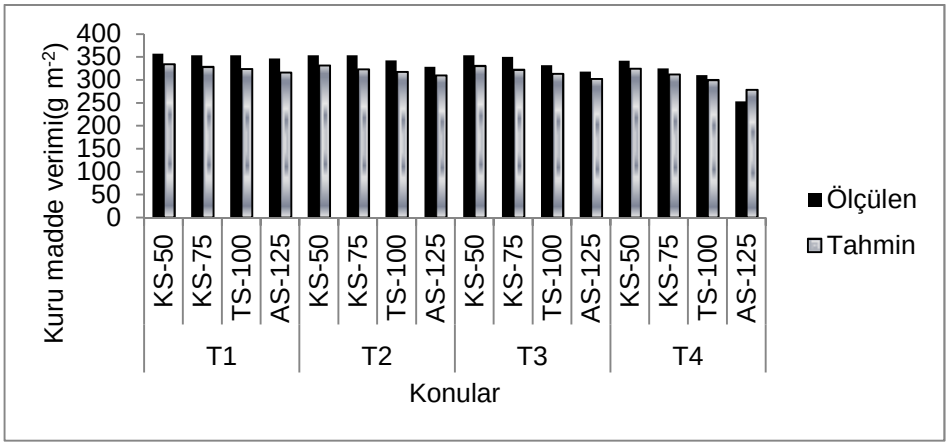
Tuz konuları	Sulama ve nuları	ONUR						ADA					
		İlkbahar			Sonbahar			İlkbahar			Sonbahar		
		Verim Değerleri(t da^{-1})						Verim Değerleri(t da^{-1})					
		Ölçülen	Tahmin	% Fark	Ölçülen	Tahmin	%Fark	Ölçülen	Tahmin	% Fark	Ölçülen	Tahmin	%Fark
T1	KS-50	6.4	6.1	4.8	4.0	4.1	-2.5	6.4	6.0	5.6	4.3	4.5	-4.7
	KS-75	6.2	5.8	6.5	4.2	4.1	2.4	6.1	5.7	6.1	4.3	4.5	-4.7
	TS-100	6.0	5.6	6.7	4.2	4.1	2.4	5.9	5.5	6.7	4.4	4.5	-2.3
	AS-125	5.6	5.2	7.1	4.3	4.1	4.7	5.4	5.3	1.1	4.5	4.5	0.0
T2	KS-50	6.2	5.9	4.1	4.1	4.1	0.0	6.0	5.6	6.7	4.4	4.5	-2.3
	KS-75	5.8	5.5	5.2	4.0	4.1	-2.5	5.7	5.3	6.9	4.3	4.5	-4.7
	TS-100	5.6	5.2	7.1	4.1	4.1	0.0	5.6	5.2	6.7	4.2	4.5	-7.1
	AS-125	5.0	5.2	-4.0	4.1	4.1	0.0	5.3	5.0	5.4	4.1	4.3	-4.9
T3	KS-50	5.2	5.6	-7.7	4.0	4.1	-2.5	5.2	4.9	5.4	4.3	4.5	-4.7
	KS-75	4.8	5.1	-6.3	4.1	4.1	0.0	5.0	4.6	7.3	4.2	4.5	-7.1
	TS-100	4.4	4.5	-3.3	4.1	4.1	0.0	4.5	4.2	6.3	4.2	4.5	-7.1
	AS-125	4.2	3.9	6.3	3.9	4.1	-5.1	4.3	4.0	7.4	4.1	4.4	-7.3
T4	KS-50	4.5	4.8	-6.7	3.8	4.0	-5.3	3.9	3.7	5.8	4.0	4.3	-7.5
	KS-75	4.1	4.4	-7.3	3.4	3.5	-2.9	3.9	3.6	7.1	3.6	3.8	-5.6
	TS-100	3.7	3.8	-1.6	3.0	3.1	-3.3	3.5	3.3	5.7	3.1	3.3	-6.5
	AS-125	3.1	2.9	6,5	2.6	2.6	0.0	3.0	2.8	6.1	2.8	2.7	3.6

Çizelge 4.40'da, model ilkbaharda hem Onur hem de Ada çeşidinde biber verimini T1 tuz düzeyinde ve KS-50 sulama konusunda sırasıyla 6.1 ve 6.0 t da^{-1} olarak tahmin etmiştir. İlkbaharda tuz düzeyi artışı ile verimde azalmalar olurken sonbahar döneminde model tüm deneme konuları için biber verimini T3 tuz düzeyinin TS-100 ve AS-125 konularına kadar Onur çeşidinde 4.1 t da^{-1}, Ada çeşidinde 4.5 t da^{-1} olarak tahmin etmiştir. Modelin farklı sulama konularında benzer verimler tahmin etmesinin sonbahar döneminde verim üzerine çevresel şartların dolayısıyla çevre x genotip intaraksiyonun etkili olduğu düşünülmektedir (Boyacı ve ark., 2009).

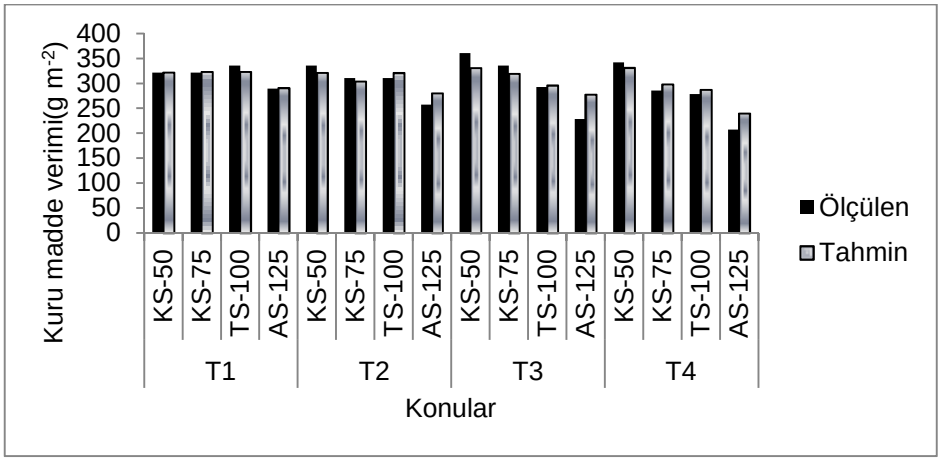
Arazi bulgularına göre de ölçülen verim değerleri yönünden tuzluluk düzeyi arttıkça verimde düşüşleri arasında istatistiksel olarak ilkbaharda tuz düzeyinin ve sulama konularının $P<0.01$ düzeyinde sonbaharda ise sadece tuz düzeyinin $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunduğu göz önüne alındığında SALTMED Modelinin biber verimini ilkbahar döneminde konulara göre % 1.1 ile % 7.4, sonbahar döneminde ise % 0.0 ile % 7.5 arasında farklarla oldukça iyi tahmin ettiği sonucuna ulaşılır. Diğer bir deyişle model kullanılarak kestirilen biber verimi değerleri ile deneme konularından elde edilen verim değerleri arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

4.4.4. Ölçülen ve Tahmin Edilen Bitki Kuru Madde Verimlerinin Karşılaştırılması

İlkbahar ve sonbahar döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleriyle aralarındaki farklar Çizelge 4.41'de, ilkbahar ve sonbahar dönemi ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerlerinin grafiksel gösterimi Onur çeşidinde Şekil 4.44 ve 4.45'de Ada çeşidinde ise Şekil 4.46 ve 4.47'de verilmiştir.

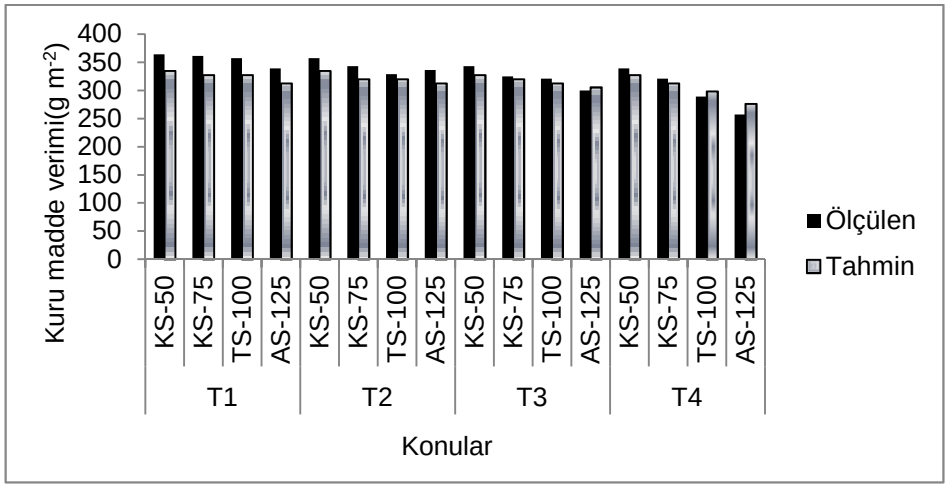


Şekil 4.44. İlkbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri

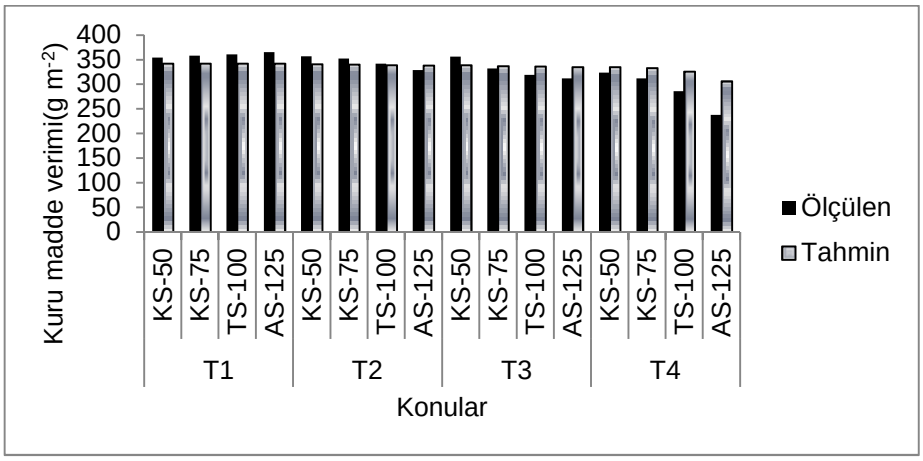


Şekil 4.45. Sonbahar döneminde Onur çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri

Şekil 4.44 ve 4.45'de İlkbahar ve sonbahar döneminde Onur çeşidinin ölçülen ve modelin tahmin ettiği kuru madde verimleri özellikle T3 tuz düzeyinden itibaren tüm sulama konularında azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.46. İlkbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri



Şekil 4.47. Sonbahar döneminde Ada çeşidine ait ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verim değerleri

Şekil 4.46'da İlkbahar döneminde Ada çeşidinin ölçülen ve tahmin edilen kuru madde verimleri KS-50 sulama konularında yüksek bulunurken tuz düzeyi ve sulama miktarı artışı ile azalma göstermiştir. Sonbahar döneminde ise kontrol konusu hariç tuz düzeylerindeki ve sulama düzeylerinin artışı ile azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 4.47). Elde edilen bu sonuçlara göre ölçülen ve tahmin edilen değerlerin birbirine uyumu modelin başarılı tahmin yeteneğini göstermektedir.

Çizelge 4.41. Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen kuru madde verimleri arasındaki farklar

Tuz konuları	Sulama konuları	ONUR						ADA					
		İlkbahar			Sonbahar			İlkbahar			Sonbahar		
		Kuru Madde Verimleri (g m^{-2})						Kuru Madde Verimleri (g m^{-2})					
		Ölçülen	Tahmin	% Fark	Ölçülen	Tahmin	%Fark	Ölçülen	Tahmin	% Fark	Ölçülen	Tahmin	%Fark
T1	KS-50	357	335	-6.3	321	322	0.1	364	335	-8.2	354	342	-3.4
	KS-75	354	329	-7.1	321	323	0.5	361	340	-5.8	358	342	-4.4
	TS-100	354	324	-8.3	336	323	-3.7	357	327	-8.3	361	342	-5.2
	AS-125	346	316	-8.7	289	291	0.5	339	313	-7.8	365	342	-6.3
T2	KS-50	354	332	-6.2	336	321	-4.3	357	335	-6.3	357	341	-4.5
	KS-75	354	323	-8.6	311	304	-2.3	343	320	-6.7	352	340	-3.4
	TS-100	343	318	-7.3	311	321	3.3	329	320	-2.7	342	339	-0.9
	AS-125	329	310	-5.6	257	277	7.7	336	313	-6.9	329	338	2.7
T3	KS-50	354	331	-6.5	361	335	-7.1	343	327	-4.6	356	339	-4.8
	KS-75	350	322	-7.9	336	320	-4.8	325	320	-1.5	332	337	1.5
	TS-100	332	313	-5.7	293	296	1.0	321	313	-2.6	319	336	5.3
	AS-125	318	302	-4.9	229	241	5.4	300	305	1.8	312	335	7.4
T4	KS-50	342	325	-5.0	342	331	-3.1	339	327	-3.5	324	335	3.4
	KS-75	325	312	-3.9	286	298	4.3	321	313	-2.6	312	333	6.7
	TS-100	311	300	-3.4	279	287	3.1	289	298	3.2	286	304	6.3
	AS-125	254	269	6.1	207	221	6.7	257	276	7.5	238	255	7.1

Çizelge 4.41'de genel olarak. SALTMED modeli hasattaki kuru madde verimlerini arazide ölçülen değerlere yakın olarak tahmin etmiştir. Dolayısıyla model kestirimleri ile ölçülen kuru madde verimleri birbirine uyum göstermektedir. Model ilkbaharda en yüksek biber kuru madde verimini Onur çeşidinde T1 tuz düzeyinde ve KS-50 sulama konusunda 335 g m^{-2} Ada çeşidinde ise T1 tuz düzeyinde ve KS-75 sulama konusunda 340 g m^{-2} olarak tahmin etmiştir. Sonbahar döneminde Onur çeşidinin biber kuru madde verimini T3 tuz ve KS-50 sulama konusunda 331 g m^{-2} Ada çeşidinde ise T1 tuz düzeyinin tüm sulama konularında 342 g m^{-2} olarak tahmin etmiştir.

Arazi bulgularına göre de ölçülen kuru madde verim değerleri yönünden tuzluluk düzeyi arttıkça verimde azalışları arasında istatistiksel olarak ilkbaharda tuz düzeyinin sulama konularının ve TxS intaraksiyonunun $P<0.01$ düzeyinde sonbaharda ise tuz düzeyinin. sulama konularının. ÇxS ve TxS intaraksiyonlarının $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunduğu göz önüne alındığında SALTMED Modeli her iki çeşit için biber kuru madde verimini ilkbahar döneminde konulara göre % 1.5 ile % 8.7 arasında, sonbahar döneminde ise % 0.1 ile % 7.7 arasındaki oldukça iyi tahmin etmiştir

4.4.5. Ölçülen ve Kestirilen Toprak Tuzluluk Profillerinin Karşılaştırılması

SALTMED modeli yetişme mevsimi boyunca su kaynağının (damlatıcılar) yanında toprak tuzluluk profilini günlük olarak tahmin etmektedir. Denemede tüm konular da topraktaki tuz birikimi izlenmiş hasat sonunda ölçülen ve model ile tahmin edilen toprak tuzluluk değerleri ve bunlar arasındaki farklar Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen toprak tuzlulukları arasındaki farklar

Tuz konuları	Sulama konuları	ONUR						ADA					
		İlkbahar			Sonbahar			İlkbahar			Sonbahar		
		Tuz Düzeyleri(dS m^{-1})						Tuz Düzeyleri(dS m^{-1})					
		Ölçülen	Tahmin	% Fark	Ölçülen	Tahmin	%Fark	Ölçülen	Tahmin	% Fark	Ölçülen	Tahmin	%Fark
T1	KS-50	1.18	1.16	1.7	1.25	1.34	-6.9	1.14	1.21	-6.1	1.30	1.38	-6.2
	KS-75	1.22	1.28	-4.9	1.26	1.36	-7.7	1.18	1.24	-5.1	1.35	1.43	-6.2
	TS-100	1.35	1.32	2.2	1.29	1.35	-4.9	1.26	1.34	-6.3	1.36	1.40	-3.2
	AS-125	1.35	1.42	-5.2	1.30	1.38	-6.2	1.32	1.40	-6.1	1.37	1.46	-6.3
T2	KS-50	2.77	2.59	6.5	2.90	3.12	-7.6	2.67	2.50	6.4	3.17	3.03	4.4
	KS-75	3.56	3.30	7.3	3.61	3.45	4.5	3.17	2.93	7.7	4.04	3.76	6.9
	TS-100	4.41	4.10	7.0	4.20	3.96	5.7	4.22	3.98	5.7	4.19	3.88	7.4
	AS-125	5.01	4.68	6.6	4.48	4.16	7.2	4.64	4.29	7.5	4.53	4.23	6.6
T3	KS-50	5.09	4.85	4.7	4.58	4.23	7.6	4.69	4.92	-4.9	4.68	4.39	6.2
	KS-75	5.40	4.96	8.1	4.73	4.51	4.6	4.75	5.12	-7.8	4.86	4.55	6.4
	TS-100	5.93	5.41	8.8	4.91	5.13	-4.6	5.18	5.53	-6.8	5.34	4.98	6.7
	AS-125	6.47	5.98	7.6	5.74	5.42	5.6	6.00	6.11	-1.8	5.71	5.63	1.4
T4	KS-50	6.30	6.38	-1.3	5.91	6.35	-7.5	6.35	6.65	-4.7	6.34	6.12	3.5
	KS-75	6.96	7.12	-2.3	6.22	6.65	-7.0	6.57	7.02	-6.8	6.77	6.32	6.6
	TS-100	8.42	9.15	-8.7	6.66	7.09	-6.4	8.03	7.58	5.6	7.36	6.85	6.9
	AS-125	10.63	11.23	-5.6	7.45	7.99	-7.2	9.18	8.56	6.8	7.77	7.24	6.8

Çizelge 4.42'de SALTMED modeli hasat sonunda toprak tuzluluğu değerlerini arazide ölçülen değerlere yakın olarak tahmin etmiştir. Dolayısıyla model kestirimleri ile ölçülen toprak tuzluluk değerleri birbirine uyum göstermektedir. Model, ilkbaharda en yüksek toprak tuzluluk değerini beklendiği gibi T4 ve AS-125 sulama konusunda, Onur çeşidinde 11.23 dS m^{-1}ve Ada çeşidinde 8.56 dS m^{-1} olarak tahmin etmiştir. Sonbahar döneminde ise en yüksek toprak tuzluluk değerini T4 ve AS-125 sulama konusunda, Onur ve Ada çeşidinde sırasıyla 7.99 dS m^{-1}ve 7.24 dS m^{-1} olarak tahmin etmiştir. Model ilkbahar döneminde toprak tuzluluğu artışını %1.3 ile % 8.8 arasındaki farklarla oldukça iyi tahmin ederken, sonbahar döneminde % 1.4 ile % 7.7 farkla tahmin etmiştir.

Sonuçlar da iki yetiştirme sezonunda verimde artış ve azalışlar görülmüştür. Elde edilen sonuçlar tahmin sonuçları ile uyumlu bulunurken sonbahar döneminde verimdeki azalışların tuz stresinin yanında biber çeşit özellikleri ve iklimsel farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ragab ve ark. (2005a,b) modelin ilk sürümünün tuzlu sulama sularının karık ve damla sulama yöntemi ile domates tarla denemelerinde Mısır ve Suriye'de başarıyla test edildiğini bildirmişlerdir. Modeli aynı zamanda Suriye'de tuzlu su ile sulanan mısır alanlarında başarıyla uygulanmıştır (Najib ark., 2007), İran'da şeker kamışı alanlarında (Golabi ark., 2009), Yunanistan'da pamuk ekimi (Kalfountzos ve ark., 2009), Silva ve ark. (2013) SALTMED Modelini Portekiz'de nohutta kuru-ıslak-yıllık koşullar altında kalibre ederek onaylamışlardır . Bu çalışmada olduğu gibi yukarıda belirtilen denemelerde, kuru madde, bitki verimi, toprak su içeriği profilleri ve toprak tuzluluk profillerinin tümünde modelin gayet iyi tahminde bulunduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Örtüaltı biber yetiştiriciliğinde tuzlu suların kullanılma olanakları araştırılmış ve elde edilen sonuçlar SALTMED modelinin tahmin edilen sonuçları ile karşılaştırılarak model test edilmiştir.

Çalışmada sulama uygulamaları damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İlkbahar ve sonbahar dönemi biber yetiştiriciliğinde 4 farklı tuzlu sulama suyu T1 (1 dS m^{-1}), T2 (2.5 dS m^{-1}), T3 (3.5 dS m^{-1}) ve T4 (6 dS m^{-1}), kullanılarak 4 farklı sulama konusu KS-50, KS-75, TS-100 ve AS-125 ile kıyaslanmıştır. KS-50 ve KS-75 sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı ilkbaharda 358-365 mm, sonbaharda ise 296-444 mm olarak gerçekleşirken TS-100 ve AS-125 sulama konularında ilkbaharda 717-894 mm, sonbaharda ise 592-740 mm olarak bulunmuştur.

Mevsimlik su tüketimi değerleri uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Tuzlu ortamda, bitki gelişimini sınırlandıran önemli bir etmenin de bitki su tüketiminin azalması oldugu anlaşılmaktadır. Bitki su tüketimi değerlerindeki azalış özellikle düşük ECw'lerde daha belirgin olarak görülmüştür. İlkbahar döneminde sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında $ET_{(Onur)}= 644.8ECw^{-0.02}$ ($R^2=0.98$) ve $ET_{(Ada)}= 654.85ECw^{-0.032}$ ($R^2=0.99$) eşitliği sonbahar döneminde ise $ET_{(Onur)}=525.98ECw^{-0.022}$ ($R^2=0.93$) eşitliği, Ada çeşidinde ise $ET_{(Ada)}=524.96ECw^{-0.016}$ ($R^2=0.99$) ile tanımlanabilen bir ilişki bulunmuştur.

Denemede kullanılan çeşitlerin yetiştirme dönemlerine göre tuz eşik değerleri belirlenmiştir. İlkbahar döneminde Onur ve Ada çeşitlerinin tuz eşik değeri 1.1 dS m^{-1} sonbahar döneminde ise 2.1 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir. Toprak tuzluluğu artışı bitki su tüketimini ve bitki verimini düşürmüş fakat biber için tuz eşik değerini yükseltmiştir. Tuzlu suyun zararını en aza indirerek, bu suların sulamada kullanılabilmesini sağlayan damla sulama sistemi diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında bitkilerin tuza dayanımını arttırmaktadır. Nitekim çalısmada tuz eşik değerlerinin daha yüksek bulunmasının bir nedeninin de sulama yönteminden kaynaklandığı düşünülmüştür. Yukarıda belirtilen sonuçlar doğrultusunda; Antalya ve çevresinde damla sulama yöntemiyle ilkbahar yetiştiriciliğinde sulama suyu

tuzluluğu ortalama ECw=1.0 dS m^{-1} olan sulama suları ile sonbahar dönemindeki ortalama tuzlulugu ECw=2.1 dS m^{-1} olan sulama suları kullanılarak Onur ve Ada biber çeşitleri yetiştirilebilmekte ve tuzsuz kosullara göre verim kaybı olmamaktadır. Ancak tuzlu sular kullanılırken bir takım önlemlerinde alınması gerekmektedir. Özellikle sorunlu bölgelerde kullanılabilecek biber çeşitlerinin yanısıra sulama yöntemi, sulama aralığı ve seçilecek işletim biçimleri bitkinin tuza dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir.

Biberlerin ilkbahar döneminde çeşitlerin meyve verimleri KS-50 sulama konusunda 5450 kg da^{-1} ile ilk sırada yer alırken en düşük değeri 4488 kg da^{-1} ile AS-125 sulama konusunda bulunmuştur. Tuz uygulaması yapılmayan T1 (5960 kg da^{-1}) konusu ile T2 (5540 kg da^{-1}) konusunda verimlerde farklılık görülmezken, T3 konusundan itibaren verimde önemli azalmalar görülmüstür. Sulama suyu elektriksel iletkenliginin 6.0 dS m^{-1} olduğu T4 konusunda ise verimde yaklasık olarak % 60'lık bir azalma olmustur. Sonbahar döneminde ise çeşitlerin meyve verimleri üzerine yalnızca tuzluluk düzeyi etki etmiştir. T1 kontrol (4275 kg da^{-1}) ile T2(4163 kg da^{-1}) ve T3(4113 kg da^{-1}) konuları arasında fark bulunmazken T4 tuz düzeyinde tuzluluğun en yüksek olduğu konuda 3288 kg da^{-1} ile verimde azalmalar olmuştur. Ayrıca, dönemler arasındaki fark t testi ile kontrol edilmiş ve dönemler arasında $P<0.99$ olasılık ile fark olduğu belirlenmiştir

Deneme sonunda belirlenen en yüksek toplam su verimliliği (WP) Onur ve Ada çeşidinde ilkbaharda T1 tuz düzeyinde ve KS-50 sulama konusunda sırasıyla 17.08 ve 16.58 kg m^{-3} olarak bulunmuştur. Sonbahar döneminde ise en yüksek WP değerleri Onur çeşidinde T3 tuz düzeyinin KS-50 sulama konusunda 13.16 kg m^{-3} Ada çeşidinde ise T2 tuz düzeyinin KS-75 sulama konusunda 14.01 kg m^{-3} olarak belirlenmiştir. Yüksek ET düzeylerinde düşük toplam su verimliliği değerlerinin elde edilmesi, verim artışının bitki su tüketimindeki artış oranında gerçekleşmemesinden kaynaklandığı düsünülmektedir. Ayrıca ilkbahar döneminde WP ile ET arasında Onur çeşidinde $Y_{(Onur)}$ = 1319.3e-0126x (R^2= 0.76), Ada çeşidinde ise $Y_{(Ada)}$ = 1319.3e-0114x (R^2= 0.78) bir ilişki bulunmuştur. Sonbahar döneminde ise $Y_{(Onur)}$ = 1077.6e-0126x (R^2= 0.98), Ada çeşidinde ise $Y_{(Ada)}$ = 1079.8e-0114x (R^2= 0.98) bir ilişki bulunmuştur. Verim ve toplam su verimliliği (WP) arasında ilkbaharda çeşitlere

göre $Y_{(Onur)} = 2472.6\ x^{0.33}$ (R^2= 0.53), Ada çeşidinde ise $Y_{(Ada)} = 2369.5\ x^{0.35}$ (R^2= 0.48) bir ilişki bulunmuştur. Sonbaharda ise aşağıdaki ilişki bulunmuştur.

$$Y_{(Onur)} = -24.504x^2+547.08x+1264.9\ (R^2=0.83)$$
$$Y_{(Ada)} = -22.848x^2+534.92x+1379.8\ (R^2=0.82)$$

Sulama suyu verimliliği (IWP) ilkbaharda en yüksek değerinin her iki çeşitte 17.88 kg m^{-3} bulunurken en düşük değer Ada çeşidinde 3,36 kg m^{-3} bulunmuştur. Sonbahar döneminde ise en yüksek sulama suyu verimliliği Ada çeşidinde 14.86 kg m^{-3} belirlenirken en düşük değer 3.51 kg m^{-3} ile Onur çeşidinde belirlenmiştir. Sulama suyu verimliliği, sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak azalmaktadır. Çalışmada oransal evapotranspirasyon azalmasına karşın verimdeki oransal azalmayı tanımlayan verim tepki etmeni (ky), Onur çeşidinde ilkbahar ve sonbahar döneminde sırasıyla 0.78-1.18, Ada çeşidinde ise 0.75-1.14 olarak bulunmuştur. Ky değerinin her iki çeşitte ilkbahar döneminde ky<1 bulunması bu çeşitlerin bu dönemde su eksikliğine hassas olmadığını göstermektedir. Nitekim ilkbaharda KS-50 ve KS-75 konularındaki verim artışı bu verilerle desteklenmektedir. Sonbahar döneminde ise her iki çeşide ait ky değerlerinin ky>1den büyük çıkması bu dönem için çeşitlerin suya hassasiyetini artırmıştır.

Bitki boyları uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Denemede çeşitlerin bitki boy değerleri ilkbaharda T1 kontrol tuz düzeyi ve T2 tuz düzeyinde tuzdan etkilenmezken T3 ve T4 tuz düzeylerinde bitki boyları kontrole göre azalma göstermiştir. Sonbaharda ise bitki boyları üzerine TXÇ ikili intaraksiyonu etkili olurken T1 ve T2 tuz düzeyindeki AS-125 sulama konusunda bitki boyları üzerine etkide bulunmazken T3 ve T4 tuz konusundaki sulama konularından bitki boyları etkilenmememiştir. Sulama suyu tuzluluğu arttıkça KS-50 sulama konusunda bitki boyları etkilenmemiştir. KS-75 ve TS-100 sulama konularında sadece T4 tuz düzeyi etkili olurken AS-125 sulama konusunda T1 ve T2 tuz düzeyindekibitkiboyları etkilenmezken T3 ve T4 tuz düzeyindek bitki boyları önemli oranda kısalmıştır.

Bitki gövde kalınlıklarındaki değişim deneme sonu itibarıyla tuzluluk düzeyinden etkilenirken ilkbahar döneminde T1(14.3) ile T2(13.6) mm ile aynı grupta yer alırken, sonbahar döneminde T1(12.5) ile T2(12.2) mm ile aynı grupta yer almıştır. Tuzluluğun bitki gelişimi üzerine etkisi, bitki boyuna nazaran gövde kalınlığına daha belirgin olarak gözlemlenmiştir. Bu durumun, özellikle yüksek EC değerlerinde stresten kaynaklı su ve besin içeriklerinin bitki tarafından alınamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Yaprak alan indeksleri her iki çeşitte ilkbahar ve sonbahar döneminde sulama miktarı ile artış, tuz düzeyi artışına paralel olarakta azalma göstermiştir.

Bitki kuru madde verimi üzerine ilkbaharda TXS intaraksiyonu etkili olurken sonbahar döneminde ÇXS ve TXS interaksiyonunun etkili olduğu görülmektedir. Genel olarak her iki dönemde sulama suyu tuzluluğu artışı ile kuru madde verimlerinde azalma meydana gelmiştir.

İlkbahar döneminde, hasat indeksleri üzerine yalnızca çeşitlerin %1 önem düzeyinde etki ettiği görülürken sonbahar döneminde herhangi bir istatistiksel etkisi bulunmamıştır.

Yaprak oransal su içeriği, biberde sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak azalmıştır. Tuzlu topraklarda osmotik basıncın yükselmesiyle bitkinin su alımı güçleşmekte ve böylece yaprak oransal su içeriği düşmektedir. İlkbahar ve sonbahar döneminde YOSİ üzerine tuz düzeyleri %1 önem düzeyinde etki etmiştir. Sonbahar döneminde T2 tuz düzeyindeki YOSİ değeri T1 kontrol ile aynı grupta yer almıştır. Sulama konularının ve çeşitlerin YOSİ üzerine etkisi bulunmamıştır.

Her iki çeşit için ilkbahar ve sonbahar döneminde biberde yapraklardaki stoma geçirgenlikleri üzerine yalnızca tuz düzeyleri %1 önem seviyesinde etki etmiştir. Denemede her iki çeşit için stoma geçirgenliğinin sulama düzeyi yükseldikçe azaldığı, tuz düzeyi yükseldikçe arttığı görülmüştür. Topraktaki ozmotik etki nedeni ile bitkinin suyu alamaması sonucunda yaprakların ABA sentezlemesi ile stomaların kapanmaya zorlanması stoma direncini artırmıştır.

Çeşitlerin ortalama meyve ağırlıkları üzerine her iki yetiştirme döneminde üçlü intaraksiyon etkisinin olduğu görülmektedir. Her iki çeşitte ortalama meyve ağırlıkları sulama konularına göre dalgalanma gösterirken tuz düzeyi arttıkça

ortalama meyve ağırlığında azalma meydana gelmiştir. Meyve ağırlığının azalması, tuzluluğun etkisi ile bitkide görülen su eksikliğinden kaynaklanan meyvelerdeki turgor basıncının düşmesi olduğu düşünülmektedir.

Denemede meyve renk ölçümleri üzerine ilkbahar döneminde çeşitlerin ve sulama konularının etkisi olurken, sonbahar döneminde meyve rengi üzerine üçlü intaraksiyonun etkili olduğu ve tuz düzeyi ile sulama düzeyindeki artışın meyve rengini etkilediği belirlenmiştir.

Meyvede suda çözünebilir kuru madde verimleri (SÇKM) üzerine her iki dönemde üçlü intaraksiyonun etkisi görülmüştür. Çeşitlerde ve uygulama konularında SÇKM miktarları farklılıklar göstermiştir.

Her iki çeşitte ilkbahar ve sonbahar döneminde antioksidatif özelligiyle stres kosullarında bitkileri koruyan C vitamini (askorbik asit) içerigi tuzlu koşullarda artış göstermiştir. Sulama suyu miktarının artışı ise C vitamini içeriğini azaltmıştır.

İlkbahar döneminde yapraklardaki iyon miktarları üzerine üçlü intaraksiyonun (ÇxTx S) ve köklerdeki iyon miktarları üzerine TxS intaraksiyonunun etkili olduğu görülmüştür. Her iki yetiştirme döneminde ve her iki çeşitte tuzluluğun artması Na miktarını artırırken K miktarını düşürmüştür. Bitkideki K ve Na dengesinin bozulması verimdeki azalmalar ile açıklanabilir.

Sulama suyu tuz içeriğinin artmasına bağlı olarak toprakta da tuz birikimi artmıstır. Deneme sonunda, ilkbahar döneminde sulama suyu tuzluluğunun en yüksek oldugu T4 konusunda 12.24 dS m^{-1} düzeylerine ulasan toprak tuzluluğu, kontrol konusunda 1.46 dS m^{-1} düzeyinde kalmıştır. Sonbahar döneminde ise bu değerler T4 konusunda 10.16 dS m^{-1} olurken kontrol konusunda 1.40 dS m^{-1} olarak bulunmuştur. Ayrıca tuz birikimi üst katmanlarda daha yüksek bulunmuştur. Sulama suyu tuzlulugu ile toprakta biriken tuz arasında her iki yetiştirme ve çeşitte ortalama , (R^2= 0.95) olan ikinci dereceden bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Antalya ve çevresinde tuzlu sulama sularının seralarda biber yetiştiriciliğinde kullanımı ile ilkbahar döneminde sulama suyu EC değeri 2.5 dS m^{-1} olan alanlarda ve su sıkıntısı sorunu olan bölgelerde Onur ve Ada biber çeşitleri ilkbahar ürün yetiştiriciliği için doğru sulama stratejilerinin kullanımı ile önerilebilir. Böylece verim kaybı en aza düşürülerek önemli ölçüde su

tasarrufu sağlanmış olacaktır. Sonbahar döneminde ise sulama suyu tuzluluğu T3(3.5 dS m^{-1}) olan suların kullanımı ile bu çeşitlerin sonbahar ürün yetiştiriciliğinde kullanımı önerilmektedir.

SALTMED Modelinin, tahmin edilen ve ölçülen biber verimlerini ilkbahar döneminde konulara göre % 1.1 ile % 7.4 arasında, sonbahar döneminde ise % 0.0 ile % 7.5 arasında farklarla oldukça iyi tahmin ettiği görülmüştür.

SALTMED Modeli her iki çeşit için biber kuru madde verimini ilkbahar döneminde konulara göre % 1.5 ile % 8.7 arasında, sonbahar döneminde ise % 0.1 ile % 7.7 arasındaki oldukça iyi tahmin etmiştir.

Model ilkbahar döneminde toprak tuzluluğu artışını, % 1.3 ile % 8.8 arasındaki farklarla oldukça iyi tahmin ederken, sonbahar döneminde % 1.4 ile % 7.7 farkla tahmin etmiştir.

SALTMED modeli farklı sulama yöntemleri, su uygulama stratejileri, sulama suyu kalitesi, farklı toprak tipleri ve farklı bitkiler için kullanım potansiyeline sahip genel bir modeldir. Model sulama yöntemi, toprak tipi, sulama suyunun tuzluluk derecesi, gübre uygulamaları, iklim ve bitkiye ilişkin verileri kullanarak verim, bitki gelişimi, kuru madde verimi, bitki su tüketimi, toprak su içeriği ve topraktaki tuz dağılımı ile yıkama gereksinimini tahmin etmektedir. Araştırma sonuçlarına göre SALTMED modeli sera şartlarında ilk kez test edilmiş, tam sulama konularında biber bitkisinin meyve verimini, toprak üstü kuru madde verimini ve toprak tuzluluğunu ve toprak su içeriğini oldukça iyi tahmin ettiği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre farklı türler ve farklı sulama yöntemleri ile yapılacak yeni çalışmalarla modelin performansının sera şartlarında daha pratik sonuçlar vermesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

ABU-SHARAR, T.M., 1998. Crop Salt Tolerance. Advanced Short Course on Sustainable Use of Non Conventional Water Resources in the Mediterranean Region, Aleppo-Syria, April 18-30. pp. 597-633.

AKDOĞAN, S.,ÖZKAN, İ., 2000. Gelişmenin Değişik Dönemlerinde Uygulanan Su Noksanlığı Geriliminin Biber Bitkisi (Capsicum annuum L.)'nin Tuza Duyarlılığı Üzerine Etkisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1):1-8.

AKILAN, K., FARRELL, R.C.C., BELL, D.T. and MARSHALL, J.K., 1997. Response of Klonal River Red Gum to Water Logging by Fresh and Salt Water. Australian Journal of Experimental Agriculture, 37: 243-248.

AKTAŞ, H., 2002. Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı. Doktora Tezi . Çukurova Üniv. Zir. Fak. B.B.B. Adana

ALAM, S.M., 1994. Nutrient Uptake by Plants Under Stres Conditions. Ed.Mohammad Passaraklı, Handbook of Plant and Crop Stres. 616. New York

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop Evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

ARMSTRONG, A.S.B., RYCROFT, D.W. and TANTON, T.W., 1995. Seasonal Movement of Salts in Naturally Structured Saline-Sodic Clay Soils. Agricultural Water Management. 32: 15-27.

ATAY, N., 2006. Harran Ovası Kosullarında Damla Sulama Sistemi İle Sulanan Biberin Tuza Dayanımının Belirlenmesi. Harran Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi

AYERS, R.S. and WESCOT, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation of the and Drainage Paper No: 29. 163 p., Rome

BATU, A., 2004. Determination of Acceptable Firmness and Colour Values of Tomatoes. Journal of Food Engineering, 61:471–475.

BEADLE, C.L., 1985. Plant Growth Analysis. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. Edited by J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long and J.M.O. Scurlock. Chapter 2, P:20-25. Pergoman Press Oxford, England

BEEK, J.G. and LTIFI, A., 1991. Evidence for Salt Tolerance in Pepper Varieties in Tunisia. Euphytica; 57(1): 51-56.

BEESE, F. and MOSHREFI, N., 1985. Physiological Reaction of Chile-Pepper to Water and Salt Stress. Drip/Trickle Irrigation in Action Volume-II; pp. 646-651.

BELTRAN, J.M., 1999. Irrigation with Saline Water: Benefits and Environmental Impacts. Agricultural Water Management, 40:183-194.

BOUYOUCOUS, C.J., 1951. A Recalibration Of The Hydrometer Of Making Mechanical Analyses Of Soils. Agronomy Journal. 43: 434-438.

BOYACI, F., OĞUZ, A., ÜNLÜ, M., EREN A., TOPÇU, V., ERKAL, S., 2009. Partenokarp Ve Partenokarp Olmayan Patlıcanların (*Solanum melongana* L.) Bazı Vejetatif Ve Generatif Gelişme Parametreleri Arasındaki İlişkiler. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi (ISSN 1300-3496), 26 (1): 28-39.

BRESLER, E., Mc NEAL, B.L., and CARTER, D. L.,1982. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modeling Springer-Verlag, Berlin. 25s.

ÇAĞLAR, K.Ö., 1969. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Zir. Fak.Yayınları:10, 230s.

ÇAKIRLAR, H., TOPÇUOĞLU, S. F., 1985. Stress Terminology. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araş. Merkezi.

CARDON, E.G., LETEY, J., 1992. Plant Water Uptake Terms Evaluated For Soil Water and Solute Movement Models. Soil Sci. Soc. Am. J. 56, 1876–1880.

CHARTZOULAKIS, K. S. and KLAPAKI, G., 2000. Effects of NaCl Salinity on Growth and Yield of Two Pepper Cultivars. Acta-Horticulturae. 511: 143-149.

CHAWLA, K.L., KHOSLA, B.K., and SHARMA, D.R., 1983. Hydraulic Properties of a Sandy Loam Soil as Influenced by Salinization and Desalinization. Irrigation Science, 4: 47-254.

ÇİZİKÇİ, S., 1998. Değisik Tuzluluk, SAR ve Ca: Mg Oranlarına Sahip Sulama Sularının Ispanağın Çimlenme ve Verimine Olan Etkileri. Toprak ve Gübre Araştırma. Enstitüsü. Yayınları. No: 198. Ankara

CRAMER, G.R. 2002. Sodium-Calcium Interactions under Salinity Stress. In: Salinity. Environment-Plants-Molecules.. A. Lauchli and U. Lüttge (Eds) . Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 205–227.

DAĞDELEN, N., YILMAZ, E., SEZGIN, F., GÜRBÜZ, T., 2004. Effects of Water Stress at Different Growth Stages on Processing Pepper (*Capsicum Annum Cv. Kapija*) Yield Water Use and Quality Characteristics. Pakistan Journal of Biological Sciences, 12(7): 2167-2172.

DAGOBIET, M., KATRINE A. STEWART; PHILIPPE S., CHANDRA M., 2010. Saline Drip Irrigation and Polyethylene Mulch on Yield and Water Use Efficiency of Bell Peppers. International Journal of Vegetable Science, 1931-5279, Volume 16, Issue 1, Pages 3 – 14.

DAŞGAN, Y., ABAK, K., 2003. Effects of Plant Density and Number of Shoots on Yield and Fruit Characteristics of Peppers Grown in Glasshouses. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27 P:29-35.

DE PASCALE, S., RUGGİERO, C. AND BARBIERI, G. 2000. Effects Of Irrigating Pepper (Capsicum Annuum L.) Plants with Saline Water on Plant Growth, Water Use Efficiency, and Marketable Yield. Acta Horticulturae (Ishs) 537:687-695

DE-MALACH, Y., PASTERNAK, D., TWESKY, M. and BOROV_S, I., 1978. Irrigation of Sugarbeet with Brackish Waters. Itasadeh, 59: 418-424.

DEMIRTAŞ, Ç., AYAS, S., 2009. Deficit Irrigation Effects on Pepper (*Capsicum Annuum* L. Demre) Yield in Unheated Greenhouse Condition. Journal of Food Agriculture & Environment Vol.7 (3&4) : 9 8 9 - 9 9 3

DİŞLİ, Y., 1997. Antalya İli Kale (Demre) İlçesi Yer altı Sulama Suyu Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya

DOORENBOS J, KASSAM A.,H., 1986. Yield Response to Water, Irrigation and Drainage Paper No. 33, FAO, Rome, p. 193.

DORAIS, M., PAPADOPOULOS, P. A. AND GOSSELIN, A., 2001. Influence of Electric Conductivity Management on Greenhouse Tomato Yield and Fruit Quality. INRA, EDP Sciences Agronomie 21, 367 – 383.

DUST M., BARAN N., ERRERA G., HUSTON J.L., MOUVET C., SCHAFET H., VEREECKEN H., WALKER A., 2000. Simulation of Water and Solute Transport in Field Soils with the LEACHP Model. Agricultural Water Management 44, 225-245.

EL MOKH, F., NAGAZ, K., MASMOUDI, M.M., MECHLIA, N.B., 2014. Effects Of Surface And Subsurface Drip Irrigation Regimes with Saline Water on Yield and Water Use Efficiency of Potato in Arid Conditions of Tunisia. Journal of Agriculture and Environment for International Development, 108 (2): 227 - 246.

EPSTEIN, E., NORYLN, J. D., RUSH, D. W., KINGSBURY, R. W., KELLY, D. B., GUNNINGHAM, G. A., WRONA, A.F., 1980. Saline Cultures of Crops: A Genetic Approach, Science,: 163, 695-703.

ERKEN, O., 2004. Çanakkale Yöresinde Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Biberde (*Capsicum Annuum*) En Uygun Sulama Programının Belirlenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.Yüksek Lisans Tezi

FAO, 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No: 29, Rome

FAO, 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production, Irrigation and Drainage

FAO, 2009. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0936e/i0936e10.pdf (Erişim Tarihi: 2012)

FAO, 2014. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0936e/i0936e10.pdf (Erişim Tarihi: 2015)

FATHIA, E. M., KAMEL, N., MOHAMED, M., ASMOUDI, NETIJ, B. M., 2014. Effects of Surface and Subsurface Drip Irrigation Regimes with Saline Water on Yield and Water Use Efficiency of Potato in Arid Conditions of Tunisia

FERNANDEZ-GARCIA, N., MARTINEZ, V. AND CARVAJAL, M., 2004. Effect of Salinity on Growth Mineral Composition and Water Relations of Grafted Tomato Plants. Journal Plant Nutrition Soil Science, 167: 616-622.

GALLARDO, M., THOMPSON, R.B., VALDEZ, L.C., PÊREZ, C., 2004. Response of Stem Diameter to Water Stress in Greenhouse-Grown Vegetable Crops. Acta Horticulturae, 664, 253-260.

GOLABI, M., NASERI, A. A., KASHKULI, H. A., 2009. Evaluation of SALTMED Model Performance in Irrigation and Drainage of Sugarcane Farms in Khuzestan Province of Iran. Food, Agriculture & Environment (JFAE),Vol. 7, Issue 2, p 874-880.

GOMEZ, I., J. NAVARRO, P., MORAL, R.,. IBORRA, M.R., PALACIOS, G., AND MATAIX, J., 1996. Salinity and Nitrogen Fertilization Affecting the Macronutrient Content and Yield Of Sweet Pepper Plants. Journal of Plant Nutrition, 19(2): 353-359.

GRATTAN, S.R., GRİEVE, C.M. 1999. Salinity-Mineral Nutrient Relations in Horticultural Crops. Scientia Horticulturae, 78, 127-157.

GREENWAY, H., MUNNS, R.,1980. Mechanisms Of Salt Tolerance in Non Halophytes. Annual Review of Plant Physiology. 31: 61-69.

GUPTA, I.C. and YADAV, J.S.P., 1986. Crop Salt Tolerance to Saline Irrigation Water. Journal of the Indian Society of Soil Science., 34: 379-386.

HAIJUN,L., HUIYING, Y., JIANHUA, Z., DONGDONG, J., JUNWANG, L., 2012. Irrigation Scheduling Strategies Based on Soil Matric Potential on Yield and Fruit Quality of Mulched-Drip Irrigated Chili Pepper in Northwest China. Agricultural Water Management, 2012, vol. 115, issue C, pages 232-241.

HALE, M., ORCUTT, D., 1987. The Physiology of Plants Under Stress. ISBN 10: 0471632473 / ISBN 13: 9780471632474

HAMDY, A., 2002. Sustainable Use and Management of Non-Conventional Water Resources in the Arid Regions. Proceedings of the International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity, 7-10 November, 2000, Antalya-Turkey. Acta Horticulturae 573, ISHS, pp 159-174.

HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., ZHU, J.-K. AND BOHNERT, H.J.(2000b) Plant Cellular And Molecular Responses to High Salinity. *A*nnual Review of Plant Biology and Plant Molecular Biology, 51,463-499.

HILLEL, D., 1977. Computer Simulation of Soil–Water Dynamics: a Compendium of Recent Work. IDRC, Ottawa, Canada, 214pp.

HIŞIL, Y., 1993. Enstrümental Gıda Analizleri Laboratuar Kılavuzu, Ege Üniv. Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayınları. No:55, İzmir, (45) s.

HOWELL, T.A., MUSICK, J.T., TOLK, J.A., 1986. Canopy Temperature of Irrigated Winter Wheat. Transactions of the ASAE, Vol. 29(6): 1692-1699.

İNAL, A., GÜNEŞ,A., ALPASLAN, M., ERASLAN, F., ÇİÇEK, N., 2006. Domates ve Biber Bitkisinde Gübrelerden Kaynaklanan Tuzlulugun İyonik ve Ozmotik Etkisinin Fizyolojik Parametreler ile Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri

İNCEKAYA, Ç., 2010. Akdeniz Bölgesinde Damla Sistemiyle Tatlı Ve Tuzlu Su Kullanılarak Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerinin Quinoa Bitkisinin Verimiyle Toprakta Tuz Birikimine Etkileri ve SALTMED Modelinin Test Edilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı - Yüksek Lisans Tezi 122 sf.

İNCEKAYA, Ç., YAZAR, A., SEZEN, S.M. 2014. SALTMED Model Performance on Simulation of Soil Moisture and Crop Yield for Quinoa Irrigated Using Different Irrigation Systems, Irrigation Strategies and Water Qualities in Turkey. IRLA 2014 International Symposium, Patras , Greece 26-28 November.

ISRAELSEN, O.W. AND HANSEN, V.E., 1962. Irrigation Principles and Practices. 3rd Edition, John Willey and Sons, Inc., New York

KACAR, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. A.Ü.Z.F. Yay: 453, Uygulama Kılavuzu: 155, A.Ü. Basımevi, Ankara

KADAYIFÇI, A., TUYLU, G. _. ve UÇAR, Y., 2004. Sulama Suyu Tuzluluğunun Soğan Bitkisinin Yumru Verimi, Bitki Su Tüketimi ve Toprak Profili Üzerine Etkileri. Ankara Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi. Cilt: 10(1): 45-49, Ankara

KALFOUNTZOS D, RAGAB R, VYRLAS P, KALFOUNTZOS P, PATERAS D. 2009. Calibration of SALTMED Model for a Cotton Plantation Using a Trickle Irrigation System. In Proceedings of the 6th National Congress of Agricultural Engineering: the Agricultural and Biosystems Engineering in the Era of Biofuels and Climatic Change, Thessaloniki, Greece, 8–10 October, Antonopoulos VZ, Georgiou P, Vougiouka S (eds); 43-50. ISBN: 978-960-6865-12-1.

KANBER, R., ÇULLU, M.A., KENDİRLİ, B., ANTEPLİ, S., YILMAZ, N., 2008. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Sulama - Drenaj Konferansı 10-11 Nisan 2008, Adana

KANBER, R., KIRDA, C. VE TEKINEL, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana

KARİPÇİN, M.Z., 2009. Yerli ve Yabani Karpuz Genotiplerinde Kuraklığa Toleransın Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bahçe Bitkileri Doktora Tezi. 259 sf.

KAYA, C., HİGGS, D. (2003) Relationship between Water Use and Urea Application in Salt-Stressed Pepper Plants. Journal of Plant Nutrition 26(1), 19-30.

KREIJ, C., 1999. Production, Blossom-End Wet, and Cation Uptake of Sweet Pepper as Affected by Sodium, Cation Ratio, and EC of the Nutrient Solution. Graterbauwissens Chaft, 64 (4): 158-164.

LEONE, A.P., MENENTI, M. and SORRENT_NO, G., 2001. Reflectance Spektrometry of Study Crop Response to Soil Salinity. Italian Journal of Agronomy. 4, (2):75-85.

LEVITT, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol.II, 2nd ed. Academic Press, New York, p: 607.

LOAGUE, K., R.E. GREEN. 1991. Statistical and Graphical Methods for Evaluating Solute Transport Models: Overview and Application. Journal of Contaminant Hydrology, 7:51-73.

LOPEZ, R., MEDİNA, D., ASCENCİO, F., TROYO, E., 2012. Differential Responses of Chiltepin (*Capsicum Annuum Var. Glabriusculum*) and Poblano (*Capsicum Annuum Var. Annuum*) Hot Peppers to Salinity at the Plantlet Stage. African Journal of Biotechnology Vol. 11(11), pp. 2642-2653.

MAAS, E.V., HOFFMAN, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance- Current Assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE, 103 (IR2):115-134.

MARSCHNER, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press. London. 889 p.

MEDEIROS, J. F. 2002. Chili Tolerance Salinity under Protected Cultivation. Agricola Engineering. v. 22, n. 2, p. 200-210.

MEIRI, A. PLAUT, Z., 1985. Crop Production and Management under Saline Conditions. Plant and Soil, 89: 253-271.

MIZRAHI, Y., PASTERNAK, D., 1985. Effect of Salinity on Quality of Various Agricultural Crops. Plant and Soil, 89:301-307.

MONTENEGRO, S.G., MONTENEGRO, A., RAGAB,R., 2009. Improving Agricultural Water Management in the Semi-Arid Region of Brazil: Experimental and Modeling Study. Irrigation Science, DOI 10.1007/s00271-009-0191-y

MORENO, M.M., RIBAS, F., MORENO, A. and CABELLO, M.J., 2003. Physiological Response of a Pepper (*Capsicum annuum* L.) Crop to Different Trickle Irrigation Rates. Spanish Journal of Agricultural Research; 1(2): 65-74.

MUNNS, R. AND A. TERMAAT. 1986. Whole-Plant Responses to Salinity. Australian Journal of Plant Physiology 13: 143-160.

NAGAZ, K., M. M, MASMOUDI, N.B. MECHLIA., 2012. Effects of Deficit Drip-Irrigation Scheduling Regimes with Saline Water on Pepper Yield, Water Productivity and Soil Salinity under Arid Conditions of Tunisia. Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID 2012, 106 (2): 85-103.

NAJIB, BH, MANIA IJ, ZAOUI, A, RAGAB, R. 2007. Irrigation Water Management Using Fresh and Saline Water: Modelling and Experimental Study. SALTMED Model Calibration and Validation Using Fresh Water. Presented at ICID 22nd European Regional Conference, Pavia, Italy

NASH, J. E. and J. V. SUTCLIFFE, 1970. River Flow Forecasting through Conceptual Models Part I -A Discussion of Principles, Journal of Hydrology, 10 (3), 282-290.

NAVARRO, J.M., GARRİDO, C., FLORES, P.M. 2010. The Effect of Salinity on Yield and Fruit Quality of Pepper Grown in Perlite. Spanish Journal of Agricultural Research 8(1):142-150.

ÖZALP, R., 2008. Hibrit Biber (*Capsicun annuum L.*) Islahında Saf Hatların ve Hibritlerinin Morfolojik Karakterizasyonu ile Verim ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri AnaBilim Dalı Antalya

ÖZALP, R., ÇELİK, İ., 2014. Örtüaltı Yetiştiriciliği İçin Geliştirilen Heterotik Grupları Belirlenmiş Biber Hatlarında Özel Kombinasyon Yetenek Testi ve Morfolojik Karakterizasyon. 5. Uluslararası Katılımlı Türkiye Tohumculuk Kongresi Bildiri Kitabı. Sözlü Bildiri. Dicle Üniversitesi. 19-23 Ekim 2014. Diyarbakır. S. 285-290.

ÖZTÜRK, A. ERÖZEL, A.Z., 1994. Sulama Suyu Kalitesi ve Tabansuyu Derinliğinin Bitki Verimlerine Etkisi. DSİ Teknik Bülteni, 81:55-60., Ankara Paper No 48. Rome, Italy

PARK, C.S. and O'CONNOR, G.A., 1980. Salinity Effects on Hydraulic Properties of Soil. Soil Science. 130 (3): 167-174.

PARLAK M. ÖZASLAN, A., 2006. Sulama Suyu Tuzluluk Düzeylerinin Silajlık Sorgumun (*Sorghum* bicolor (L.) Moench) Verimine ve Toprak Tuzluluğuna Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12 (1) 8-13.

PASCALE, S., RUGGIERO, C., BARBIERI, G. and MAGGIO, A., 2003. Physiological Responses of Pepper to Salinity and Drought. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128(1): 48-54.

PATIL, V.C., AL-GAADI K. A., WAHB-ALLAH M. A., SALEH, A. M., AREY,S. A. SAMDANI, M. S. AND ABBAS, M. E. 2014. Use Of Saline Water for Greenhouse Bell Pepper (*Capsıcum Annuum*) Production. American Journal of Agricultural and Biological Sciences.Volume 9, Issue 2. Pages 208-217.

PETERSEN RG, CALVIN LD 1965. Sampling In 'Methods of Soil Analysis, Part 1' (Ed CA Black) pp.54A72.

POLAT, A., 2013. Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği İçin Arıtılan Atıksuların Yeniden Kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6(1): 58-62, ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132.

PONNAMBALAM, R., TEPE, A., YAZAR, A., RAGAB, R., 2015. The Effect of Saline Irrigation Water on The Yield of Pepper: Experimental and Modelling Study. Irrigation and Drainage 64: 41–49.

PUNTAMKAR, S.S., KANT, K. and MATHUR, S.K., 1988. Effect of Saline Soil Water Irrigation on Soil Proporties. Transaction of Indian Society of Desert Technology, No:2, pp. 69-72, India

QADIR M., WICHELNS D., OSTER J., JACOBSEN S.-E., BASRA S.M.A. and CHOUKR-ALLAH R. (eds) 2010. Sustainable Management of Saline Waters and Salt-Affected Soils for Agriculture: Proceedings of the Second Bridging Workshop,15-18 Nov 2009, Aleppo, Syria. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, (ICARDA), PO Box 5466, Aleppo, Syria; and International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka. vi + 106 pp.

RAGAB, R., 2002. A Holistic Generic Integrated Approach for Irrigation, Crop and Field Management: The SALTMED Model. Environmental Modelling & Software, 17: 345-361.

RAGAB, R., MALASH, N., ABDEL GAWAD, G., ARSLAN, A., GHAIBEH A.,2005b. A Holistic Generic Integrated Approach for Irrigation, Crop and Field Management 2. The SALTMED Model Validation Using Field Data of Five Growing Seasons from Egypt and Syria. Agricultural Water Management, 78, 89–107.

RAGAB, R., MALASH, N., ABDEL GAWAD,G., ARSLAN, A., GHAIBEH A., 2005a. A Holistic Generic Integrated Approach for Irrigation, Crop and Field Management 1.The SALTMED Model and Its Calibration Using Field Data From Egypt And Syria. Agricultural Water Management, 78, 67–88.

RHOADES, J., KANDIAH, A., MASHALI, A.M., 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production. Irrigation and drainage paper no. 48. Rome, Italy, 150 pp.

ROBINSON, S.P., DOWNTON, W., J, MILLHOUSE, J. A., 1983. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves. Agric. Biochem. Biology. 228:197-206.

SAATÇI, F., 1975. Toprak İlmi. EÜ. Zir. Fak. Yay. No:214, Bornova, İzmir, 164 ss.

SARUHAN,V., ÜZEN, N., EYLEN, M., ÖNER, Ç., 2008. Toprak Tuzluluğunun Kültür Bitkilerine Etkileri Ve Alınabilecek Somut Önlemler. Sulama ve Tuzlanma Konferansı 12-13 Haziran Ş.Urfa

SEZEN, M., YAZAR, A., TEKİN, S., EKER,S., KAPUR, B., 2011. Yield and Quality Response of Drip-Irrigated Pepper under Mediterranean Climatic Conditions to Various Water Regimes. African Journal of Biotechnology Vol. 10(8), pp. 1329-1339.

SHAINBERG, M., 1975. Influence of Soil Salinity on Production of Dry Matter and Uptake and Distribution of Nutrient in Corn. Agronomy Journal, 5 : 62, 43-45.

SHALHEVET, J., 1994. Using Water of Marginal Quality for Crop Production: Major Issues. Agricultural Water Management. 25: 233-269.

SHANNON, M. C., (1985). Principles and Strategies in Breeding for Higher Salt Tolerance . Plant Soil 89, 227-24.

SHARMA, D. P., 1980. Effect of Using Salinty Water to Supplement Canal Water Irrigation on The Crop Growth of Rice. Curr. Agr. 4, 79-82.

SILVA, L.L, RAGAB, R., DUARTE, I., LOURENCO, E., SIMOES, N., CHAVES, MM., 2013. Calibration and Validation of SALTMED Model under Dry and Wet Year Conditions Using Chickpea Field Data From Southern Portugal. Irrigation Science 31: 651–659.

SLEZAK, K., TERBE, I., KAPPEL, N. and TOTH, K., 2002. Salt Tolerance of Sweet Pepper Seedlings. International Journal of Horticultural Science. 8(2):62-66.

SMADEMA, L.K. AND RYCROFT, D.W., 1983. Salinisation due to Irrigation. 261-279, Land Drainage. Batsford Academic and Educational Ltd., London

SÖNMEZ, B. 2009. Türkiye'de Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Islahı ve Yönetimi, 5. Dünya Su Forumu İstanbul Türkiye Bölgesel Su Toplantısı, Sulama-Tuzlanma Toplantısı, DSİ, Ş.Urfa

SÖNMEZ, İ., KAPLAN M., 2004. Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 155–160.

STEGMAN, E.C., 1981. Corn Grain Yield as Influenced by Timing of Evapotranspiration Deficits. Irrigation. Science. 3: 75-87.

TANJI, K.K., 1990. Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports On Engineering Practice No. 71. American Society of Civil Engneers. New York

TEPE, A., KAYA, H., BATMAZ, G., ÖZKAN, C. F., ve DEMİRTAŞ, I.E., 2011. Tuzlu Sulama Suyu Uygulamalarının Bazı Biber Saf Hatlarının Verimleri Üzerine Etkisi. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(1):1-11.

TOPALOĞLU, K., 2010. Tuz Stresinin Chili Biberlerinin Pigment ve Kapsaisinoid Değişimi İle Peroksidaz AktivitesiArasindaki İlişki. Ç.Ü. Biyoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi

TURHAN, A., ŞENİZ, V., 2010. Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Domates Genotiplerinin Çimlenmesi Üzerine Etkileri U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 2, 11-22

TÜRK SANAYİCİLERİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ, 2008. Türkiye'de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler. TÜSİAD Yayın No: T/2008-09/469.

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU, 2014. Bitkisel Üretim İstatistikleri. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 2015)

USSL, 1954, Diagnosis and İmprovement Of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook, No:60, USA, 160 pp.

UZUN, Ö., 2004. Evaluation of SALTMED Model Using Field Data of Turkey. Collection Master of Science IAMB. n. 360 CIHEAM/IAMB-Bari, Italy, p.50.

VILLORA, G., MORENO, A., PULGAR, G. and ROMERO, L., 2000. Yield Improvement in Zucchini Under Salt Stres: Determining Micronutrient Balance. Scientia Horticulture 86: 175-183.

WAHOME, P.K., 2003. Mechanisms of Salt (NaCl) Stress Tolerance in Horticultural Crops—A Mini Review. Acta Horticulturae.;609:127–131.

WILLMOTT, CJ., 1981. On the Validation of Models. Physical Geography **2**: 184–194.

WILLMOTT, CJ., 1984. On the Evaluation of Model Performance in Physical Geography. In Spatial Statistics and Models, Gaile GL, Willmott CJ(eds). D. Reidel: Boston; 443–460.

YAZAR, A., 1990. Utilization of Infrared Thermometry Technique for Assessing Crop Water Stress and Irrigation Scheduling for Soybean. Doğa Tr. Journal of Agriculture and Forestry. 14: 517–533.

YAZAR, A., 2009. Sulama ve Drenaj Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

YAZAR, A., GENCEL, B., SEZEN, S.M., HAMDY, A. 2006. Effects of Different Salinity Levels Water on Drip İrrigated Corn Yields. Mediterranean Region of Turkey. Int. Symp. On Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture. p:158-169. Çukurova Univ. Adana-Turkey, April 4-8, 2006.

YAZAR, A., SEZEN, M., BOZKURT, Y., 2013. Supplemental Irrigation of Wheat and Quinoa Using Drainage Canal Water under the Mediterranean Environmental Condition International conference on Sustainable Water Use for Securing Food Production in The Mediterranean Region Under Changing Climate (10 - 15 March, 2013-Agadir/Morocco

YAZAR, A., SEZEN, M., GENÇEL, B., ŞENGÜL, H., ÖZEKİCİ, B., ÜLGER, A.C., 2002. Harran Ovasında Düşük Basınçlı LEPA ve Damla Sistemleriyle Pamuk ve Mısır Bitkilerinin Sulanma İlkelerinin Oluşturulması. Proje No: TOGTAG-1856. TÜBİTAK p:71.

YAZAR, A., SEZEN, S.M., GENCEL, B., İNCEKAYA, Ç., 1999. Sustainable Use of Highly Saline Water for Irrigation of Crops Under Arid and Semi-Arid Conditions: New Strategies. WASIA Project Final Report, CHIEAM-IAM-Bari, Italy

YEO, A.R., LEE, K.S., IZARD, P., BOURSİER, P.J., FLOWERS, T.J., 1991. Short and Long Term Effects of Salinity on Leaf Growht in Rice (Oryza SativaL.). Journal of Experimental Botany.. 42: 881-889.

YESİLSOY, M.S., 1992. Toprak Bitki Su İliskileri. Ç.Ü. Ziraat. Fakültesi. Ders Kitabı No: 126. 144 p.

YILMAZ, K, AKINCI, I. E. and AKINCI, S., 2004. Effect of Salt Stress on Growth and Na, K Contents of Pepper in Germination and Seedling Stages. PakistanJournal of Biological Sciences.7(4): 606-610.

YURTSEVEN, E. ve BARAN, H. Y., 1998. Sulama Suyu Tuzlulugu ve Su Miktarlarının Brokolide Verim ve Mineral Madde İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. A. Ü. Fen Bilimleri. Enstitüsü. Tarımsal. Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

YURTSEVEN, E., 2004. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Kavramı ve Prensipleri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s: 17-48. Ankara

YURTSEVEN, E.; A. ÖZTÜRK; A. KADAYIFÇI VE B. AYAN., 1996. Sulama Suyu Tuzluluğunun Biberde (Capsicum Annuum) Farklı Gelişme Dönemlerinde Bazı Verim Parametrelerine Etkisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 2(2):5-9.

ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 1991 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. 1993 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümüne Araştırma görevlisi olarak atandı. 1996 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladıktan sonra Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Antalya Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsüne atandı. Halen aynı enstitüde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk sahibidir.

EKLER

EK Çizelge 1. İlkbahar dönemi bitki su tüketim değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	348.000	174.000	4.015öd	0.190
ÇEŞİTLER	1	213.333	213.333	4.923öd	0.137
H A T A	2	86.667	43.333		
TUZ	3	11109.333	3703.111	134.931**	0.000
Ç*T	3	597.334	199.111	7.255**	0.005
HATA	12	329.333	27.444		
SK	3	3392136.000	1130712.000	23142.170**	0.000
Ç*S	3	869.333	289.778	5.931**	0.002
T*S	9	600.000	66.667	1.364öd	0.230
Ç*T*S	9	541.416	60.157	1.231öd	0.000
HATA	48	2319.917	48.332		
GENEL	95	3409176.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 2. Sonbahar dönemi bitki su tüketim değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	1170.000	585.000	1.403öd	0.416
ÇEŞİTLER	1	92.000	92.000	0.221öd	0.682
H A T A	2	834.000	417.000		
TUZ	3	4036.000	1345.333	4.692*	0.022
Ç*T	3	137.333	45.778	0.160öd	0.918
H A T A	12	3440.667	286.722		
SULAMA	3	2237582.750	745860.938	2597.436**	0.000
Ç*T	3	249.250	83.083	0.289öd	0.834
T*S	9	166.583	18.509	0.064öd	1.000
Ç*T*S	9	300.083	33.343	0.116öd	0.999
H A T A	48	13783.333	287.153		
GENEL	95	2261792.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 3. İlkbahar döneminde biber verimlerine ilişkin varyans analizi

V.K	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	1826816.000	913408.000	2.253öd	0.306
ÇESİT	1	76032.000	76032.000	0.188öd	0.703
H A T A	2	810752.000	405376.000		
TUZ	3	74892348.000	24963442.000	90.306**	0.000
Ç*T	3	452861.344	150953.781	0.546öd	0.663
H A T A	12	3317162.750	276430.219		
S	3	12355328.000	4118442.750	12.883**	0.000
Ç*S	3	92928.000	30976.000	0.097öd	0.957
T*S	9	571133.313	63459.258	1.199öd	0.992
Ç*T*S	9	503213.344	55912.594	0.175öd	0.995
H A T A	48	15344725.000	319681.781		
GENEL	95	110241280.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 4. Sonbahar döneminde biber verimlerine ilişkin varyans analizi

V.K	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	1042432.000	521216.000	0.631öd	0.614
ÇEŞİT	1	788480.000	788480.000	0.954öd	0.433
H A T A	2	1652608.000	826304.000		
TUZ	3	14777856.000	4925952.000	36.490**	0.000
Ç*T	3	2730.667	910.222	0.007öd	0.996
H A T A	12	1619925.375	134993.781		
S	3	1292800.000	430933.344	1.571öd	0.207
Ç*S	3	77824.000	25941.334	0.095öd	0.958
T*S	9	4005888.000	445098.656	1.623öd	0.135
Ç*T*S	9	105813.336	11757.037	0.043öd	1.000
H A T A	48	13163947.000	274248.906		
GENEL	95	38530304.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 5. İlkbahar döneminde bitki boy ölçümlerine ilişkin varyans analizi

V.K	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	167.313	83.656	1.331öd	0.429
ÇEŞİT	1	799.271	799.271	12.720*	0.022
H A T A	2	125.667	62.833		
TUZ	3	1187.688	395.896	18.085**	0.000
Ç*T	3	39.313	13.104	0.599öd	0.631
H A T A	12	262.687	21.891		
S	3	21.938	7.313	0.218öd	0.882
Ç*S	3	15.063	5.021	0.150öd	0.926
T*S	9	285.063	31.674	0.944öd	0.498
Ç*T*S	9	78.187	8.687	0.259öd	0.982
H A T A	48	1611.000	33.563		
GENE L	95	4593.188			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 6. Sonbahar döneminde bitki boy ölçümlerine ilişkin varyans analizi

V.K	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	28.063	14.031	0.904öd	0.525
ÇEŞİT	1	2370.083	2370.083	152.703**	0.000
H A T A	2	31.042	15.521		
TUZ	3	3183.167	1061.056	25.539**	0.000
Ç*T	3	83.333	27.778	0.669öd	0.590
H A T A	12	498.562	41.547		
S	3	517.000	172.333	7.495**	0.001
Ç*S	3	23.333	7.778	0.338öd	0.800
T*S	9	627.333	69.704	3.032**	0.006
Ç*T*S	9	89.417	9.935	0.432öd	0.911
H A T A	48	1103.667	22.993		
GENE L	95	8555.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 7. İlkbahar döneminde bitki gövde kalınlığına ilişkin varyans analizi

V.K	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.875	0.438	0.285öd	0.784
ÇEŞİT	1	6.554	6.554	4.öd	0.160
H A T A	2	3.067	1.534		
TUZ	3	2.098	0.699	0.705öd	0.570
Ç*T	3	0.268	0.089	0.090öd	0.960
H A T A	12	11.910	0.992		
S	3	21.450	7.150	7.974**	
0.000					
Ç*S	3	1.962	0.654	0.729öd	0.543
T*S	9	11.980	1.331	1.485öd	0.181
Ç*T*S	9	15.295	1.699	1.895öd	0.075
H A T A	48	43.038	0.897		
GENEL	95	118.496			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 8. Sonbahar döneminde bitki gövde kalınlığına ilişkin varyans analizi

V.K	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.685	0.342	0.148öd	0.899
ÇEŞİT	1	9.290	9.290	4.023öd	0.170
H A T A	2	4.619	2.309		
TUZ	3	30.788	10.263	8.962**	0.003
Ç*T	3	5.826	1.942	1.696öd	0.220
H A T A	12	13.741	1.145		
S	3	2.747	0.916	0.539öd	0.662
Ç*S	3	3.895	1.298	0.765öd	0.522
T*S	9	9.342	1.038	0.611öd	0.782
Ç*T*S	9	9.211	1.023	0.603öd	0.789
H A T A	48	81.482	1.698		
GENEL	95	171.626			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 9. İlkbahar dönemi toplam kuru madde verimlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	23.250	11.625	3.372öd	0.223
ÇEŞİT	1	58.542	58.542	16.979*	0.008
H A T A	2	6.896	3.448		
TUZ	3	2742.332	914.444	38.313**	0.000
Ç*T	3	89.042	29.681	1.244öd	0.337
H A T A	12	286.667	23.139		
S	3	1717.000	572.597	72.807*	0.000
Ç*S	3	51.333	17.444	2.177öd	0.103
T*S	9	721.001	80.667	10.187**	0.000
Ç*T*S	9	87.663	9.963	1.237öd	0.295
H A T A	48	377.500	7.685		
GENEL	95	6162.125			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 10. Sonbahar dönemi toplam kuru madde verimlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	5593.438	2796.719	7.145öd	0.092
ÇEŞİT	1	1535.938	1535.938	3.924öd	0.174
H A T A	2	782.813	391.406		
TUZ	3	2524.688	841.563	5.647*	0.012
Ç*T	3	516.646	172.215	1.156öd	0.367
H A T A	12	1788.000	149.083		
S	3	5090.668	1696.223	23.114**	0.000
Ç*S	3	1140.999	380.000	5.178**	0.004
T*S	9	2055.332	228.370	3.111**	0.005
Ç*T*S	9	447.334	49.482	0.677öd	0.731
H A T A	48	3524.003	73.417		
GENEL	95	24999.938			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 11. İlkbahar dönemi hasat indeksine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.018	0.009	5.615öd	0.131
ÇEŞİT	1	0.168	0.168	107.942**	0.000
H A T A	2	0.003	0.002		
TUZ	3	0.024	0.008	1.843öd	0.193
Ç*T	3	0.017	0.006	1.261öd	0.332
H A T A	12	0.053	0.004		
S	3	0.018	0.006	1.953öd	0.132
Ç*S	3	0.001	0.000	0.146öd	0.928
T*S	9	0.002	0.000	0.086öd	0.999
Ç*T*S	9	0.003	0.000	0.096öd	0.969
H A T A	48	0.144	0.003		
GENEL	95	0.451			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 12. Sonbahar dönemi hasat indeksine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.014	0.007	6.065öd	0.118
ÇEŞİT	1	0.003	0.003	3.000öd	0.220
H A T A	2	0.002	0.001		
TUZ	3	0.004	0.001	0.592öd	0.635
Ç*T	3	0.001	0.000	0.192öd	0.898
H A T A	12	0.025	0.002		
S	3	0.001	0.000	0.122öd	0.943
Ç*S	3	0.000	0.000	0.027öd	0.989
T*S	9	0.006	0.001	0.202öd	0.992
Ç*T*S	9	0.002	0.000	0.069öd	1.000
H A T A	48	0.171	0.004		
GENEL	95	0.230			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 13. İlkbahar döneminde yaprak oransal su içeriğine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	111.250	55.625	5.081öd	0.148
ÇEŞİT	1	162.792	162.792	14.870öd	0.113
H A T A	2	82.688	6.891		
TUZ	3	3177.125	1059.042	**153.693****	0.000
Ç*T	3	14.750	4.917	0.714öd	0.565
H A T A	12	82.688	6.891		
S	3	25.708	8.569	0.490öd	0.695
Ç*S	3	11.500	3.833	0.219öd	0.881
T*S	9	141.417	15.713	0.898öd	0.535
Ç*T*S	9	6.125	0.681	0.039öd	1.000
H A T A	48	839.500	17.490		
GENEL	95	4594.750			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 14. Sonbahar döneminde yaprak oransal su içeriğine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	127.000	63.500	1.997öd	0.333
ÇEŞİT	1	4.167	4.167	0.131öd	0.746
H A T A	2	63.583	31.792		
TUZ	3	2364.250	788.083	110.933**	0.000
Ç*T	3	5.750	1.917	0.270öd	0.846
H A T A	12	85.250	7.104		
S	3	10.167	3.389	0.231öd	0.873
Ç*S	3	14.333	4.778	0.326öd	0.808
T*S	9	247.917	27.546	1.879öd	0.078
Ç*T*S	9	10.083	1.120	0.076öd	1.000
H A T A	48	703.500	14.656		
GENEL	95	3636.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 15. İlkbahar dönemi yaprak stoma geçirgenliğine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	216947.000	108473.500	5.615öd	0.131
ÇEŞİT	1	269134.000	269134.000	13.930*	0.016
H A T A	2	38640.000	19320.000		
TUZ	3	388116.000	129372.000	6.350**	0.008
Ç*T	3	4922.000	1640.667	0.081öd	0.965
H A T A	12	244472.000	20372.666		
S	3	3027.333	1009.111	0.087öd	0.962
Ç*S	3	62192.000	20730.666	1.779öd	0.163
T*S	9	33270.000	3696.667	0.317öd	0.965
Ç*T*S	9	38419.355	4268.817	0.366öd	0.945
H A T A	48	559497.313	11656.194		
GENEL	95	1858637.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 16. Sonbahar dönemi yaprak stoma geçirgenliğine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	5552.000	2776.000	0.408öd	0.712
ÇEŞİT	1	226106.328	226106.328	33.213**	0.000
H A T A	2	13615.672	6807.836		
TUZ	3	305130.344	101710.117	7.472**	0.005
Ç*T	3	2639.661	879.887	0.065öd	0.973
H A T A	12	163336.000	13611.333		
S	3	1053.000	351.000	0.035öd	0.986
Ç*S	3	54178.340	18059.447	1.791öd	0.160
T*S	9	30290.322	3365.591	0.334öd	0.959
Ç*T*S	9	25968.316	2885.368	0.286öd	0.975
H A T A	48	484122.031	10085.876		
GENEL	95	1311992.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 17. Ilkbahar dönemi meyve ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	8.539	4.270	0.280öd	0.788
ÇEŞİT	1	1493.068	1493.068	97.823**	0.000
H A T A	2	30.526	15.263		
TUZ	3	249.109	83.036	4.348*	0.027
Ç*T	3	48.859	16.286	0.853öd	0.494
H A T A	12	229.172	19.098		
S	3	292.078	97.359	6.440**	0.001
Ç*S	3	63.443	21.148	1.399öd	0.254
T*S	9	316.016	35.113	2.323*	0.029
Ç*T*S	9	312.964	34.774	2.300*	0.030
H A T A	48	725.641	15.118		
GENEL	95	3769.414			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli
öd:önemli değil

EK Çizelge 18. Sonbahar dönemi meyve ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	67.391	33.695	8.391öd	0.069
ÇEŞİT	1	6578.641	6578.641	1638.261**	0.000
H A T A	2	8.031	4.016		
TUZ	3	1803.286	601.096	46.283**	0.000
Ç*T	3	148.286	49.429	3.806*	0.039
H A T A	12	155.849	12.987		
S	3	463.380	154.460	10.063**	0.000
Ç*S	3	498.078	166.026	10.817**	0.000
T*S	9	305.672	33.964	2.213*	0.037
Ç*T*S	9	340.192	37.799	2.463*	0.021
H A T A	48	736.755	15.349		
GENEL	95	11105.563			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 19. Ilkbahar döneminde meyve a (a*) değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.893	0.446	1.141öd	0.467
ÇEŞİT	1	94.313	94.313	241.039**	0.000
H A T A	2	0.783	0.391		
TUZ	3	2.967	0.989	1.411öd	0.287
Ç*T	3	0.827	0.276	0.393öd	0.762
H A T A	12	8.413	0.701		
S	3	7.482	2.494	4.095*	0.011
Ç*S	3	5.268	1.756	2.883*	0.045
T*S	9	6.023	0.669	1.099öd	0.382
Ç*T*S	9	5.430	0.603	0.991öd	0.461
H A T A	48	29.236	0.609		
GENEL	95	161.635			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 20. Ilkbahar döneminde meyve hue (h^0) değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.375	0.188	0.110öd	0.941
ÇEŞİT	1	687.958	687.958	402.705**	0.000
H A T A	2	3.417	1.708		
TUZ	3	1.125	0.375	0.441öd	0.731
Ç*T	3	7.042	2.347	2.759öd	0.088
H A T A	12	10.208	0.851		
S	3	16.792	5.597	4.198*	0.010
Ç*S	3	1.708	0.569	0.427öd	0.738
T*S	9	10.125	1.125	0.844öd	0.581
Ç*T*S	9	12.125	1.347	1.010öd	0.446
H A T A	48	64.000	1.333		
GENEL	95	814.875			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.

EK Çizelge 21. Sonbahar döneminde meyve a (a*) değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.490	0.245	20.351**	0.005
ÇEŞİT	1	9.954	9.954	826.746**	0.000
H A T A	2	0.024	0.012		
TUZ	3	12.374	4.125	8.447**	0.003
Ç*T	3	9.501	3.167	6.486**	0.008
H A T A	12	5.859	0.488		
S	3	2.921	0.974	2.865*	0.045
Ç*S	3	0.770	0.257	0.755öd	0.808
T*S	9	14.848	1.650	4.855**	0.000
Ç*T*S	9	18.249	2.028	5.968**	0.000
H A T A	48	16.309	0.340		
GENEL	95	91.299			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 22. Sonbahar döneminde meyve hue (h^0) değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	1.25	0.563	26.987**	0.001
ÇEŞİT	1	950.083	950.083	45581.742**	0.000
H A T A	2	0.042	0.021		
TUZ	3	6.750	2.250	2.531öd	0.003
Ç*T	3	20.333	6.778	7.625**	0.004
H A T A	12	10.667	0.899		
S	3	2.750	0.917	0.981öd	0.411
Ç*S	3	3.667	1.222	1.309öd	0.808
T*S	9	29.833	3.315	3.549**	0.002
Ç*T*S	9	27.917	3.102	3.321**	0.003
H A T A	48	44.833	0.934		
GENEL	95	1098.000			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 23. İlkbahar dönemi SÇKM değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.133	0.067	3.150öd	0.237
ÇEŞİT	1	10.533	10.533	498.786**	0.000
H A T A	2	0.042	0.021		
TUZ	3	12.078	4.026	43.724**	0.000
Ç*T	3	2.247	0.749	8.136**	0.004
H A T A	12	1.105	0.092		
S	3	0.417	0.139	2.140öd	0.106
Ç*S	3	1.865	0.622	9.565**	0.000
T*S	9	3.434	0.382	5.871**	0.000
Ç*T*S	9	2.894	0.322	4.949**	0.000
H A T A	48	3.119	0.065		
GENEL	95	37.869			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 24. Sonbahar dönemi SÇKM değerlerine ilişkin varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK.	2	0.241	0.120	0.941öd	0.515
ÇEŞİT	1	0.033	0.033	0.259öd	0.659
H A T A	2	0.256	0.128		
TUZ	3	2.598	0.866	36.955**	0.000
Ç*T	3	0.196	0.065	2.791öd	0.085
H A T A	12	0.281	0.023		
S	3	0.151	0.050	0.631öd	0.602
Ç*S	3	1.578	0.526	6.593**	0.001
T*S	9	2.323	0.258	3.236**	0.004
Ç*T*S	9	2.490	0.277	3.468**	0.003
H A T A	48	3.829	0.080		
GENEL	95	13.976			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları * ve **. sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli.
öd:önemli değil

EK Çizelge 25. İlkbahar dönemi C vitamini içeriği varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	361.000	180.500	1.240öd	0.446
ÇEŞİTLER	1	6224.250	6224.250	42.769**	0.000
H A T A	2	291.063	145.531		
TUZ	3	3020.917	1006.972	18.246**	0.000
Ç*T	3	2356.250	785.417	14.231**	0.001
HATA	12	662.271	55.189		
SK	3	4264.083	1421.361	51.259**	0.000
Ç*S	3	37.750	12.583	0.454öd	0.720
T*S	9	374.833	41.648	1.502öd	0.174
Ç*T*S	9	925.583	102.843	3.709**	0.002
HATA	48	1331.001	27.729		
GENEL	95	19849.000			

Ç: çeşit . T: tuz . SK: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 26. Sonbahar dönemi C vitamini içeriği varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	512.625	256.313	1.173öd	0.460
ÇEŞİTLER	1	9106.542	9106.542	41.670**	0.000
H A T A	2	437.083	218.542		
TUZ	3	4348.542	1449.514	18.080**	0.000
Ç*T	3	3268.792	1089.597	13.591**	0.001
HATA	12	962.042	80.170		
SK	3	6066.375	2022.125	49.803**	0.000
Ç*S	3	76.958	25.653	0.632öd	0.602
T*S	9	711.458	79.051	1.947öd	0.067
Ç*T*S	9	1280.542	142.283	3.504**	0.002
HATA	48	1948.916	40.602		
GENEL	95	28719.875			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 27. İlkbahar dönemi yaprak K miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.190	0.095	14.800*	0.016
ÇEŞİTLER	1	2.734	2.734	426.571* *	0.000
H A T A	2	0.013	0.006		
TUZ	3	317.083	105.694	19740.592**	0.000
Ç*T	3	11.143	3.714	693.708**	0.000
HATA	12	0.064	0.005		
SK	3	9.459	3.153	893.308**	0.000
Ç*S	3	0.854	0.285	80.616**	0.000
T*S	9	3.322	0.369	104.576**	0.000
Ç*T*S	9	7.788	0.865	245.161**	0.000
HATA	48	0.169	0.004		
GENEL	95	352.819			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 28. İlkbahar dönemi yaprak Ca miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.056	0.028	28.102**	0.001
ÇEŞİTLER	1	0.217	0.217	218.163**	0.000
H A T A	2	0.002	0.001		
TUZ	3	49.061	16.354	4066.606**	0.000
Ç*T	3	22.970	7.657	1903.954**	0.000
HATA	12	0.048	0.004		
SK	3	48.424	16.141	5190.919**	0.000
Ç*S	3	22.372	7.457	2398.217**	0.000
T*S	9	12.452	1.384	444.954**	0.000
Ç*T*S	9	7.477	0.831	267.175**	0.000
HATA	48	0.149	0.003		
GENEL	95	163.230			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 29. İlkbahar dönemi yaprak Na miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.029	0.015	41.306**	0.000
ÇEŞİTLER	1	0.003	0.003	7.949öd	0.068
H A T A	2	0.001	0.000		
TUZ	3	58.478	19.493	14755.481**	0.000
Ç*T	3	0.013	0.004	3.181öd	0.063
HATA	12	0.016	0.001		
SK	3	2.067	0.689	623.295**	0.000
Ç*S	3	0.041	0.014	12.296**	0.000
T*S	9	2.461	0.273	247.369**	0.000
Ç*T*S	9	0.105	0.012	10.520**	0.000
HATA	48	0.053	0.001		
GENEL	95	63.267			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 30. İlkbahar dönemi kök Ca miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.070	0.035	1.520öd	0.397
ÇEŞİTLER	1	0.002	0.002	0.077öd	0.801
H A T A	2	0.046	0.023		
TUZ	3	8.662	2.887	1093.839**	0.000
Ç*T	3	0.202	0.067	25.559**	0.000
HATA	12	0.032	0.003		
SK	3	0.725	0.242	120.622**	0.000
Ç*S	3	0.014	0.005	2.304öd	0.088
T*S	9	0.066	0.007	3.670**	0.002
Ç*T*S	9	0.100	0.011	5.551**	0.000
HATA	48	0.096	0.002		
GENEL	95	10.016			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 31. İlkbahar dönemi kök K miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.086	0.043	4.865ns	0.155
ÇEŞİTLER	1	0.025	0.025	2.798ns	0.232
H A T A	2	0.018	0.009		
TUZ	3	1.376	0.459	72.819**	0.000
Ç*T	3	0.078	0.026	4.107*	0.032
HATA	12	0.076	0.006		
SK	3	0.287	0.096	29.884**	0.000
Ç*S	3	0.012	0.004	1.237ns	0.306
T*S	9	0.108	0.012	3.762**	0.001
Ç*T*S	9	0.042	0.005	1.473ns	0.185
HATA	48	0.154	0.003		
GENEL	95	2.262			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 32. İlkbahar dönemi kök Na miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.024	0.012	15.121*	0.015
ÇEŞİTLER	1	0.001	0.001	0.971öd	0.430
H A T A	2	0.002	0.001		
TUZ	3	22.744	7.581	8858.992**	0.000
Ç*T	3	0.015	0.005	5.941*	0.010
HATA	12	0.010	0.001		
SK	3	0.374	0.125	94.387**	0.000
Ç*S	3	0.005	0.002	1.243öd	0.304
T*S	9	0.189	0.021	15.908**	0.000
Ç*T*S	9	0.022	0.002	1.845öd	0.084
HATA	48	0.063	0.001		
GENEL	95	23.448			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 33. Sonbahar dönemi yaprak K miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.175	0.082	11.300*	0.010
ÇEŞİTLER	1	2.212	1.958	312.198**	0.000
H A T A	2	0.080	0.003		
TUZ	3	249.021	96.628	16324.362**	0.000
Ç*T	3	9.298	2.621	498.288**	0.001
HATA	12	0.042	0.002		
SK	3	7.258	2.084	690.658*	0.000
Ç*S	3	0.643	0.202	63.230**	0.000
T*S	9	2.368	0.214	94.253**	0.000
Ç*T*S	9	5.465	0.498	196.154**	0.000
HATA	48	0.112	0.002		
GENEL	95	278.625			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 34. Sonbahar dönemi yaprak Ca miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.052	0.034	26.132**	0.000
ÇEŞİTLER	1	0.209	0.209	206.124**	0.000
H A T A	2	0.001	0.001		
TUZ	3	48.031	15.356	4018.326**	0.000
Ç*T	3	22.820	6.875	1896.128**	0.000
HATA	12	0.044	0.001		
SK	3	48.100	15.233	5235.685**	0.000
Ç*S	3	20.336	6.457	2356.208**	0.000
T*S	9	11.324	1.268	438.932**	0.000
Ç*T*S	9	6.888	0.785	248.115**	0.000
HATA	48	0.132	0.002		
GENEL	95	158.224			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 35. Sonbahar dönemi yaprak Na miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.026	0.012	40.320**	0.000
ÇEŞİTLER	1	0.002	0.002	7.935öd	0.072
H A T A	2	0.001	0.001		
TUZ	3	58.324	19.485	14762.476**	0.000
Ç*T	3	0.012	0.004	3.27öd	0.058
HATA	12	0.016	0.001		
SK	3	2.072	0.680	624.284**	0.000
Ç*S	3	0.040	0.012	11.328**	0.000
T*S	9	2.445	0.278	252.353**	0.000
Ç*T*S	9	0.106	0.011	10.350**	0.000
HATA	48	0.052	0.001		
GENEL	95	63.325			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 36. Sonbahar dönemi kök Ca miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.058	0.024	1.130öd	0.323
ÇEŞİTLER	1	0.002	0.002	0.065öd	0.685
H A T A	2	0.038	0.021		
TUZ	3	7.687	2.236	992.687**	0.000
Ç*T	3	0.189	0.048	23.347**	0.000
HATA	12	0.027	0.002		
SK	3	0.703	0.214	116.333**	0.000
Ç*S	3	0.012	0.003	2.261öd	0.062
T*S	9	0.059	0.005	3.456**	0.001
Ç*T*S	9	0.92	0.008	5.121**	0.000
HATA	48	0.082	0.002		
GENEL	95	9.234			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

EK Çizelge 37. Sonbahar dönemi kök K miktarı varyans analizi

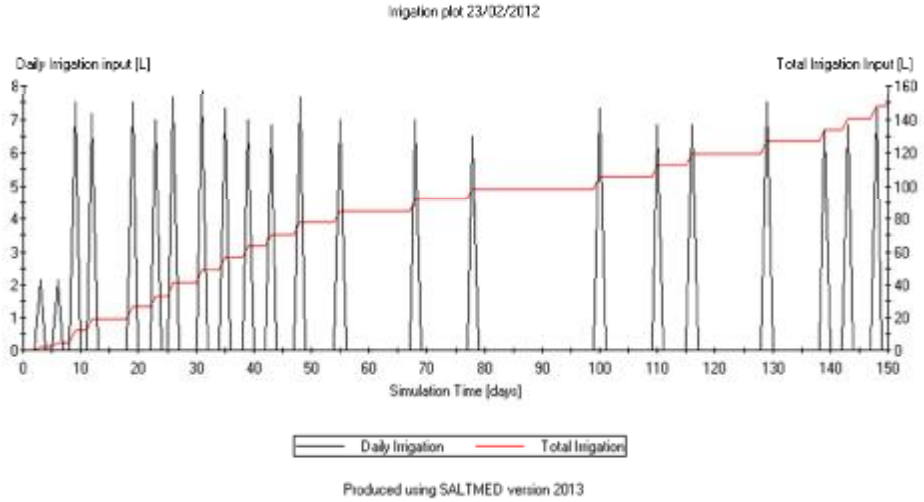
VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.080	0.039	4.682öd	0.124
ÇEŞİTLER	1	0.022	0.022	2.624öd	0.212
H A T A	2	0.014	0.006		
TUZ	3	1.307	0.410	72.520**	0.000
Ç*T	3	0.065	0.020	3.923*	0.028
HATA	12	0.072	0.005		
SK	3	0.258	0.085	29.358**	0.000
Ç*S	3	0.010	0.002	1.196öd	0.285
T*S	9	0.103	0.010	3.688**	0.000
Ç*T*S	9	0.037	0.003	1.285öd	0.153
HATA	48	0.137	0.001		
GENEL	95	2.112			

Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil

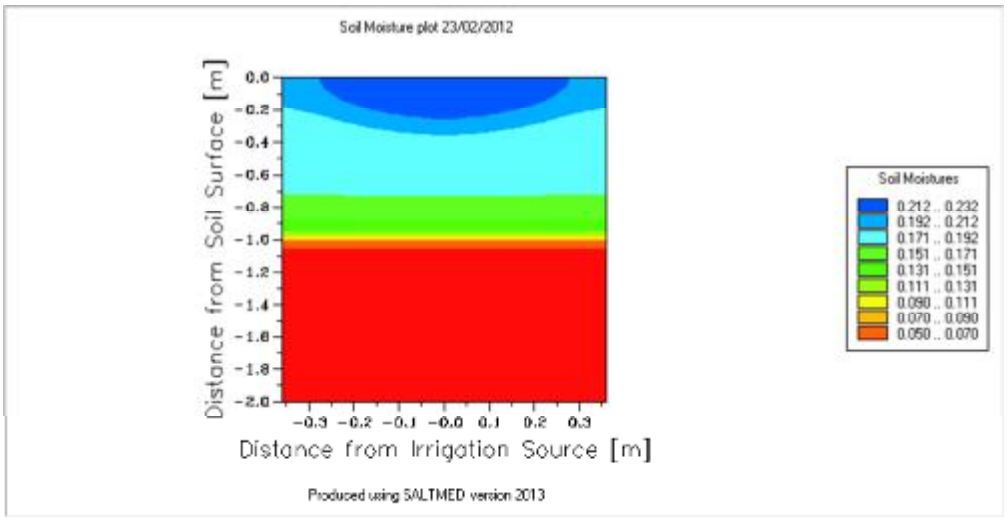
EK Çizelge 38. Sonbahar dönemi kök Na miktarı varyans analizi

VK	SD	KT	KO	F	ALFA %
TEK	2	0.021	0.010	14.086*	0.011
ÇEŞİTLER	1	0.001	0.001	0.787öd	0.358
H A T A	2	0.001	0.001		
TUZ	3	22.568	7.354	8792.887**	0.000
Ç*T	3	0.012	0.002	5.621*	0.008
HATA	12	0.008	0.001		
SK	3	0.351	0.113	94.017**	0.000
Ç*S	3	0.003	0.001	1.112öd	0.286
T*S	9	0.175	0.017	15.756**	0.000
Ç*T*S	9	0.020	0.001	1.758öd	0.078
HATA	48	0.056	0.001		
GENEL	95	22.864			

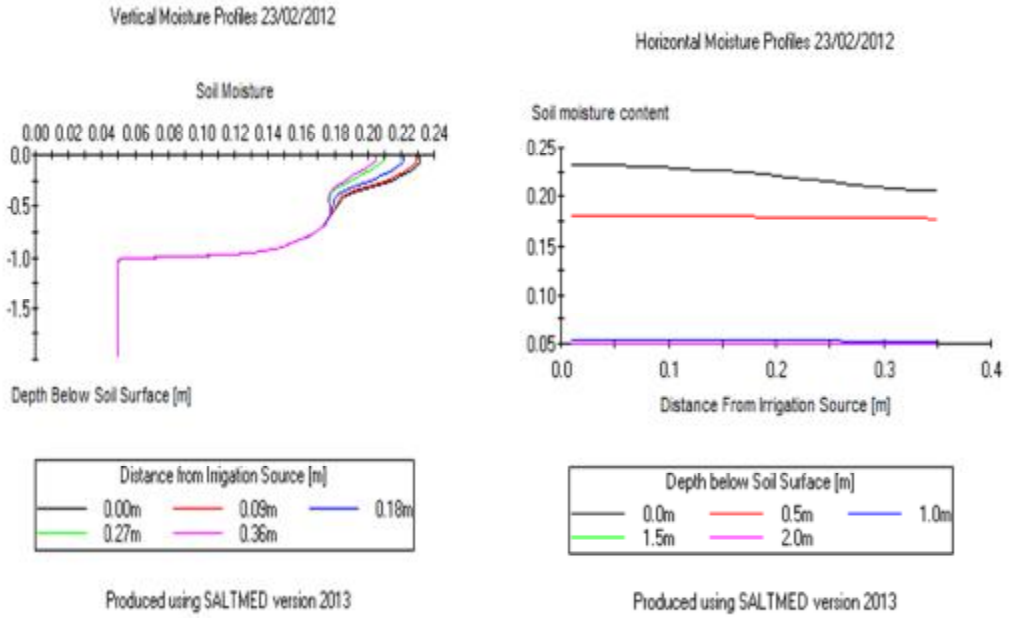
Ç: çeşit . T: tuz . S: Sulama Konuları. * ve ** sırasıyla % 5 ve % 1 düzeyinde önemli. öd:önemli değil



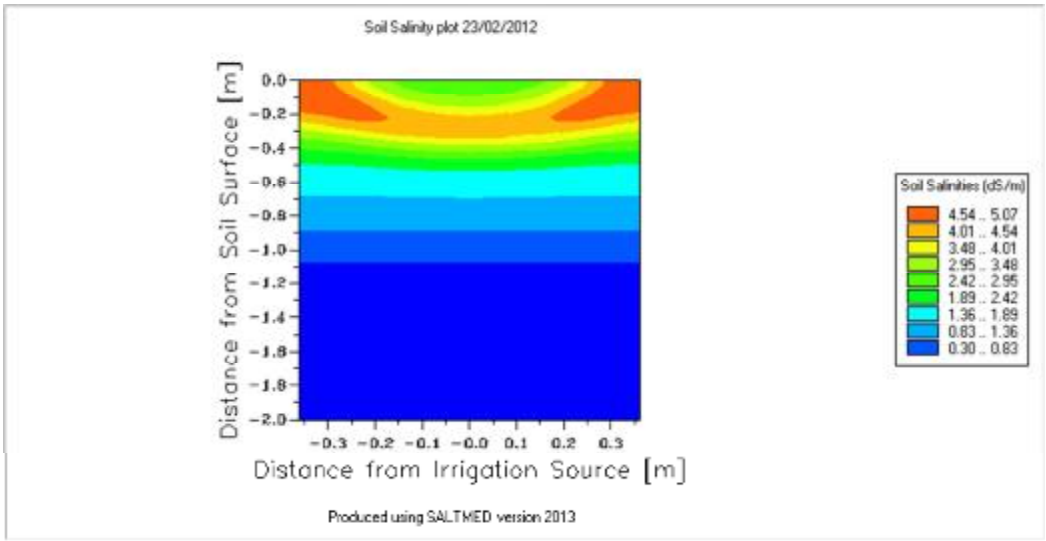
EK Şekil 1. T2 ve TS-100 konusunda uygulanan sulamalar ve toplam sulama suyu miktarının SALTMED modeli ile grafiksel gösterimi



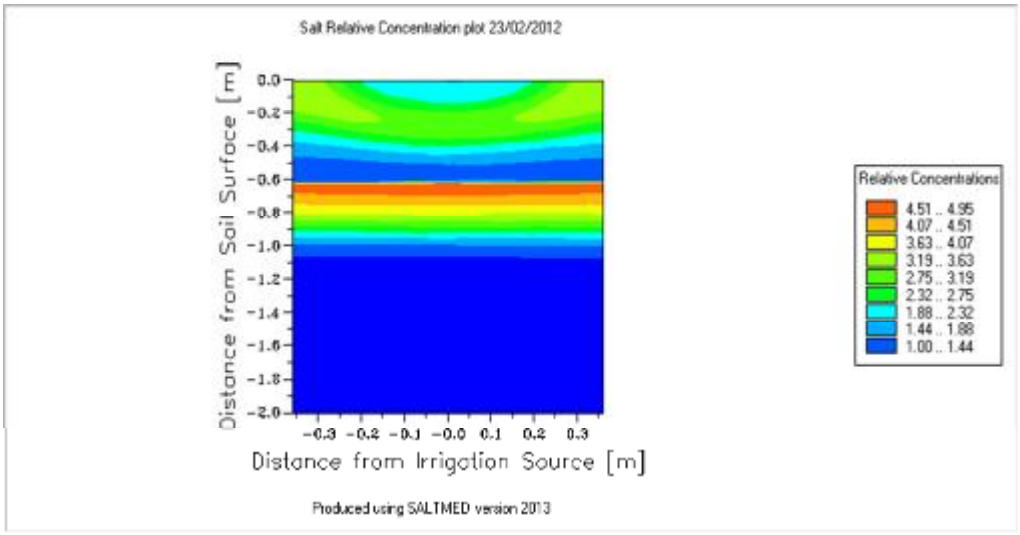
EK Şekil 2. T2 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen hasattaki toprak su içeriği



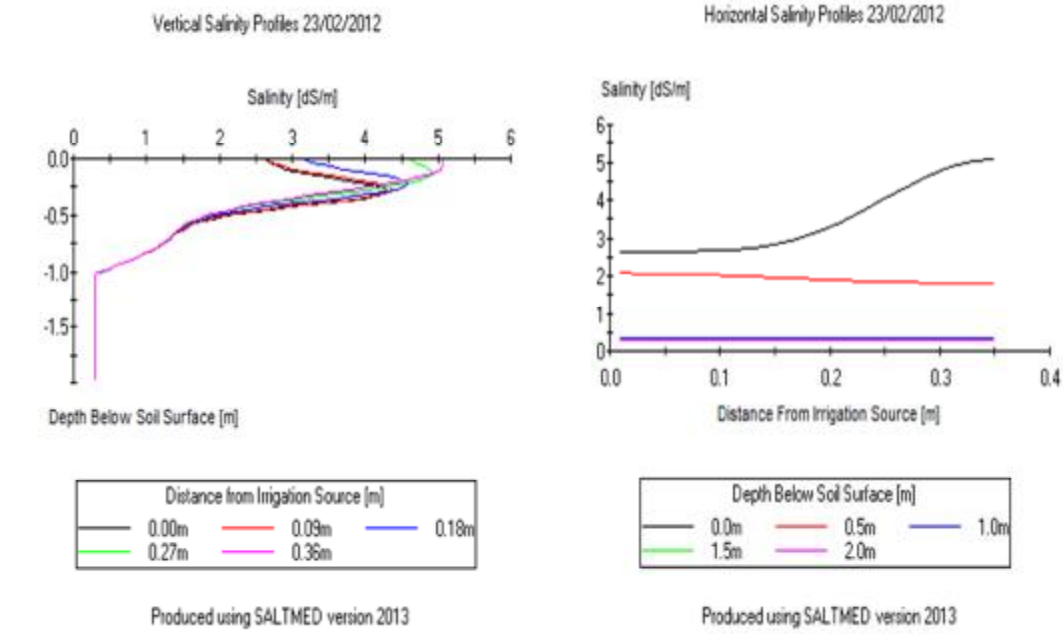
EK Şekil 3. T2 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen hasattaki düşey ve yatay yönde toprak su içeriği



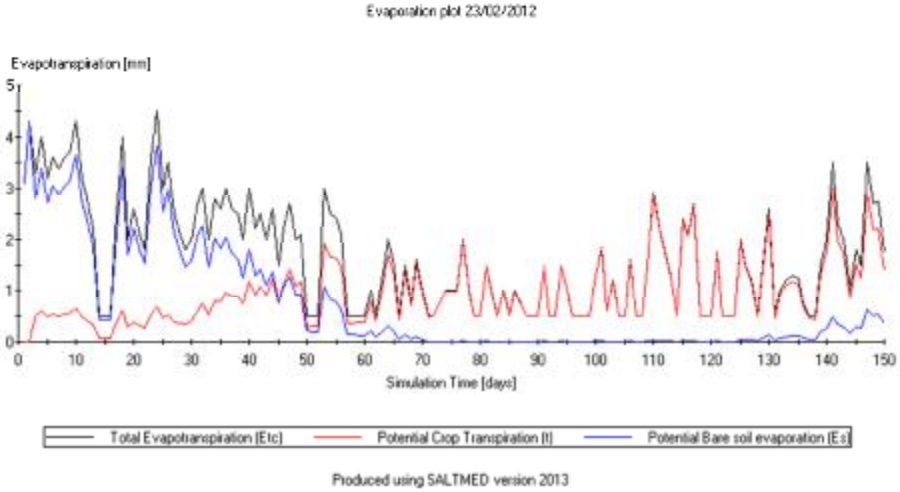
EK Şekil 4. T2 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen topraktaki tuzun dağılımı



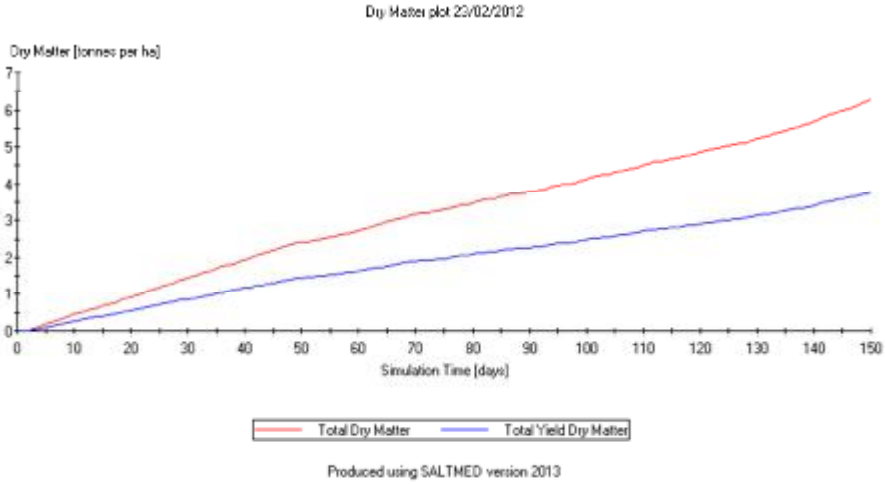
EK Şekil 5. T2 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen topraktaki oransal tuz konsantrasyonu



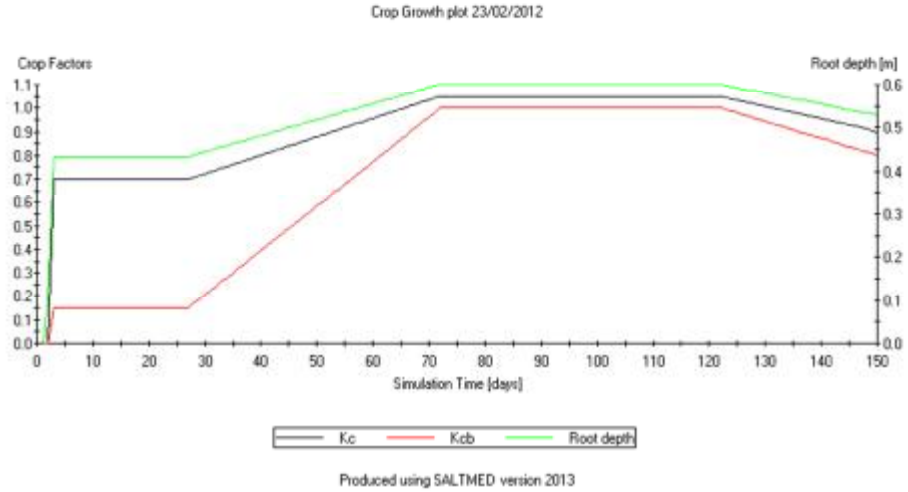
EK Şekil 6. T2 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile tahmin edilen hasatta düşey ve yatay yönde topraktaki tuz dağılımı



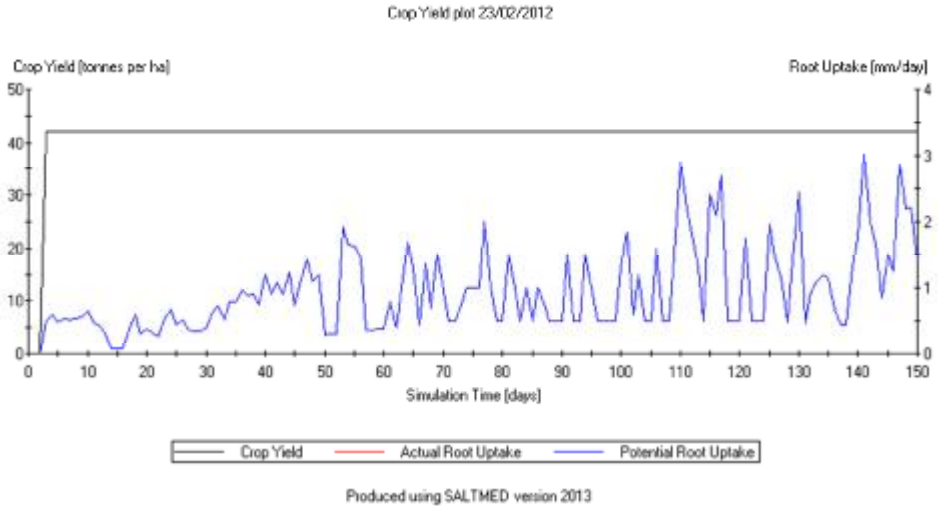
EK Şekil 7. T2 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile tahmin edilen terleme, buharlaşma ve bitki su tüketiminin (et) zamana göre değişimi



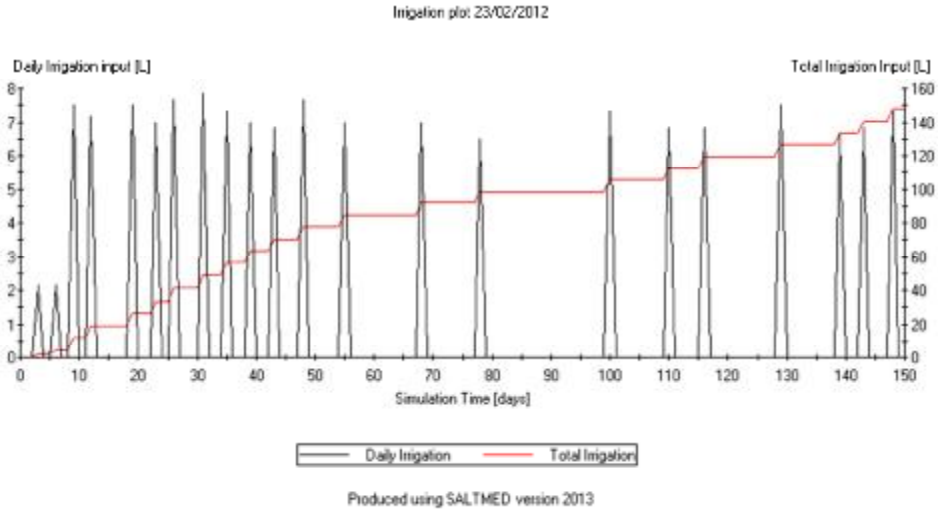
EK Şekil 8. T2 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile kestirilen kuru madde veriminin zamana göre değişimi



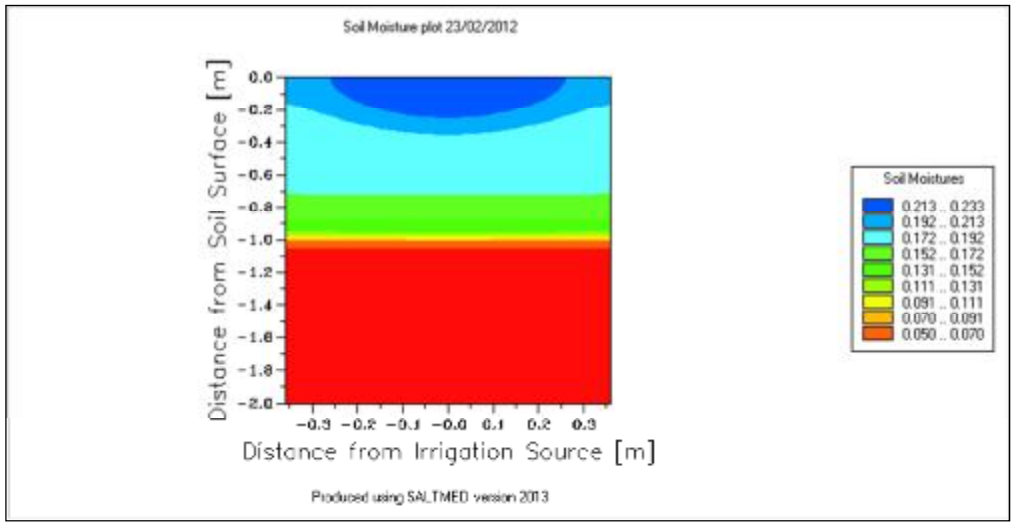
EK Şekil 9. T2 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile kestirilen bitki katsayısı (Kc),bazal bitki katsayısı (Kcb) ve kök derinliği gelişimi



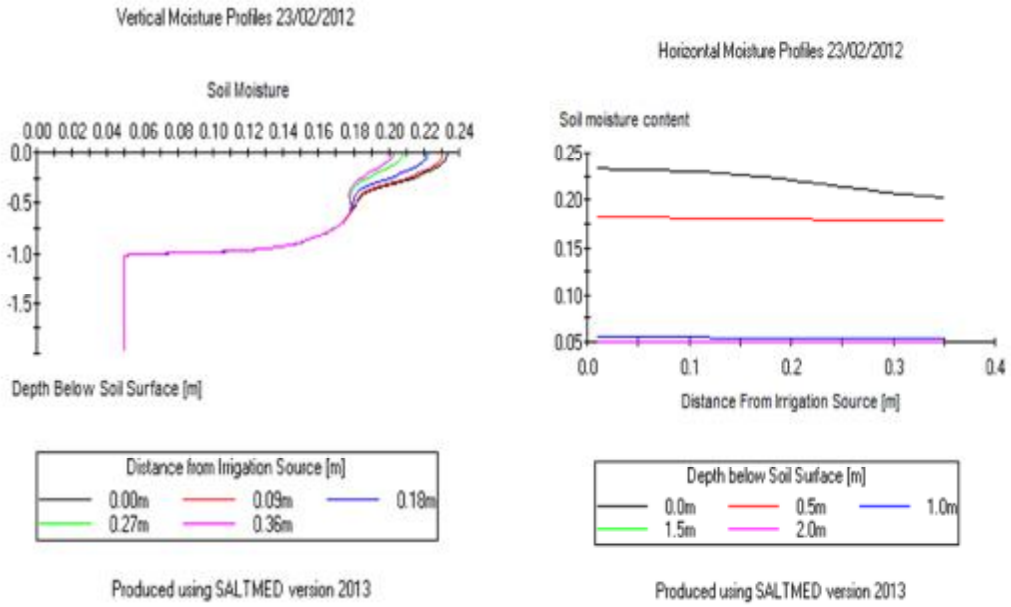
EK Şekil 10. T2 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile kestirilen verim ve topraktan günlük su alımı



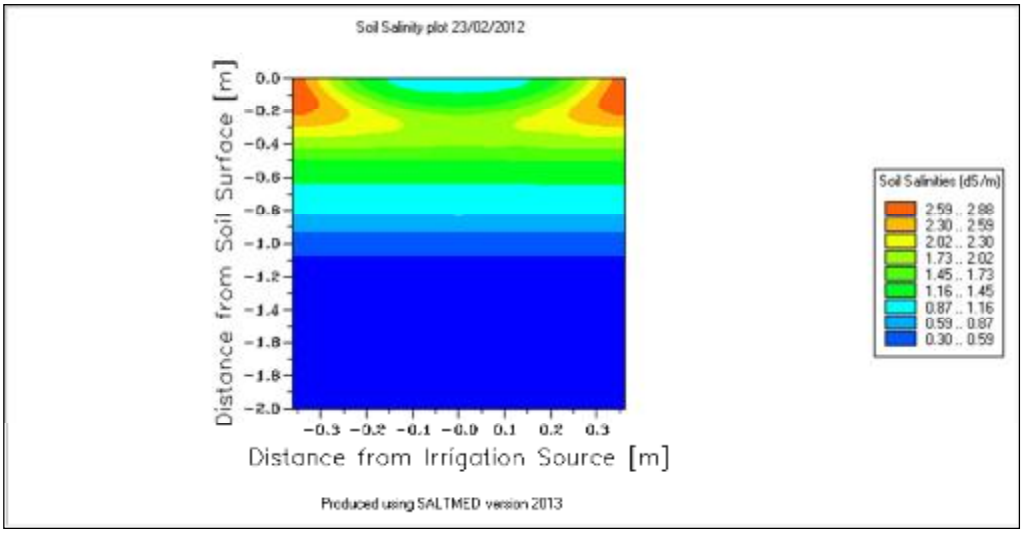
EK Şekil 11.T1 ve TS-100 konusunda uygulanan sulamalar ve toplam sulama suyu miktarının SALTMED modeli ile grafiksel gösterimi



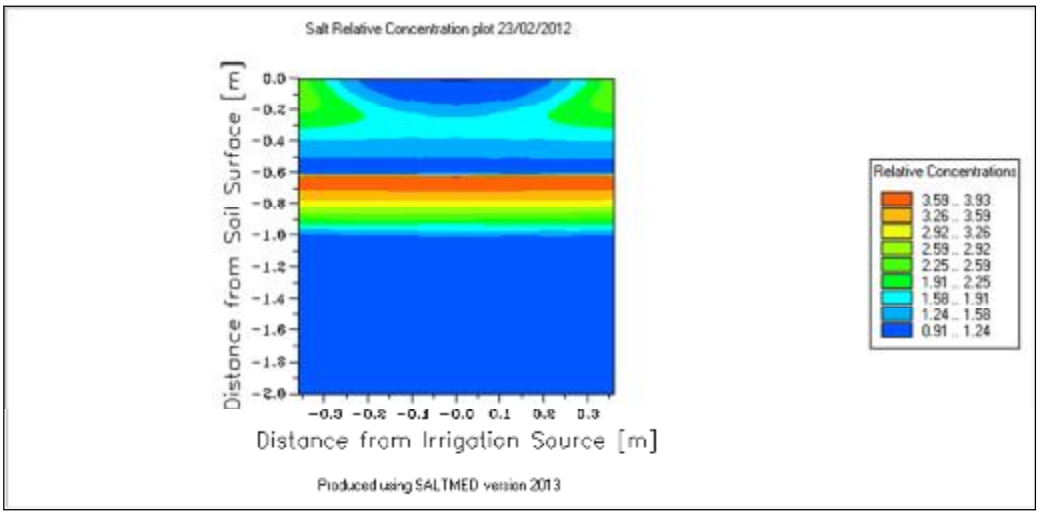
EK Şekil 12. T1 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen hasattaki toprak su içeriği



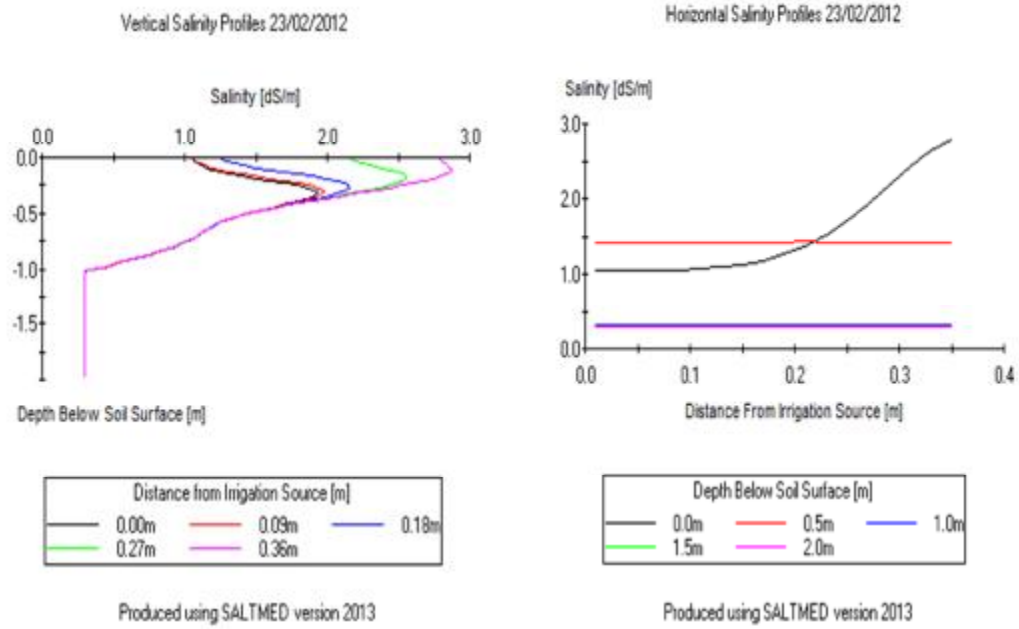
EK Şekil 13. T1 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen hasattaki düşey ve yatay yönde toprak su içeriği



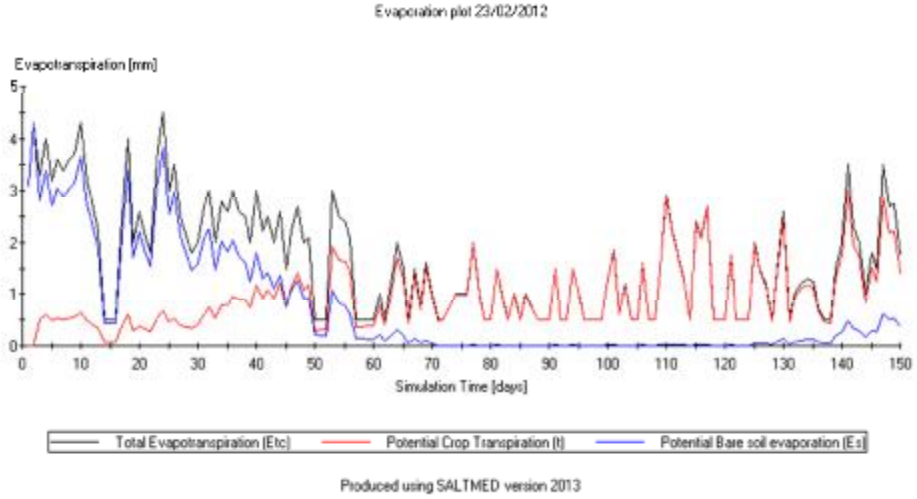
EK Şekil 14. T1 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen topraktaki tuzun dağılımı



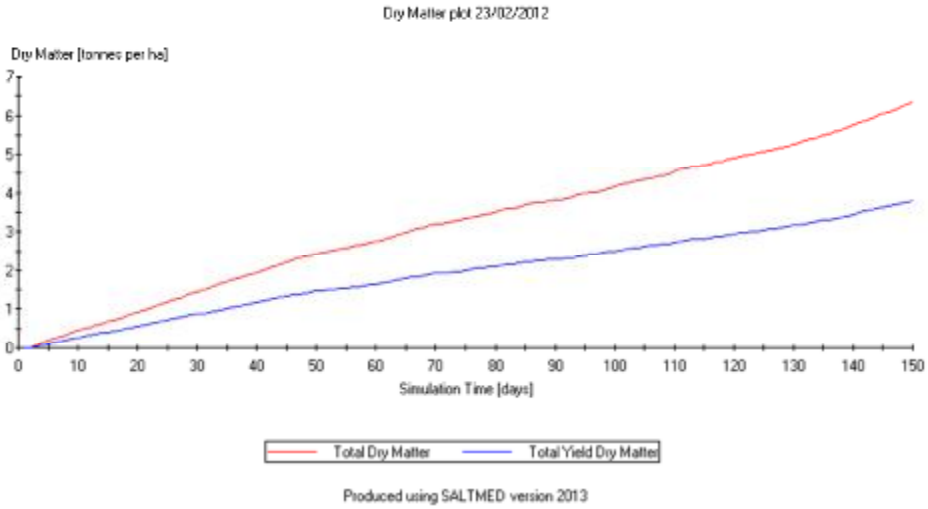
EK Şekil 15. T1 ve TS-100 konusunda SALTMED modeli ile tahmin edilen topraktaki oransal tuz konsantrasyonu



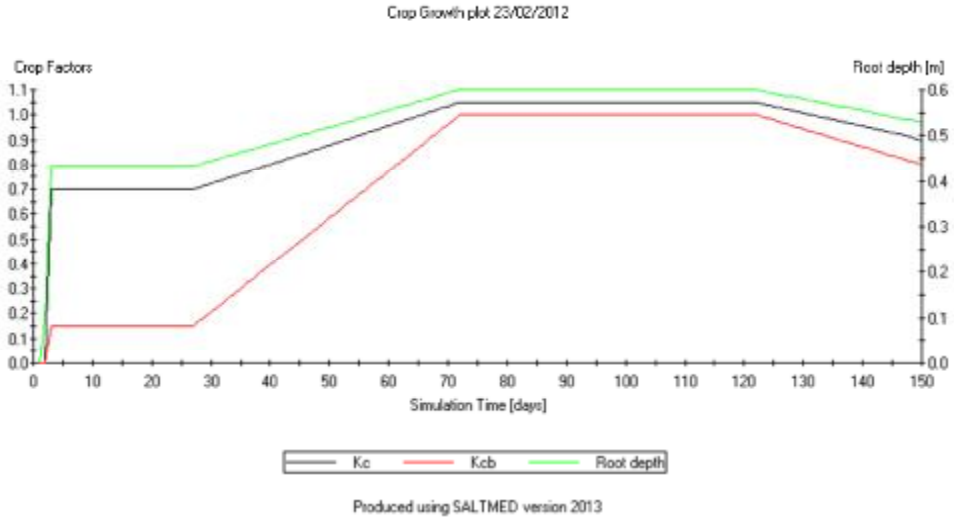
EK Şekil 16. T1 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile tahmin edilen hasatta düşey ve yatay yönde topraktaki tuz dağılımı



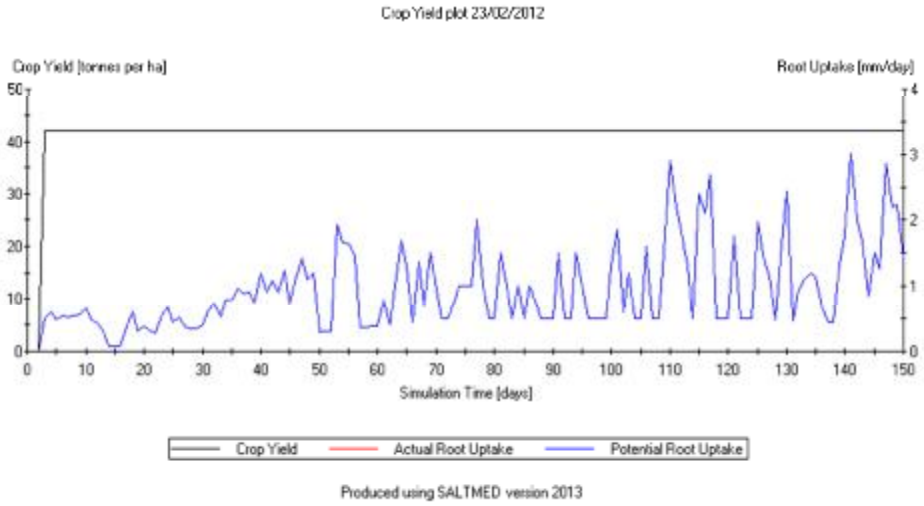
EK Şekil 17. T1 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile tahmin edilen terleme, buharlaşma ve bitki su tüketiminin (ET) zamana göre değişimi



EK Şekil 18. T2 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile kestirilen kuru madde veriminin zamana göre değişimi



EK Şekil 19. T1 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile kestirilen bitki katsayısı (Kc), bazal bitki katsayısı (Kcb) ve kök derinliği gelişimi



EK Şekil 20. T1 ve TS-100 konusu için SALTMED modeli ile kestirilen verim ve topraktan günlük su alımı