

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çiğdem İNCE KAYA**

**AKDENİZ BÖLGESİNDE DAMLA SİSTEMİYLE TATLI VE TUZLU SU  
KULLANILARAK UYGULANAN FARKLI SULAMA STRATEJİLERİNİN  
QUINOA BİTKİSİNİN VERİMİYLE TOPRAKTA TUZ BİRİKİMİNE  
ETKİLERİ VE SALTMED MODELİNİN TEST EDİLMESİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2010**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKDENİZ BÖLGESİNDE DAMLA SİSTEMİYLE TATLI VE TUZLU SU  
KULLANILARAK UYGULANAN FARKLI SULAMA STRATEJİLERİNİN  
QUINOA BİTKİSİNİN VERİMİYLE TOPRAKTA TUZ BİRİKİMİNE  
ETKİLERİ VE SALTMED MODELİNİN TEST EDİLMESİ**

**Çiğdem İNCE KAYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Bu Tez 24/02/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....  
Prof. Dr. Attila YAZAR  
DANIŞMAN

.....  
Prof. Dr. Müjde KOÇ  
ÜYE

.....  
Prof. Dr. Sevilay TOPÇU  
ÜYE

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

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL**  
**Enstitü Müdürü**

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

## ÖZ

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKDENİZ BÖLGESİNDE DAMLA SİSTEMİYLE TATLI VE TUZLU SU KULLANILARAK UYGULANAN FARKLI SULAMA STRATEJİLERİNİN QUINOA BİTKİSİNİN VERİMİYLE TOPRAKTA TUZ BİRİKİMİNE ETKİLERİ VE SALTMED MODELİNİN TEST EDİLMESİ**

**Çiğdem İNCE KAYA**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Attila YAZAR  
Yıl: 2010, Sayfa: 122  
Jüri : Prof. Dr. Attila YAZAR  
Prof. Dr. Müjde KOÇ  
Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

Bu çalışmada Akdeniz iklim koşullarında damla yöntemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bitkisinin vejetatif gelişimi ve verimiyle bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkileri araştırılmış; denemeden elde edilen bulgular SALTMED modeliyle kestirilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Araştırma 2009 yılında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında, Q-52 quinoa çeşidi kullanılarak yürütülmüştür. Araştırmada tatlı su (kanal suyu) ile tam sulama (FIF), %50 geleneksel kısıntılı sulama (DI), %50 yarı ıslatmalı sulama (PRD) ve tuzluluk düzeyi 5 dS/m olan tuzlu su ile tam sulama (FIS) konuları ele alınmıştır.

Araştırmada Akdeniz iklim koşullarında quinoa bitkisinin geleneksel kısıntılı sulama veya yarı ıslatmalı PRD sulama uygulanarak tam sulamaya göre %50 daha az suyla yada tuzluluk düzeyi 5 dS/m olan tuzlu su ile sulanmasının istatistiksel olarak verimde azalmalara neden olmadığı saptanmıştır. SALTMED modelinin dane verimleri ve kuru madde verimlerini ölçülen değerlere oldukça yakın tahmin ettiği belirlenmiştir. Tam sulama (FIF ve FIS) konularında ölçülen ve kestirilen bitki su tüketimleri arasında iyi bir uyum olduğu belirlenirken kısıntılı sulama (DI ve PRD) konularında model ölçülen bitki su tüketimi değerlerinden farklı kestirimlerde bulunmuştur. Kısıntılı sulama koşullarında SALTMED modelinin daha güvenilir kestirimler yapabilmesi bakımından modelde bazı değişikliklerin yapılması önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Quinoa, yarı ıslatmalı sulama, kısıntılı sulama, tuzlu su, SALTMED modeli

## ABSTRACT

### MSc THESIS

<p><b>EFFECTS OF VARIOUS IRRIGATION STRATEGIES USING FRESH AND SALINE WATER APPLIED WITH DRIP IRRIGATION SYSTEM ON YIELD OF QUINOA AND SALT ACCUMULATION IN SOIL IN THE MEDITERRANEAN REGION AND EVALUATION OF SALTMED MODEL</b></p>
--

**Çiğdem İNCE KAYA**

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

Supervisor : Prof. Dr. Attila YAZAR  
Year: 2010, Page: 122  
Jury : Prof. Dr. Attila YAZAR  
Prof. Dr. Müjde KOÇ  
Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

In this study the effects of various irrigation strategies using fresh and saline water applied with drip irrigation system on yield and vegetative growth of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and salt accumulation in soil in the Mediterranean region were investigated and the results were compared with the simulated results obtained from SALTMED Model.

The research was carried out in 2009 at the experimental station of Irrigation and Agricultural Structures Department of Faculty of Agriculture at Çukurova University in Adana, using Q-52 quinoa variety. In the study four different treatments were considered: Full irrigation using fresh water (FIF); conventional deficit irrigation (DI, 50%); partial root-zone drying (PRD, 50%); and full irrigation using saline water with electrical conductivity of 5 dS/m (FIS).

The results revealed that there was no significant difference in yields among the treatments studied. Irrigating quinoa under the Mediterranean conditions with saline water with salinity of 5 dS/m or applying 50 % less water as compared to full irrigation resulted in similar yields. There was a good agreement between the measured grain and dry matter yield and simulated yield by SALTMED Model. Simulated evapotranspiration values were in close agreement with the measured data in full irrigation treatments (FIF and FIS). However in deficit irrigation treatments (DI and PRD), there was a significant difference between the simulated and measured ET values. Under deficit irrigation situations, some modifications should be made in the SALTMED model in order to increase reliability of simulation.

**Key Words:** Quinoa, partial root zone drying, deficit irrigation, saline water, 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 yararlandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Müjde KOÇ, Prof. Dr. Sevilay TOPÇU ve Doç. Dr. Semih Metin SEZEN'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her türlü desteği veren Adana İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şube Müdürü Sayın Abdulkadir KARACA ve değerli mesai arkadaşlarıma;

Denemenin yürütülmesinde benimle birlikte özveriyle çalışan değerli arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Filiz GÖKÇEL ve Ziraat Mühendisi Can İbrahim YILMAZ'a;

Araştırmanın ilk gününden itibaren manevi destek ve yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Suna TOKTAŞ, Ziraat Mühendisi Emrah ŞENGÜL ve Ziraat Yüksek Mühendisi Veli ALAÇ'a;

İçtenlikle teşekkür ederim.

Daima desteğini hissettiğim sevgili eşim Zafer KAYA ve mutluluk kaynağım biricik kızım Ezgi Ada KAYA'ya gösterdikleri fedakarlıktan dolayı teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Quinoa Bitkisi.....	5
2.2. Quinoa Bitkisinin Su- Verim İlişkileri.....	8
2.3. SALTMED Modeli.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Araştırma Yeri.....	15
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	15
3.1.3. Sulama Suyunun Sağlanması.....	16
3.1.4. Sulama Sistemi.....	16
3.1.5. İklim Durumu.....	17
3.1.6. Ekilen Quinoa Çeşidi.....	17
3.1.7. SALTMED Modeli.....	18
3.1.7.1. Bitki Su Tüketimi.....	18
3.1.7.2. Etkili Yağış.....	19
3.1.7.3. Tuzlu Su Koşullarında Bitki Su Alımı.....	20
3.1.7.4. Oransal ve Gerçek Bitki Verimi.....	22
3.1.7.5. Su ve Çözelti Hareketi.....	22
3.1.7.6. Drenaj.....	23
3.1.7.7. Yıkama Gereksinimi.....	24
3.1.7.8. SALTMED Modeli İçin Gerekli Olan Veriler.....	24
3.1.7.9. SALTMED Modeli Veritabanı.....	25

3.2. Yöntem .....	25
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri .....	25
3.2.2. Toprak Örneklerinde Tuzluluk Ölçümü .....	26
3.2.3. Toprak Hazırlığı ve Ekim.....	26
3.2.4. Gübreleme .....	26
3.2.5. Bakım .....	26
3.2.6. Araştırma Konuları ve Deneme Deseni .....	27
3.2.7. Sulama Yöntemi .....	28
3.2.8. Toprak Suyu Gözlemleri .....	29
3.2.9. Bitki Boyu .....	30
3.2.10. Kuru Madde Miktarı (Biomass) ve Yaprak Alan İndeksi (LAI).....	30
3.2.11. Hasat.....	30
3.2.12. Hasat İndeksi .....	31
3.2.13. Su Tüketimi .....	31
3.2.14. Su Kullanma Randımanları (WUE ve IWUE).....	32
3.2.15. Bitki Üretim Fonksiyonu.....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.1. Arazi Bulguları.....	35
4.1.1. Quinoa Bitkisinin Gelişme Dönemleri.....	35
4.1.2. Sulamaya İlişkin Bulgular .....	35
4.1.3. Toprak Profiline Su İçeriği Gözlemleri.....	36
4.1.4. Bitki Su Tüketimi (ET) .....	38
4.1.5. Dane Verimi .....	40
4.1.5.1. Dane Veriminin Bitki Su Tüketimi ile İlişkisi .....	41
4.1.6. Quinoa Bitkisinin Su Kullanma Randımanları.....	42
4.1.7. Oransal Evapotranspirasyon Açığı ile Oransal Verim Azalışı Arasındaki İlişki ve Verim Tepki Etmeni (ky) .....	46
4.1.8. Bin Dane Ağırlığı.....	47
4.1.8.1. Bin Dane Ağırlığı ile Sulama Suyu ve Su Tüketim İlişkisi .	48
4.1.9. Kuru Madde Verimi .....	49

4.1.9.1. Kuru Madde Verimi ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi	50
4.1.10. Bitki Başına Dane Verimi, Kuru Madde Verimi, Salkım	
Ağırlığı ve Dane Sayısı.....	52
4.1.11. Yaprak Alan İndeksi (LAI) .....	55
4.1.12. Bitki Boyu .....	56
4.1.13. Hasat İndeksi .....	57
4.1.14. Toprak Tuzluluğu.....	59
4.2. SALTMED Modelinin Değerlendirilmesi.....	60
4.2.1. SALTMED Modelinin Çıktıları .....	60
4.2.2. Ölçülen ve Kestirilen Dane Verimlerinin Karşılaştırılması .....	66
4.2.3. Ölçülen ve Kestirilen Kuru Madde Verimlerinin Karşılaştırılması.	68
4.2.4. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Boylarının Karşılaştırılması .....	70
4.2.5. Ölçülen ve Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin (LAI)	
Karşılaştırılması.....	72
4.2.6. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Su Tüketimi Değerlerinin	
Karşılaştırılması.....	75
4.2.7. Ölçülen ve Kestirilen Toprak Tuzluluk Profillerinin	
Karşılaştırılması.....	77
4.2.8. Ölçülen ve Kestirilen Toprak Su İçeriklerinin Karşılaştırılması .....	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	89
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ .....	99
EKLER.....	100



## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 2.1.	Quinoa Danelerinin Besin İçeriğinin Diğer Tahıllarla Karşılaştırması.....	5
Çizelge 2.2.	Quinoa Danelerinin Temel Amino Asit İçeriğinin Buğday, Soya, Yağsız Süt ve FAO'nun Referans Değerleri ile Karşılaştırması.....	6
Çizelge 2.3.	Quinoa Danelerinin Mineral Madde İçeriğinin Arpa, Mısır ve Buğday ile Karşılaştırması.....	6
Çizelge 3.1.	Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri .....	15
Çizelge 3.2.	Deneme Alanı Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri.....	16
Çizelge 3.3.	Denemede Kullanılan Kanal Suyunun Analiz Sonuçları .....	16
Çizelge 3.4.	Quinoa Bitkisinin Büyüme Dönemindeki Uzun Yıllık ve 2009 Yılı İklim Verileri .....	17
Çizelge 4.1.	Deneme Konularında Quinoa Bitkisine Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) ve Sulama Tarihleri.....	36
Çizelge 4.2.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Mevsimlik Bitki Su Tüketimi Değerleri.....	38
Çizelge 4.3.	Quinoa Bitkisinin Su Tüketimlerine İlişkin Varyans Analizi .....	39
Çizelge 4.4.	Quinoa Bitkisinin Su Tüketimlerine İlişkin Duncan Gruplaması .....	39
Çizelge 4.5.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Elde Edilen Quinoa Dane Verimleri .....	40
Çizelge 4.6.	Quinoa Dane Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları.....	41
Çizelge 4.7.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Sulama Suyu ve Su Tüketim Randımanları .....	42
Çizelge 4.8.	Quinoa Bitkisinin Su Kullanma Randımanı (WUE) Değerlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları.....	43

Çizelge 4.9. Quinoa Bitkisinin Sulama Suyu Kullanma Randımanı (IWUE) Değerlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	43
Çizelge 4.10. Quinoa Bitkisinin IWUE ve WUE Değerlerine İlişkin Duncan Gruplaması .....	44
Çizelge 4.11. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Ortalama Bin Dane Ağırlıkları .....	47
Çizelge 4.12. Quinoa Bitkisinin Bin Dane Ağırlıklarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	47
Çizelge 4.13. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Hasattaki Kuru Madde Miktarı.....	49
Çizelge 4.14. Quinoa Bitkisinin Kuru Madde Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	50
Çizelge 4.15. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Dane Verimi .....	52
Çizelge 4.16. Bitki Başına Dane Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları.....	52
Çizelge 4.17. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Toprak Üstü Kuru Madde Verimi.....	53
Çizelge 4.18. Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Toprak Üstü Kuru Madde Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	53
Çizelge 4.19. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Kuru Salkım Ağırlıkları .....	53
Çizelge 4.20. Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Kuru Salkım Ağırlıklarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	54
Çizelge 4.21. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Dane Sayıları .....	54

Çizelge 4.22. Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Dane Sayılarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	54
Çizelge 4.23. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Yaprak Alan İndekslerinin Zamansal Değişimi .....	55
Çizelge 4.24. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitki Boylarının Zamansal Değişimi .....	56
Çizelge 4.25. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Hasat İndeksleri .....	58
Çizelge 4.26. Quinoa Bitkisinin Hasat İndekslerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları .....	58
Çizelge 4.27. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Farklı Büyüme Dönemlerinde Toprak Profilineki Tuzluluk Değerleri.....	59
Çizelge 4.28. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Quinoa Dane Verimleri Arasındaki Farklar .....	67
Çizelge 4.29. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Hasattaki Quinoa Bitkisi Kuru Madde Verimleri Arasındaki Farklar .....	69
Çizelge 4.30. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve Tahmin Edilen Quinoa Bitki Su Tüketimi (ET) Değerleri ve Aralarındaki Farklar .....	76
Ek Çizelge 1. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Quinoa Bitki Boyları ve Aralarındaki Farklar .....	118
Ek Çizelge 2. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Quinoa Bitkisi Yaprak Alan İndeksleri ve Aralarındaki Farklar.....	119
Ek Çizelge 3. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Vejetatif Gelişme Döneminde Toprak Profilineki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri.....	120

Ek Çizelge 4. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Çiçeklenme Döneminde Toprak Profilindeki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri.....	120
Ek Çizelge 5. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Dane Dolumu Döneminde Toprak Profilindeki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri.....	121
Ek Çizelge 6. FIS Konusunda Hasatta Sıra Üzerinde Toprak Profilindeki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri.....	121
Ek Çizelge 7. FIS Konusunda Hasatta Sıra Arasında Toprak Profilindeki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri.....	122

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 3.1.	Deneme Planı .....	28
Şekil 4.1.	Çiçeklenme Döneminde Quinoa Bitkisi .....	35
Şekil 4.2.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Araştırma Konularında Sulama Öncesi Toprak Su İçeriğinin (mm/ 90 cm) Zamansal Değişimi .....	37
Şekil 4.3.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Bitki Su Tüketiminin Zamansal Değişimi .....	39
Şekil 4.4.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Dane Verimi ile Su Tüketimi (ET) İlişkisi .....	42
Şekil 4.5.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Su Kullanma Randımanı Verim İlişkisi .....	45
Şekil 4.6.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Su Kullanma Randımanı ET İlişkisi.....	45
Şekil 4.7.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Oransal Evapotranspirasyon Açığı ile Oransal Verim Azalışı İlişkisi.....	46
Şekil 4.8.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Bin Dane Ağırlığı-Sulama Suyu veya ET İlişkisi .....	48
Şekil 4.9.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Kuru Madde Yığılması.....	49
Şekil 4.10.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Kuru Madde Verimi ile Sulama Suyu İlişkisi .....	51
Şekil 4.11.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Kuru Madde Verimi ile Su Tüketimi İlişkisi .....	51

Şekil 4.12.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi.....	55
Şekil 4.13.	Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitki Boylarının Zamana Göre Değişimi.....	57
Şekil 4.14.	İlk Büyüme, Çiçeklenme, Dane Dolumu ve Hasatta FIS Konusuna İlişkin Toprak Tuzluluk Profilleri.....	59
Şekil 4.15.	FIF Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselleştirilmesi.....	61
Şekil 4.16.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Toprak Nem Dağılımı.....	61
Şekil 4.17.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği.....	62
Şekil 4.18.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı .....	62
Şekil 4.19.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu .....	63
Şekil 4.20.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı.....	63
Şekil 4.21.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi .....	64
Şekil 4.22.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaşma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi.....	64
Şekil 4.23.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi .....	65
Şekil 4.24.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi.....	65
Şekil 4.25.	FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Topraktan Günlük Su Alımı.....	66

Şekil 4.26.	Deneme Konularına Göre Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Dane Verimleri.....	66
Şekil 4.27.	Deneme Konularına Göre Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Hasattaki Kuru Madde Verimleri.....	69
Şekil 4.28.	FIF Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi.....	70
Şekil 4.29.	DI Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi.....	71
Şekil 4.30.	PRD Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi.....	72
Şekil 4.31.	FIS Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi.....	72
Şekil 4.32.	FIF Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi.....	73
Şekil 4.33.	DI Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi.....	73
Şekil 4.34.	PRD Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi.....	74
Şekil 4.35.	FIS Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi.....	74
Şekil 4.36.	Konulara Göre Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Mevsimlik Bitki Su Tüketimi Değerleri.....	76
Şekil 4.37.	FIS Konusuna İlişkin Vejetatif Gelişme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri.....	78
Şekil 4.38.	FIS Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri.....	78
Şekil 4.39.	FIS Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri.....	79

Şekil 4.40.	FIS Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri .....	79
Şekil 4.41.	FIF Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	81
Şekil 4.42.	FIF Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	81
Şekil 4.43.	FIF Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	82
Şekil 4.44.	DI Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	83
Şekil 4.45.	DI Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	83
Şekil 4.46.	DI Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	84
Şekil 4.47.	PRD Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	85
Şekil 4.48.	PRD Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	85
Şekil 4.49.	PRD Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	86
Şekil 4.50.	FIS Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	87
Şekil 4.51.	FIS Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	87
Şekil 4.52.	FIS Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği.....	88
Ek Şekil 1.	DI Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselsel Gösterimi.....	101
Ek Şekil 2.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Toprak Nemi .....	101



Ek Şekil 3.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği.....	102
Ek Şekil 4.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı .....	102
Ek Şekil 5.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu .....	103
Ek Şekil 6.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı.....	103
Ek Şekil 7.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi .....	104
Ek Şekil 8.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaşma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi.....	104
Ek Şekil 9.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi .....	105
Ek Şekil 10.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi.....	105
Ek Şekil 11.	DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Topraktan Günlük Su Alımı.....	106
Ek Şekil 12.	PRD Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselsel Gösterimi.....	106
Ek Şekil 13.	PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Toprak Nemi .....	107
Ek Şekil 14.	PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği.....	107
Ek Şekil 15.	PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı .....	108
Ek Şekil 16.	PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu .....	108

Ek Şekil 17. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı.....	109
Ek Şekil 18. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi .....	109
Ek Şekil 19. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaştırma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi.....	110
Ek Şekil 20. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi .....	110
Ek Şekil 21. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi.....	111
Ek Şekil 22. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Topraktan Günlük Su Alımı.....	111
Ek Şekil 23. FIS Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselleştirilmesi.....	112
Ek Şekil 24. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Toprak Nemi .....	112
Ek Şekil 25. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği.....	113
Ek Şekil 26. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı .....	113
Ek Şekil 27. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu .....	114
Ek Şekil 28. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı.....	114
Ek Şekil 29. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi .....	115
Ek Şekil 30. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaştırma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi.....	115

Ek Şekil 31. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi .....	116
Ek Şekil 32. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi.....	116
Ek Şekil 33. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Toprakdan Günlük Su Alımı.....	117

## 1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların hızla kirlenmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği su kaynakları üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır. Dünya nüfusunun artışına paralel olarak gıda ve su gereksinimi de artmaktadır. Diğer taraftan toprak ve kullanılabilir su kaynaklarının sınırlı olduğu bilinen bir gerçektir. Artan nüfusun gıda güvenliğini sağlamak amacıyla tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde artırılması ve mevcut sınırlı su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir.

Dünyada su kaynaklarının % 70' e yakın bölümü tarımda kullanılmaktadır. Türkiye' de ise 2008 yılı itibariyle yıllık toplam 46 milyar m<sup>3</sup>'lük su tüketiminin; %15'i içme ve kullanmada, %11'i sanayide ve %74'ü tarımsal sulamada kullanılmaktadır (DSI, 2009). 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).

Damla sulama, su ve enerji tasarrufu sağlanması, işgücü gereksiniminin daha az olması, verim ve kalite artışı sağlanması gibi avantajlar sağlayan modern sulama tekniklerinden biridir. Damla sulama ile önemli ölçüde su tasarrufu yapılabileceği kanıtlanmıştır (Bucks ve Ark., 1982). Damla sulama sistemlerinde su uygulama randımanlarının %90-95'e varması, bitkilerin su kullanım etkinliğini arttırması sürdürülebilir tarım için temel koşullardan biri olarak ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Yazar ve ark., 2002).

Mevcut su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımı ve tarımsal sulamada su tasarrufu sağlama amacına yönelik olarak; kısıntılı sulama teknikleri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Kısıntılı sulama ve yarı ıslatmalı (PRD) sulama; sulamalarda gerekenden daha az su uygulayarak mevcut su kaynağı ile daha geniş alanların sulanmasına olanak sağlayan işletme biçimleridir. Kısıntılı sulama;

sulamalarda genel bir uygulama olan bitki su gereksiniminin tümünün karşılanması yerine su gereksiniminin bir kısmının karşılandığı uygulamadır. Kısıntılı sulamada olağandan daha az su uygulayarak, aynı su miktarı ile daha fazla alanın sulamaya, bir başka deyişle üretime açılması sağlanmaktadır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Yarı Islatmalı (Partial Root-Zone Drying) (PRD) sulama tekniği; bitkinin optimum su gereksiniminin karşılanmadığı durumlarda; bitkiye, damla yöntemi ile geleneksel kısıntılı su uygulaması yerine, bitki sırasının her iki tarafına yerleştirilen iki lateralden birinin bir sulamada diğerinin izleyen sulamada çalıştırılması şeklinde uygulanan kısıntılı sulama uygulamasıdır (Gökçel, 2008). Böylece suyun kıt ve pahalı olduğu bölgelerde geleneksel kısıntılı sulamaya benzer şekilde, daha az su uygulayarak, mevcut su kaynaklarından daha etkin şekilde yararlanılması amaçlanır (Kang ve ark., 1998).

PRD' nin başarısı kök bölgesinde eş zamanlı ıslak ve kuru bölgeler yaratmasıdır. Kök bölgesinin yalnızca bir bölümünün sulanması ve bir sonraki sulamaya dek toprak suyunun korunmasıdır (White, 2003). PRD uygulamasının; gelecekte sulu tarımın karşı karşıya kalacağı su sıkıntısı problemini azaltabileceği öngörülmektedir (Kırda, 2004).

Suyun en çok kullanıldığı sektör olan tarımda temiz su kaynakları yanında kötü nitelikli suların da sulama amacıyla kullanım imkanlarının araştırılması gerekmektedir. 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 seçeneysel su kaynaklarının değerlendirilmesi, gelecek için çok önemli bir konudur (Mizrahi ve Pasternak, 1985).

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 nemi ve topraktaki tuz dağılımı üzerine etkilerini, yıkama gereksinimini ve ürün verimini başarıyla resmeden genel bir modeldir (Ragab, 2002). Model su ve çözelti taşınımı, ET ve bitki su kullanım eşitliklerini

kullanır (Ragab, 2002). Model FAO Penman- Monteith evapotranspirasyon eşitliğini kullanmaktadır.

Küresel ısınma ve iklim değişimine karşı alınacak tedbirler arasında kuraklık stresine dayanıklı yeni bitki türlerinin üretime alınması da yer almaktadır.

Qinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) yüksek besin değeri ve ekstrem iklim ve toprak koşullarına dayanıklılığı ile son yıllarda dikkatleri çeken bir bitkidir. Anavatanı Güney Amerika'nın And bölgesi olan quinoa; bu bölgede 7000 yıldan daha uzun süredir yetiştirilmektedir. Bu bitki uygun olmayan iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olmuştur (Garcia, 2003). Kuraklık, don, toprak ve sulama suyu tuzluluğuna yüksek tolerans göstermesi ve yüksek besin değeri sayesinde dünyanın her yerinde ilgi gören bir bitkidir. FAO tarafından gelecek yüzyılda gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik bitkilerden biri olarak seçilmiştir (Jacobsen, 2003).

Bu çalışmanın amacı Akdeniz iklim koşullarında quinoa bitkisinin damla sulama yöntemi kullanılarak tatlı ve tuzlu su ile farklı sulama stratejileri uygulanarak sulanmasının bitkinin vejetatif gelişimi, verim ve su kullanma randımanı ile bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkilerinin araştırılması; elde edilen sonuçların SALTMED modeli ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmasının yapılarak modelin test edilmesidir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Quinoa Bitkisi

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) C3 (karbon-3) bitkiler grubundan çift çenekli tek yıllık bir dane bitkisidir (Jacobsen, 2003). Anavatanı Güney Amerika'nın And bölgesi olan quinoa bu bölgede 7000 yıldan daha uzun süredir yetiştirilmektedir (Pearsall, 1992; Garcia, 2003; Bhargava ve ark., 2006).

Quinoa danesi için yetiştirilen bir bitkidir ancak ticari bir değeri olmasa da yaprakları ve yeşil kısmı da salata olarak insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Quinoa tohumları un şeklinde işlenerek ekmek, makarna ve diğer tüm unlu mamullerin yapımında, buğday veya diğer tahılların unları ile karıştırılarak kullanılabilir. Dane olarak pirinç gibi yemeklerde veya pilavlarda kullanılabilir veya çimlendirilen tohumlar quinoa filizi olarak salata ve soğuk yemeklerde kullanılır.

Çizelge 2.1. Quinoa Danelerinin Besin İçeriğinin Diğer Tahıllarla Karşılaştırması (Oelke ve ark., 1992)

Ürün	Kuru Ağırlık Yüzdesi, %					
	Su	Protein	Yağ	Karbonhidratlar	Lif	Kül
Quinoa	12.6	13.8	5.0	59.7	4.1	3.4
Arpa	9.0	14.7	1.1	67.8	2.0	5.5
Karabuğday	10.7	18.5	4.9	43.5	18.2	4.2
Mısır	13.5	8.7	3.9	70.9	1.7	1.2
Akdarı	11.0	11.9	4.0	68.6	2.0	2.0
Yulaf	13.5	11.1	4.6	57.6	0.3	2.9
Pirinç	11.0	7.3	0.4	80.4	0.4	0.5
Çavdar	13.5	11.5	1.2	69.6	2.6	1.5
Buğday	10.9	13.0	1.6	70.0	2.7	1.8

Quinoa insan beslenmesi açısından oldukça zengin bir gıdadır (Çizelge 2.1). FAO tarafından yapılan karşılaştırmalarda protein içeriğinin ve kalitesinin yaygın olarak kullanılan tahıllara göre çok daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Oelke ve ark., 1992). Nişasta içeriği ise %60 oranındadır. Temel aminoasitleri insan



beslenmesi açısından oldukça dengeli bir oranda içerir; protein kalitesi örnek proteine yakındır (Çizelge 2.2). Genel olarak tahıllarda düşük miktarlarda bulunan lizin bakımından zengindir. Quinoa tohumları gluten içermez. Bu özelliği ile diyet uygulayan kişiler için (glutensiz diyetler) ve besleyici özelliği ile çocuk beslenmesinde uygun bir gıda maddesidir.

Çizelge 2.2. Quinoa Danelerinin Temel Amino Asit İçeriğinin Buğday, Soya, Yağsız Süt ve FAO'nun Referans Değerleri ile Karşılaştırması (Johnson ve Auguilera,1980)

Amino Asitler	Amino Asit İçeriği (gr/ 100 gr protein)				
	Quinoa	Buğday	Soya	Yağsız Süt	FAO
	%				
İzolösin	4.0	3.8	4.7	5.6	4.0
Lösin	6.8	6.6	7.0	9.8	7.0
Lizin	5.1	2.5	6.3	8.2	5.5
Fenilalanin	4.6	4.5	4.6	4.8	-
Tirozin	3.8	3.0	3.6	5.0	-
Sistin	2.4	2.2	1.4	0.9	-
Metionin	2.2	1.7	1.4	2.6	-
Treonin	3.7	2.9	3.9	4.6	4.0
Triptofan	1.2	1.3	1.2	1.3	1.0
Valin	4.8	4.7	4.9	6.9	5.0

Quinoa daneleri düşük sodyum içeriğine sahiptir ve kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, demir, bakır, mangan ve çinko bakımından buğday, arpa ve mısırdan daha zengindir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Quinoa Danelerinin Mineral Madde İçeriğinin Arpa, Mısır ve Buğday ile Karşılaştırması (Johnson,1990)

Ürün	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
	%				ppm				
Quinoa	0.19	0.47	0.26	0.87	115	205	67	128	50
Arpa	0.08	0.42	0.12	0.56	200	50	8	16	15
Mısır	0.07	0.36	0.14	0.39	900	21	-	-	-
Buğday	0.05	0.36	0.16	0.52	900	50	7	-	14

Ward (2000), quinoa tohumlarının yüksek besin değeri içeriğine karşın bitki çeşidine bağlı olarak belli oranlarda besleyici olmayan acı saponin bileşikleri içerdiğini belirtmiştir. Saponin bileşiklerinin kullanımdan önce uzaklaştırılması gereklidir ve son zamanlarda bu maddenin endüstriyel amaçlarla kullanılabileninden söz edilmektedir (Joshi ve ark., 2008).

Quinoa bitkisinin boyu 50 cm'den 3 m yüksekliğe kadar değişebilir ancak ortalama 1- 1,5 m'dir. Bitkinin kök sistemi bir ana kökten oldukça dallı bir sisteme doğru gelişir. Dallanmış veya dallanmamış kalın, dik odunsu bir gövdeye sahiptir. Bitki rengi sarı, yeşil, koyu kırmızımsı mor ve siyaha kadar değişik renklerde olabilir ve olgunluk döneminde farklı tonlara dönüşür (Oelke ve ark., 1992). Bitki tepe bölgesinde küçük çiçekler içeren ve her bir çiçeğin 1 tohum taşıdığı bir panikül (birleşik salkım) ile sonlanır (Geerts ve ark.,2008b). Tohumları küçük olduğu için genellikle 1000 dane ağırlığı (3-6 gr.) düşüktür (Geerts ve ark., 2008a).

Quinoa bitkisi uygun olmayan iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olabilen bir bitkidir. Don (Jacobsen ve ark., 2005), kuraklık (Geerts ve ark., 2008) ve toprak tuzluluğuna (Jacobsen, 2003) yüksek tolerans göstermektedir.

Bitki çeşidine bağlı farklılıklarla birlikte; quinoanın kuraklığa dayanıklılıkla ilgili çeşitli mekanizmalara sahip olduğu belirtilmiştir (Jensen ve ark. 2000). Bitkide, erken vejetatif dönemdeki kuraklıklara tepki olarak büyüme sürecinin uzaması, geç büyüme dönemindeki kuraklıklara tepki olarak ise erken olgunlaşmanın ortaya çıktığı belirtilmiştir (Jacobsen ve ark., 2003). Bitkinin ayrıca derin ve yoğun kök sistemi, yapraklarını dökerek yaprak alanını düşürme, özel kabarcıklı bezeler, ciddi su kayıplarında bile turgoru koruyan küçük kalın duvarlı hücreler ve dinamik stoma davranışları aracılığı ile kuraklığın negatif etkilerinden korunduğu tespit edilmiştir (Jensen ve ark., 2000).

Jacobsen ve ark. (2003), quinoa bitkisinin hafif kumlu topraklarda sadece 200 mm yağış ile yetiştirilebildiğini ifade etmişlerdir. Kuraklığa dayanım mekanizmasının geniş çeşitliliği gibi performanslarına rağmen başlangıç büyüme dönemindeki orta kuraklıklar haricindeki su stresi nedeniyle verim düşüklükleri raporlanmıştır (Bosque Sanchez ve ark., 2003).

Jacobsen ve ark. (2003), quinoa bitkisinin sıra dışı bir tuz toleransı gösterdiğini de ifade etmişler; birçok çeşidin hemen hemen deniz suyunda olduğu kadar (40 dS/m) yüksek tuz konsantrasyonlarında yetiştiğini ve 4 çeşidin daha yüksek toleranslı olduğunu saptamışlardır. Bitkinin yaprak su potansiyelini dengelemek için tuz iyonlarını dokularında biriktirme kabiliyeti gösterdiğini belirtmişlerdir. Bosque Sanchez ve ark. (2003), quinoa çeşitlerinin çoğunda verimin orta dereceli tuzlu koşullarda, tuzsuz koşullara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişler ve bitkinin glikofit bir bitkiden daha çok fakültatif bir halofit olarak sınıflandırılabilirliğini belirtmişlerdir.

Quinoa bitkisinin fenolojik dönem ve çeşide bağlı olarak -8 °C'de 4 saate kadar canlılığını sürdürerek yüksek derecede don dayanımı gösterdiği tespit edilmiştir. Bitkinin değişik büyüme dönemlerinde dona karşı hassasiyeti karşılaştırıldığında; dona karşı en hassas olduğu dönemin, kuraklık stresine karşı da en hassas olduğu dönem olan, çiçeklenme dönemi olduğu belirtilmiştir (Jacobsen ve ark.,2003).

Quinoa tohumlarının çimlenebilmesi için gerekli optimum toprak sıcaklığının 8-10 °C arasında, en uygun ekim derinliğinin ise 1-2 cm olması gerekmektedir. Çeşit özelliğine bağlı olarak quinoa bitkisinin gelişme dönemi uzunluğu 90- 180 gün arasında değişmektedir (Jacobsen, 2003).

Çok sayıda quinoa çeşidinin agronomik özellikleri Bhargava ve ark. (2007), tarafından listelenmiştir.

## 2.2. Quinoa Bitkisinin Su- Verim İlişkileri

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).

Garcia ve ark. (2003), FAO'nun standart kıyas bitki su tüketimi eşitliği olan Penman- Monteith eşitliğini kullanarak Bolivya'nın Altiplano bölgesinde yetiştirilen quinoa bitkisinin sulama gereksinimini, bitki katsayısı (Kc), verim tepki etmeni (ky) ve oransal verimi lizimetre ve tarla denemelerinden elde etmişlerdir. Lizimetre verilerinden quinoa için bitki gelişim katsayısı (Kc), ilk gelişme döneminde 0.50, mevsim ortası dönemde 1.00 ve tam olgunlaşma döneminde ise 0.70 olarak belirlenmiştir. Mevsimlik verim tepki etmeni (ky) lizimetrelere elde edilen bitki su tüketimi ve dane verimi verilerinden 0.67 olarak hesaplanmış ve küçük kuraklık stresinin verimde azalmalara neden olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Geerts ve ark. (2006), 2004- 2005 üretim sezonunda Viacha'da (Bolivya) gerçekleştirdikleri yağmur korunağı altındaki lizimetre denemeleri ile farklı büyüme dönemlerinde quinoa bitkisinin kuraklık stresine tepkisini araştırmışlar ve bu bölgede kısıntılı sulama için bir rehber geliştirmeye çalışmışlardır. Çalışmada 8 farklı su uygulama konusu için üretim sezonu boyunca biyolojik verim, kök uzunluğu ve ağırlığı, uygulanan sulama suyu ve drenaj izlenmiş; mevsim sonunda dane verimi, su kullanım randımanı (WUE), hasat indeksi (HI) belirlenmiştir. Bu araştırma ile quinoa bitkisinin çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve dane dolum döneminde ortaya çıkan su stresinin hem toplam verim hem de su kullanım randımanı üzerinde olumsuz etkisi olduğu saptanmıştır. Bitkinin su stresine karşı en hassas olduğu dönemin dane dolum dönemi olduğu; quinoa için kısıntılı sulama stratejisi hazırlanırken çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve dane dolum dönemlerinde ortaya çıkan su stresinin 1 veya 2 sulama ile hafifletilmesi önerilmiştir. Başlangıç periyodunda su stresine göz yumulması ile yüksek verim ve yüksek su kullanım randımanı sağlanabileceği belirtilmiştir.

Geerts ve ark. (2008a), 2006 yılında yaptıkları lizimetre denemelerinin devamı niteliğinde; Bolivya'nın Altiplano bölgesinde iki ayrı yerde (Patacamaya ve Condoriri) ve iki üretim sezonunda (2005-2006 ve 2006-2007) gerçekleştirdikleri tarla denemeleri ile kuraklık stresinin quinoa bitkisinin su verimliliğine etkileri üzerinde çalışmışlardır. Denemelerde toplam dane verimi, dane büyüklüğü, hasat indeksi ve su kullanım randımanı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda çimlenme ve çıkış dönemi ile çiçeklenme ve erken dane dolum dönemleri boyunca kuraklığı

hafifletici bir kısıntılı sulama stratejisi elde edilmiştir. İyi planlanmış bir kısıntılı sulamanın tam sulamada ihtiyaç duyulan suyun yarısı kadar sulama suyu ile 1.2 ve 2 ton/ha arasında istikrarlı bir quinoa verimi sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yağışlı yıllarda 70 mm'ye kadar kurak yıllarda ise 140 mm'ye kadar su gerektiren kısıntılı sulama ile sadece çimlenme ve çıkış, çiçeklenme ve erken dane dolum dönemlerinde su stresi yatıştırılmış olmalıdır. Gübreleme olmaksızın mevcut koşullarda, tam sulama ile verimi 2 ton/ha'nın üzerine çıkarmak mümkün değildir ve tam sulamada su kullanım randımanını (% 20) kısıntılı sulamadaki su kullanım randımanının altında kalmaktadır.

Geerts ve ark. (2008b), Güney Bolivya Platolarında kısıntılı sulamanın quinoa için sürdürülebilir bir uygulama olup olmadığını araştırmak üzere 2005-2006 ve 2006-2007 üretim sezonlarında Güney Altiplano bölgesinde tarla denemeleri yürütmüşlerdir. Güney Altiplano için kısıntılı sulamanın verim ve su kullanım randımanına etkileri yanında yüksek taban suyu seviyesinin mevsimsel gerçek bitki su tüketimine (ETc) katkısı belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada BUDGET ve UPFLOW modelleri kullanılarak farklı çevresel koşullar için tuzlu taban suyu seviyesinden yukarı doğru tuz hareketi, düşük kaliteli sulama suyundan kaynaklanan tuz birikimi ve farklı sayıda nadas yıllarının toprak tuzluluğu üzerindeki yıkama etkisi simüle edilmiştir. Tarla denemeleri kısıntılı sulamanın başarısı ve sürdürülebilirliği ile ilgili önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Denemelerin yürütüldüğü bölge koşullarında quinoa için sadece mevsimsel bitki su gereksiniminin %55'i civarındaki temel bitki su gereksiniminin tamamlanması durumunda çiçeklenme ve erken dane dolum dönemindeki ilave sulamaların yararlı olabileceği gösterilmiştir. Anılan yörede kapılar yükselmenin bitki su gereksinimine dikkate değer ölçüde katkıda bulunduğu (taban suyu seviyesinin derinliğine ve gerçekleşen yağış miktarına bağlı olarak %8-25) ve taban suyu ve sulama sularının tuzlu olması nedeniyle yağış miktarının düşük olduğu dönemlerde kısıntılı sulamanın kısa sürede tuzlanma ile sonuçlanacağı ortaya konmuştur. Öte yandan ekimden önce yapılacak etkili bir sulama, sadece tuzun bitki kök bölgesi dışına yıkanmasını değil aynı zamanda da iyi bir çimlenme ve erken kök gelişimi sağlayan bir toprak su dengesi de

yaratır. Bu çalışma göstermiştir ki kurak bölgelerde kötü kaliteli sularla kısıntılı sulama stratejisi uygulandığında ekim öncesi sulama zorunlu hale gelmiştir.

Bolivya'nın orta Altiplano bölgesinde bulunan Patacamaya'da 2005-2006 ve 2006-2007 üretim sezonlarında gerçekleştirilen araştırmada (Geerts ve ark., 2008c) farklı ekim tarihleri ve 3 farklı sulama uygulaması ile "Santa Maria" quinoa çeşidi için çiçeklenme öncesi dönemdeki kuraklıkların fenolojik gelişme ve çiçeklenme dönemindeki etkileri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada kuraklık stresinin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için; ekimden sonraki ilk 60 gün boyunca kuraklık etkisi 3 farklı stres göstergesi ile belirlenmiştir. Bu göstergeler (1) kök bölgesindeki toprak su içeriğinin belli bir eşiğin üzerinde olduğu gün sayısı, (2) ortalama nispi buharlaşma ve (3) kıyas bitki su tüketimi için standardize edilmiş toplam günlük gerçek buharlaşma ( $\Sigma(T_a/ET_o)$ )'dır. Çiçeklenme öncesi dönemdeki kuraklık stresinin fenolojik gelişme üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde en iyi gösterge; ekimden sonraki 60 güne kadar kıyas bitki su tüketimi için standardize edilmiş günlük gerçek buharlaşma ( $\Sigma(T_a/ET_o)$ ) toplamıdır. Bu gösterge çiçeklenme zamanı ve fenolojik olgunluk zamanı ile önemli bir logaritmik ilişki göstermiştir. Sonuç olarak çiçeklenme dönemine kadar sert kuraklık stresinin bitkinin fizyolojik olgunluk ve çiçeklenme süresinin önemli ölçüde artması ile sonuçlanabileceği ve orta dereceli kuraklık stresinin aynı etkiyi yaratmadığı ortaya konmuştur.

Bolivya'nın kuzey, orta ve güney Altiplano bölgesinde yapılan araştırmada; quinoa verim açığının giderilmesi amacıyla AquaCrop simülasyon modeli kullanılarak yağışla beslenen üretim koşulları ve farklı kısıntılı sulama stratejileri altında beklenebilecek verim değerleri belirlenmiştir. Toplam verime karşılık gelen gerçek mevsimsel bitki su tüketim değerleri saptanarak matematiksel bir bitki su verim fonksiyonu elde edilmiştir. Senaryo analizlerinden 3 agro-klimatik bölge için verim olasılık eğrileri çizilmiştir. Verim olasılık eğrilerinden; kısıntılı sulamanın yağışlarla beslenmeden önemli ölçüde daha yüksek bir seviyede verim kararlılığı sağlayabildiği gösterilmiştir. Kısıntılı sulamanın; kuzey, orta ve güney Altiplano bölgelerinde verim açığını giderebileceği; yüksek ve kararlı bir su verimliliği (WP) seviyesini garanti edebileceği ortaya konmuştur (Geerts ve ark., 2008d).

### 2.3. 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). Bu modeller genellikle girdi olarak güncel iklim verilerini ve bitkiye ilişkin bilgileri kullanırlar (Yazar, 2009).

Ragab (2002), SALTMED modelini literatürden elde edilen verileri kullanarak bir büyüme mevsimi boyunca 5 örnek uygulama için çalışmıştır. Model; sulama sistemi, toprak tipi ve sulama suyu tuzluluk seviyesinin toprak nemi 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 (EC<sub>w</sub> 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 dS/m olan sular ve EC<sub>w</sub> 0.5 dS/m 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 Mısırdaki 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 modelinin tuzluluğun verime etkisini, su kullanımını, toprak nemi 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 lahanaya 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<sub>2</sub>) konsantrasyonu kullanılarak iklim değişikliğine bağlı olası yıllık sıcaklık değişimlerinin sulama suyu gereksinimi üzerine etkileri analiz edilmiş; düşük CO<sub>2</sub> konsantrasyonu için havuç ve lahanada sulama suyu gereksiniminin %11, yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonu için ise %17 oranında artacağı öngörülmüştür.

İran'ın Khuzestan bölgesinde yapılan çalışmada 3 yıllık tarla denemelerinden elde edilen verilerle SALTMED Modeli şeker kamışı için kalibre edilmiş; şeker kamışı 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 simülasyon ve ölçümler arasında önemli derecede fark olmadığını göstermiştir (Golabi ve ark., 2009).





### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma, 2009 yetiştirme mevsiminde, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanı'nda yürütülmüştür. Anılan alanın denizden ortalama yüksekliği 20 m olup 36° 59' N, 35° 18' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır.

##### 3.1.2. Toprak Özellikleri

Mutlu serisine giren deneme alanı toprakları oldukça yaşlı alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş vertisollerdir. Hemen hemen düz ve düze yakın topografyalarda yer alırlar. Bütün profil yüksek oranda kil içerir. Kireç bakımından orta derecede zengindir ve koyu kırmızı kahve renklidir (Özbek ve Ark., 1974). Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri sırasıyla Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Dane İrilik Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Solma Noktası (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Doyma Noktası (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )
	Kum	Silt	Kil					
0-30	28	21	51	C	0.42	0.24	0.51	1.19
30-60	28	19	53	C	0.45	0.23	0.54	1.16
60-90	28	18	54	C	0.44	0.22	0.55	1.15
90-120	27	19	54	C	0.42	0.19	0.50	1.25

Anılan çizelgelerde görüldüğü gibi profil boyunca killi bünyeye sahip toprağın katmanlara göre pH'sı, 7.62-7.78; tuz içeriği 0.11-1.13 dS/m; hacim ağırlığı 1.15-1.25 g/cm<sup>3</sup>; hacim esasına göre tarla kapasitesi su içeriği % 40-41, solma

noktası ise % 19-24 arasında değişmektedir. Toprak profilinin 90 cm'lik derinliğindeki toplam kullanılabilir su 156 mm'dir.

Çizelge 3.2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Tuz İçeriği (dS/m)	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Org. Mad. (%)	Kasyonlar (me/l)				Anyonlar (me/l)		
					Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
0-30	0.33	6.80	5.99	1.23	1.69	1.12	0.36	0.10	2.14	0.25	0.86
30-60	0.35	6.89	6.38	0.98	1.71	0.92	0.40	0.06	1.97	0.20	0.85
60-90	0.32	7.10	6.65	-	1.47	1.24	0.48	0.05	2.07	0.30	0.88
90-120	0.31	6.96	7.40	-	1.28	1.01	0.57	0.05	1.98	0.15	0.78

### 3.1.3. Sulama Suyunun Sağlanması

Denemenin tatlı su konularında kullanılan sulama suyu, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından sağlanmış olup tuzlu su konusu için ise deneme alanında bulunan havuzda suya tuz (NaCl) eklenerek hazırlanan ve elektriksel iletkenliği EC<sub>w</sub>=5 dS/m olan su kullanılmıştır. Sulama kanalından alınan sulama suyu örnekleri USSL (1954)'de verilen esaslardan, abak ve çizelgelerden yararlanılarak laboratuarda analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.3'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda denemenin tatlı su konularında kullanılan sulama suyu sınıfı C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede Kullanılan Kanal Suyunun Analiz Sonuçları

Sulama Suyu Sınıfı	EC (dS/m)	pH	Kasyonlar (me/l)				Anyonlar (me/l)				%Na	SAR
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>		
C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	0.26	7.1	1.07	2.15	1.23	0.04	-	2.29	0.72	1.48	23.8	0.82

### 3.1.4. Sulama Sistemi

Denemede kullanılan damla sulama sistemi denetim biriminde; kum-çakıl filtre, disk filtre, manometre, su sayacı, vana ve bağlantı parçaları; iletim biriminde

ise PE borulardan oluşan ana hat, manifold ve lateraller kullanılmıştır. Lateraller 16 mm çapında olup üzerinde 20 cm aralıklarla içten geçik (in-line) damlatıcılar yer almaktadır. Damlatıcı debisi 100kPa işletme basıncında 2 l/h'dir. Lateraller; her bitki sıra arasına bir lateral gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

### 3.1.5. İklim Durumu

Akdeniz iklim kuşağında bulunan Adana ilinde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Araştırmanın yürütüldüğü 2009 yetiştirme mevsimine ilişkin iklim verileri araştırma alanında kurulu olan otomatik kaydedicili iklim istasyonundan; uzun yıllık ortalama iklim verileri ise Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü kayıtlarından sağlanmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Quinoa Bitkisinin Büyüme Dönemindeki Uzun Yıllık ve 2009 Yılı İklim Verileri

	İklim Öğeleri	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Uzun Yıllık Değerler (1990-2009)	Ortalama Sıcaklık (°C)	12.3	17.6	21.1	24.6
	Oransal Nem (%)	67.6	67.1	67.7	70.5
	Rüzgar Hızı (m/s)	1.4	1.4	1.6	1.7
	Yağış (mm)	56.2	43.1	18.6	9.2
	Buharlaşma (mm)	114.8	158.5	203.0	230.1
Araştırma Yılı İklim Verileri (2009)	Ortalama Sıcaklık (°C)	16.7	21.4	26.8	28.2
	Oransal Nem (%)	68.9	61.1	59.7	66.1
	Rüzgar Hızı (m/s)	1.0	1.2	1.4	1.5
	Yağış (mm)	11.0	10.0	0.0	13.0
	Buharlaşma (mm)	47.1	138.2	191.3	210.1

### 3.1.6. Ekilen Quinoa Çeşidi

Araştırmada Akdeniz iklim koşullarına iyi adapte olmuş Q-52 quinoa çeşidi kullanılmıştır.

### 3.1.7. SALTMED Modeli

SALTMED Modeli sulama sistemi, toprak tipi ve sulama suyunun tuzluluk seviyesinin; toprak nemi ve topraktaki tuz dağılımı üzerine etkilerini, yıkama gereksinimini ve ürün verimini başarıyla resmeden genel bir modeldir. Farklı sulama sistemleri, toprak tipleri, toprak katmanları, farklı bitkiler, su kalitesi ve su uygulama stratejileri koşullarında kullanım potansiyeline sahiptir.

SALTMED Modeli esas olarak evapotranspirasyon, bitki su alımı, farklı sulama sistemlerinde su ve çözelti hareketi, drenaj ve bitki verimi ile su kullanımı arasındaki ilişki gibi anahtar işlemleri içerir (Ragab, 2002).

#### 3.1.7.1. Bitki Su Tüketimi

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

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

Burada;

ET <sub>o</sub>	referans bitki su tüketimi, (mm/gün);
R <sub>n</sub>	net radyasyon, (MJ/m <sup>2</sup> /gün);
G	toprak ısı akısı, (MJ/m <sup>2</sup> /gün);
T	ortalama hava sıcaklığı, (°C);
U <sub>2</sub>	2 m yükseklikte rüzgar hızı, (m/s);
e <sub>s</sub>	doygun buhar basıncı, (kPa);
e <sub>a</sub>	gerçek buhar basıncı, (kPa);
e <sub>s</sub> -e <sub>a</sub>	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  $K_e$  değerleri) modelin veri tabanında bulunmaktadır.  $K_e$  değeri FAO-56 (1998)'e göre hesaplanmaktadır.

### 3.1.7.2. Etkili Yağış

Model, yağışın toprak yüzeyinden bitki kök bölgesine infiltre olan ve bitki tarafından kullanılabilen bölümü olarak tanımlanan etkili yağış miktarını;

1. Toplam yağışın yüzdesi olarak;
2. FAO-56 (1998)'e göre hesaplayarak veya
3. Toplam yağışa eşit olduğunu kabul ederek, 3 farklı yoldan tahmin edilebilmektedir.

### 3.1.7.3. Tuzlu Su Koşullarında Bitki Su Alımı

#### (1) Gerçek Su Alım Oranı

SALTMED Modeli su alımının belirlenmesinde Cardon ve Letey (1992) tarafından ortaya konan su alım eşitliğini kullanır.

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

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  $\lambda(z) = 0.0$  dir.

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;

$p$  osmotik basınç;

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

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

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

Eşitlikte  $h_{50}(t)$ ,  $S_{max}(t)$ 'nin %50 azaldığı durumdaki matrik potansiyel değeridir.  $p_{50}$  ve  $h_{50}$  değerleri tarla denemeleri veya FAO-48 (1992) gibi literatürden alınabilir.

### (2) Maksimum Su Alımı, $S_{max}(t)$

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

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

### (3) Kök Derinliği ve Genişliği

Modelde kök derinliğinin bitki katsayısı ile benzer tavrı izlediği varsayılmıştır. Zamana göre kök derinliği,  $KD(t)$ , aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$KD(t) = [Kökderinliği_{min} + (Kökderinliği_{max} - Kökderinliği_{min})] * \frac{K_c(t)}{K_{c\ max}} \quad (3.6)$$

Maksimum kök derinliği doğrudan ölçülebileceği gibi literatürden de elde edilebilir.

Tarla bitkilerinde zamansal olarak lateral kök genişliğinin hesaplanmasında literatürde çok fazla bilgi yer almamaktadır. Bu nedenle modelde zamana göre kök genişliğinin hesaplanmasında aşağıdaki basit eşitlik kullanılmaktadır:

$$Kök\ genişliği\ (t) = \left[ \frac{Kökgenişliği}{Kökderinliği} \right] Oranı * Kök\ derinliği \quad (3.7)$$

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



#### 3.1.7.4. 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.

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

Gerçek verim (AY) ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır;

$$AY = RY * Y_{\max} \quad (3.9)$$

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

#### 3.1.7.5. Su ve Çözelti Hareketi

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

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

Eşitlikte q; su akışı, 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.

$$H = y + Z \quad (3.11)$$

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

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

Eşitlikte,  $q$ ; hacimsel ıslaklık,  $t$ ; zaman,  $z$ ; derinlik,  $K(q)$ ; ıslaklığın bir fonksiyonu olarak hidrolik iletkenlik,  $y$ ; 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 3.13) ifade edilebilir.

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

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.

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

Burada  $a$ , ampirik katsayıdır.

### 3.1.7.6. 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.

### 3.1.7.7. 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 3.15).

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} \quad (3.15)$$

Burada  $D_d$ ; drenaj suyu miktarı,  $D_i$ ; sulama suyu miktarı,  $C_i$  ve  $C_d$  sırasıyla sulama suyu ve drenaj suyunun tuz konsantrasyonlarıdır.

### 3.1.7.8. SALTMED Modeli İçin Gerekli Olan Veriler

SALTMED modelini çalıştırabilmek için şu verilere gereksinim duyulmaktadır:

**Bitkiye İlişkin Veriler:** Her büyüme dönemi için bitki katsayıları,  $K_c$ , bazal bitki katsayısı,  $K_{cb}$ , kök derinliği ve genişliği, yörede optimum koşullarda elde edilen bitki boyu ve en yüksek verim.

**Toprak Özellikleri:** Her bir toprak horizon derinliği, doymun hidrolik iletkenlik, doyma noktasındaki toprak su içeriği, tuz difüzyon katsayısı, yatay ve dikey dispersiyon katsayısı, başlangıç toprak suyu ve tuzluluk profilleri, toprak nemine karşı toprak su potansiyeli ve toprak nemine 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 yönetim verileri:** Uygulanan sulama suyu miktarı ve sulama tarihleri, her sulama için sulama suyunun tuzluluk derecesi.

### 3.1.7.9. 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 Rhodes ve ark. (1992) ile Allen ve ark. (1998)' in 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 0-120 cm profil derinliğinden 30 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 satürasyon çamurunda belirlenmiştir. Tuz içeriği, satürasyon 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, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınmış ve çamur süzüklerinin çıkarılması amacıyla laboratuvara taşınmıştır. Toprak örnekleri, laboratuvarında hava kuru hale gelinceye kadar bekletilmiş; hava kuru toprak örnekleri dövülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinden 100 g tartılarak saf su ile satürasyon çamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan satürasyon çamuruna vakum uygulanarak çamur süzükleri çıkarılmış ve elektriksel iletkenlik ( $EC_e$ ,  $dSm^{-1}$ ) ölçümleri yapılmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenen tuzluluk ölçümleri değerlendirilip incelenmiştir.

### 3.2.3. Toprak Hazırlığı ve Ekim

Deneme alanı toprağı ekimden birkaç gün önce goble-disk çekilerek düzeltilip ekime hazır duruma getirilmiştir. 10.04.2009 tarihinde, sıra üzeri 8-10 cm, sıra arası 50 cm olacak şekilde 2-3 cm derinliğe elle ekim yapılmıştır.

### 3.2.4. Gübreleme

İlk gübre ekimle birlikte gerçekleştirilmiş olup deneme konularına 15–15–15 gübresinden saf madde esasına dayanarak hektara 75 kg N, 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 75 kg K<sub>2</sub>O verilmiştir. İkinci gübreleme 20.05.2009 tarihinde gerçekleştirilmiş ve deneme parsellerine 45 kg/ha N saf madde esasına göre % 33 Amonyum Nitrat gübresi uygulanmıştır.

### 3.2.5. Bakım

Deneme süresince, parsellerde gelişen yabancı otlarla mücadele etmek için belirli dönemlerde el çapası yapılmıştır.

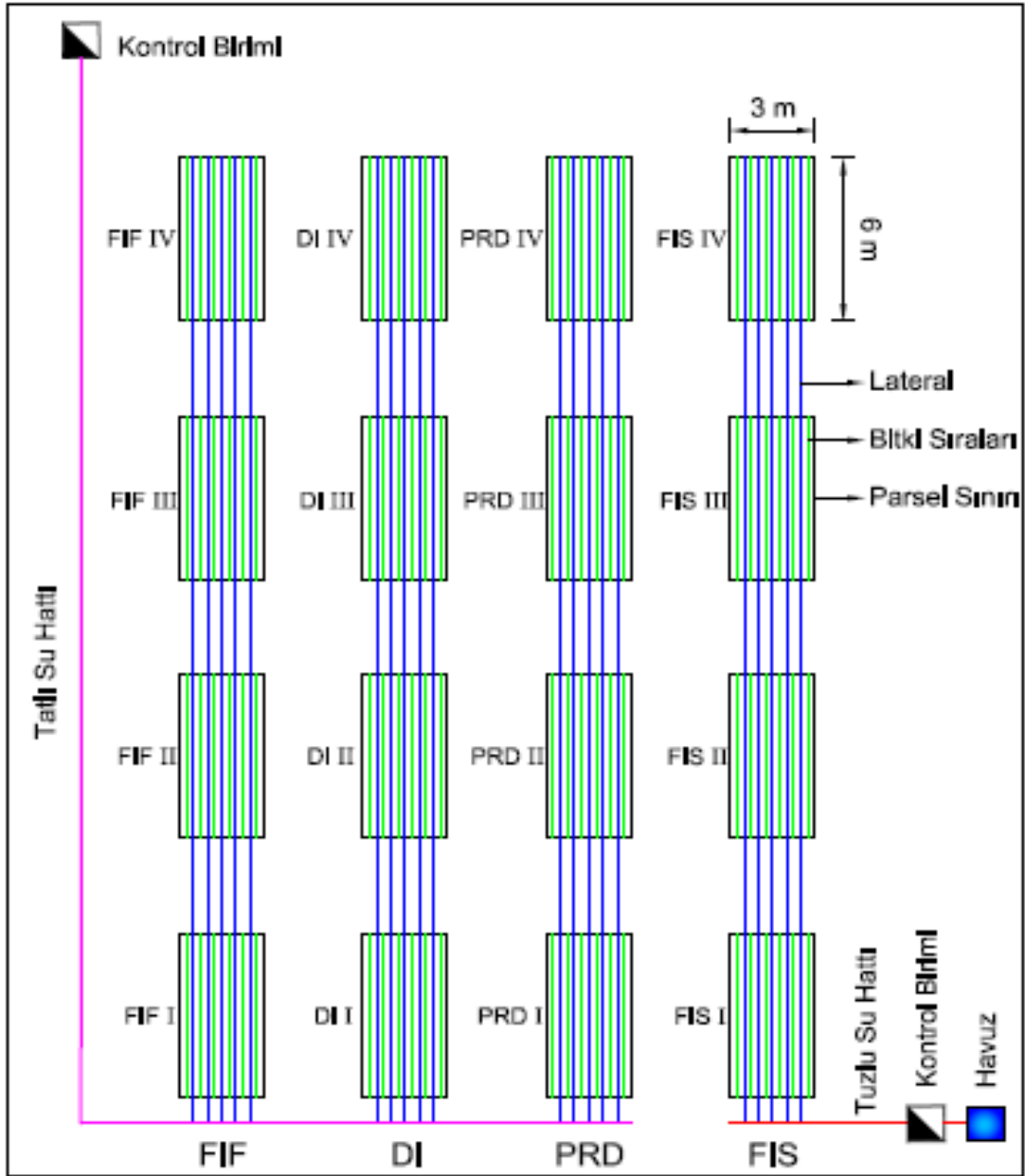
### 3.2.6. Araştırma Konuları ve Deneme Deseni

Araştırmada 7 günlük sulama aralığında damla sulama yöntemi ile tatlı ve tuzlu sulama suyu kullanılarak dört farklı sulama konusu ele alınmıştır. Deneme konuları;

- Tam sulama (FIF),
- %50 kısıntılı sulama (DI),
- % 50 yarı ıslatmalı (PRD),
- Tuzlu su ile tam sulama (FIS) şeklinde planlanmıştır.

Tam sulama (FIF) konusunda tatlı su (kanal suyu) ile 60 cm'lik toprak profilindeki eksik toprak suyunun tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan suyun tamamı uygulanarak tam sulama yapılmıştır. % 50 kısıntılı sulama (DI) ve %50 yarı ıslatmalı sulama (PRD) konularında yine tatlı su kullanılarak tam sulama konuları için uygulanan sulama suyu miktarının % 50'si kadar su uygulanmıştır. Bunun için % 50 kısıntılı sulama (DI)'da sulama süresi kısaltılmış, %50 yarı ıslatmalı sulama (PRD) konusunda ise lateraller dönüşümlü olarak çalıştırılmıştır. Tuzlu su ile tam sulama (FIS) konusunda elektriksel iletkenliği  $EC_w = 5$  dS/m olan sulama suyu kullanılarak FIF'de olduğu gibi 60 cm'lik toprak profilindeki eksik toprak suyunun tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan suyun tamamı uygulanmıştır.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Deneme parselleri, her parselde 6 bitki sırası yer alacak şekilde 3 m genişliğinde ve 6 m uzunluğunda yerleştirilmiştir. Deneme parsellerinin yerleşim düzeni Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme Planı

### 3.2.7. Sulama Yöntemi

Denemede damla sulama sistemi kullanılmıştır. Tatlı su konularında (FIF, DI ve PRD) kullanılan sulama suyu, araştırma alanı yakınılarından geçen DSI sulama kanalından sağlanmıştır. Kapalı bir sistemle deneme alanına iletilen su hidrantlardan alınarak uygulanmıştır. Tuzlu su (FIS) konusunda ise deneme alanında bulunan

havuzda suya tuz (NaCl) eklenerek hazırlanan elektriksel iletkenliği  $EC_w=5$  dS/m olan su, ikinci bir pompa, su iletim hattı ve damla sulama sistemi ile deneme parsellerine uygulanmıştır. Her lateralin başına yerleştirilen vanalar yardımıyla DI konusunda sulama süresi, PRD konusunda ise dönüşümlü olarak çalıştırılacak lateraller ayarlanmıştır.

Araştırmada tam su konularında (FIF ve FIS) uygulanacak sulama suyu miktarı, 60 cm'lik toprak profilindeki eksik nemin tarla kapasitesine tamamlanması şeklinde belirlenmiştir. Sulama süresi ise uygulanacak sulama suyu miktarının damlatıcı debisi ve damlatıcı aralığı dikkate alınarak belirlenen su verme hızına bölünmesi ile elde edilmiştir. DI konusunda sulama süresi kısaltılarak her sulamada tam su konularında uygulanan sulama suyunun %50'si kadar su uygulanmıştır. PRD konusunda ise sulamalar, bitki sırasının her iki tarafına yerleştirilen laterallerden birinin bir sulamada diğerinin izleyen sulamada çalıştırılması şeklinde gerçekleştirilmiş böylece tam sulamada uygulanan suyun % 50'si kadar su verilmiştir.

### 3.2.8. Toprak Suyu Gözlemleri

Araştırmada toprak suyu gözlemleri, nötronmetre yöntemi ve gravimetrik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Gravimetrik yöntemde, sulamalardan bir gün önce 0-90 cm'lik toprak profilinden her 30 cm derinlik için toprak örnekleri alınarak toprak nem içeriği belirlenmiştir.

Nötronmetre yöntemi ile toprak profilinde nem değişimini izlemek için her deneme parselinin ortasına, toprak yüzeyinden 100 cm derinliğe, 38.1 mm iç çapında ve 3.2 mm et kalınlığındaki alüminyum tüpler yerleştirilmiştir. Nötron sayımları 15 saniye süre ile yapılmış ve anılan sayımlarda Campbell Pasific Nuclear Corp tarafından yapılmış  $BF^3$  (nötron kaynağı Americium-Berilium) dedektör tüpü içeren 503 Hydroprope, DR tipi nötronmetre kullanılmıştır. Her sulama öncesi 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm toprak katmanları için nötronmetre okumaları yapılmıştır. Standart okumalar su doldurulmuş bir varilde yapılmış olup her okumada 12 standart sayım yapılmıştır. Standart okumalardan en büyük ve en küçük değerler atılarak 10



okumanın ortalamaları alınmış ve elde edilen değer ölçümün standart sayımı olarak kabul edilmiştir. Gerçek ve standart sayımların birbirine oranlanması ile bulunan sayım oranı, kalibrasyon denkleminde kullanılarak yukarıda belirtilen katmanlar için toprak su içeriği belirlenmiştir.

### **3.2.9. Bitki Boyu**

Her parselde işaretlenmiş 3 bitkinin haftada bir kez boyları ölçülerek ortalamaları alınmış böylece deneme süresince haftalık bitki boy değişimleri izlenmiştir.

### **3.2.10. Kuru Madde Miktarı (Biomass) ve Yaprak Alan İndeksi (LAI)**

Deneme konularına ilişkin kuru madde miktarı ve yaprak alan indeksinin belirlenmesi için 7 günlük aralıklarla her parselden 3 bitki toprak yüzeyinden kesilerek bitki örnekleri alınmıştır. Alınan bitki örneklerinin yaprak alanları optik yaprak alan ölçer ile saptanmıştır. Belirlenen yaprak alanları, derlendikleri alana oranlanarak her bir sulama konusuna ilişkin yaprak alan indeksleri hesaplanmıştır.

Deneme parsellerinden alınan bitki örnekleri yaprak alanlarının ölçülmesinden sonra etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Elde edilen kuru ağırlıklar örneğin alındığı alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı saptanmıştır.

### **3.2.11. Hasat**

Fizyolojik olgunluğa gelen bitkiler 08.07.2009 tarihinde elle hasat edilmiştir. Hasatta 6 metre uzunluğunda parsel ortasında yer alan 4 bitki sırasındaki tüm bitkiler toprak yüzeyinden kesilmiştir. Hasat edilen bitkiler güneşte kurutularak daneleme işlemi yapılmış ve parsel verimleri hesaplanmıştır.

Hasatta her parselden 5 bitki örneği alınarak ayrıca kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan bitki örnekleri danelenerek bin dane ağırlığı, bitki başına verim gibi verim bileşenleri belirlenmiştir.

### 3.2.12. Hasat İndeksi

Birim alandan elde edilen dane ağırlığının toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlanan hasat indeksi (HI) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Beadle,1985).

$$HI= Y / DM \quad (3.16)$$

Eşitlikte;

HI : Hasat İndeksi,

Y : Birim alandan elde edilen dane verimi, (kg);

DM : Birim alandan elde edilen toprak üstü kuru madde ağırlığı, (kg).

### 3.2.13. Su Tüketimi

Quinoa bitkisinin 90 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);

$\Delta s$  : Toprak profilindeki nem değişimi, (mm).

**3.2.14. Su Kullanma Randımanları (WUE ve IWUE)**

Denemede ele alınan sulama konularının değerlendirilmesinde su kullanma randımanlarından yararlanılmıştır. Konulara uygulanan sulama suyu ve ET miktarının kullanım randımanlarını belirlemek amacıyla Howell ve ark. (1994)'nın verdiği aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

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

$$WUE_{ET} = Y/ET \quad (3.19)$$

Eşitliklerde;

- IWUE : Sulama suyu kullanma randımanı, (kg/m<sup>3</sup>);  
WUE<sub>ET</sub> : Toplam su kullanma randımanı, (kg/ m<sup>3</sup>);  
I : Uygulanan sulama suyu, (mm);  
ET : Mevsimlik bitki su tüketimi, (mm).  
Y : Sulanan konularda elde edilen verimlerdir, (kg/da).

**3.2.15. 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 etmenidir.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Arazi Bulguları

#### 4.1.1. Quinoa Bitkisinin Gelişme Dönemleri

Araştırmada Q-52 quinoa çeşidi kullanılmıştır. Ekim 10.04.2009 tarihinde yapılmış ve ilk çıkışlar 20.04.2009 tarihinde gözlenmiştir. Çiçeklenme ve dane dolun dönemlerinin başlangıcı sırasıyla 18.05.2009 ve 10.06.2009 olarak gözlenmiştir. 16.06.2009 tarihinden itibaren bitkilerde renk değişimi ortaya çıkmaya başlamıştır. Fizyolojik olgunluğa ulaşan bitkiler 08.07.2009 tarihinde hasat edilmiştir.



Şekil 4.1. Çiçeklenme Döneminde Quinoa Bitkisi

#### 4.1.2. Sulamaya İlişkin Bulgular

Ekim sonrası parsellerde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla 10.05.2009 tarihinde yağmurlama sistemi ile tüm deneme konularına 20 mm eşit su uygulanmıştır. Deneme parsellerinde konulara göre sulamalara 21.05.2009 tarihinde

başlanmış ve 24.06.2009 tarihinde son sulama yapılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarları ve tarihleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme Konularında Quinoa Bitkisine Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) ve Sulama Tarihleri

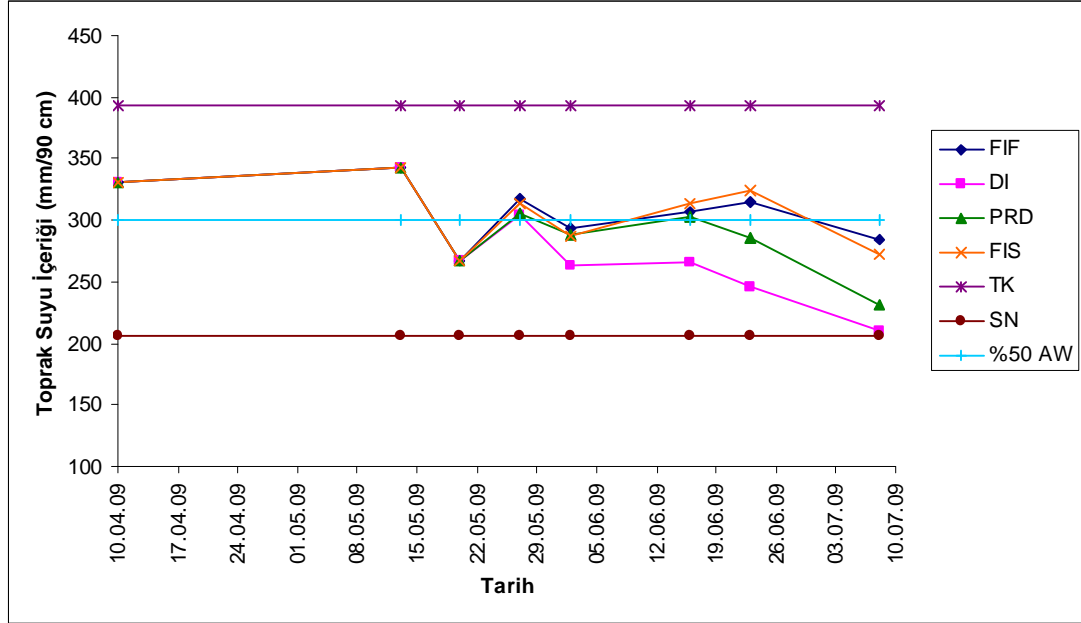
I: SULAMA SUYU MİKTARI, mm				
Sulama Tarihi	FIF	DI	PRD	FIS
10.05.2009	20	20	20	20
<b>Toplam</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
21.05.2009	73	37	37	73
27.05.2009	20	10	10	20
03.06.2009	80	40	40	80
10.06.2009	50	25	25	50
17.06.2009	80	40	40	80
24.06.2009	60	30	30	60
<b>Toplam</b>	<b>363</b>	<b>182</b>	<b>182</b>	<b>363</b>
<b>Genel Toplam</b>	<b>383</b>	<b>202</b>	<b>202</b>	<b>383</b>

Konulara göre uygulanan toplam sulama suyu miktarları DI ve PRD konularında 182 mm; FIF ve FIS konularında ise 363 mm olmuştur. Deneme boyunca toplam 6 konulu sulama yapılmış ve her bir sulamada uygulanan su miktarı 10 mm ile 80 mm arasında değişmiştir.

#### 4.1.3. Toprak Profiline Su İçeriği Gözlemleri

Araştırma konularına göre toprak profilinin 90 cm derinliğinde su içeriğinin zamana göre değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir.

Büyüme mevsimi boyunca 90 cm toprak profilinde toprak su içeriğinin tarla kapasitesi ile solma noktası arasında olduğu gözlemlenmiştir. Ekim tarihinden konulu sulamaların başladığı 21.05.2009 tarihine kadar tüm deneme konularında toprak su içeriği aynı düzeyde seyretmiştir. Konulu sulamaların başlamasından hemen önce yapılan ölçümlerde bütün deneme konularında toprak neminin kullanılabilir suyun %50’sinin altında olduğu belirlenmiştir. Konulu sulamalarla birlikte konulara uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak toprak su içeriği değerleri de farklılıklar göstermeye başlamıştır.



Şekil 4.2 Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Araştırma Konularında Sulama Öncesi Toprak Su İçeriğinin (mm/ 90 cm) Zamansal Değişimi

Tam sulama konularında (FIF ve FIS) mevsim boyunca toprak su içeriğinin diğer konulara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 02.06.2009 tarihinde DI konusunda toprak nemi kullanılabilir suyun %50'sinin altında iken FIF, FIS ve PRD konularında kullanılabilir suyun %50'sine yakın değerlerdedir. Bu tarihten sonra hasada kadar toprak su içeriği FIF ve FIS konularında kullanılabilir toprak suyunun %50'sinin üzerinde seyretmiş; hasatta ise kullanılabilir toprak suyunun %50'sinin altında sonlanmıştır.

DI ve PRD konularında genel olarak toprak su içeriğinin kullanılabilir suyun %50'sinin altında seyrettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte yapılan gözlemler PRD konusunda toprak su içeriğinin DI konusuna göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Hasatta DI konusunda toprak nemi solma noktasına yaklaşmış, PRD konusunda ise kullanılabilir suyun %50'sinin %70 altında sonlanmıştır.



#### 4.1.4. Bitki Su Tüketimi (ET)

Deneme konularına göre mevsimlik bitki su tüketimleri ve sulama suyu miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

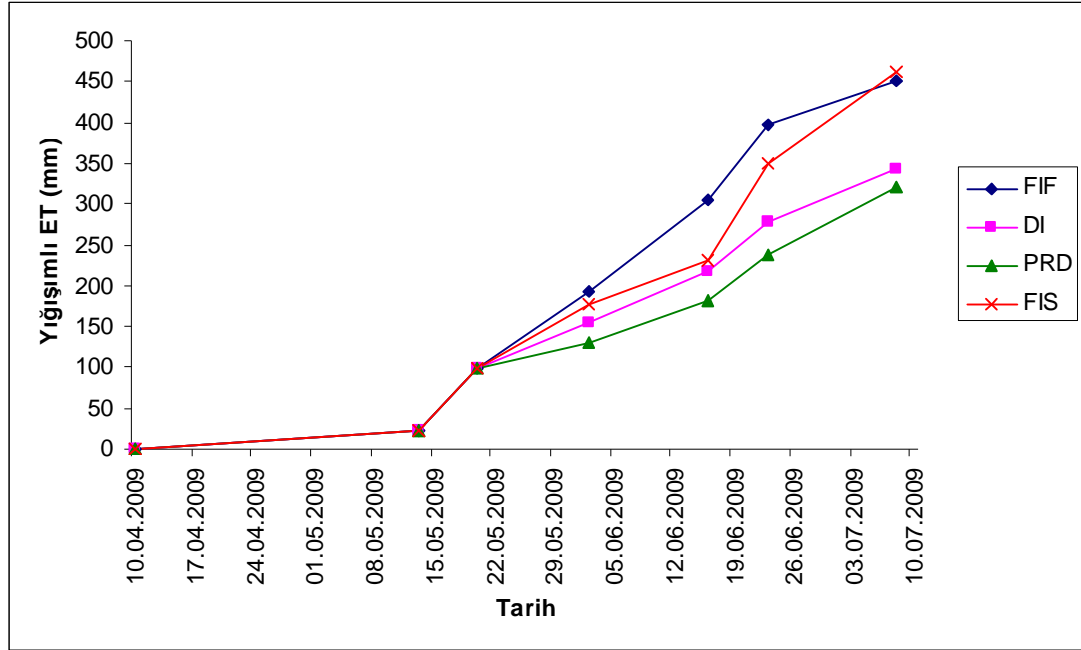
Çizelge 4.2. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Mevsimlik Bitki Su Tüketimi Değerleri

Konular	Bitki Su Tüketimi (mm)				Ortalama Mevsimlik Su Tüketimi (mm)	Sulama Suyu (mm)
	I	II	III	IV		
FIF	491	430	430	450	450	383
FIS	479	448	462	460	462	383
DI	325	347	356	343	343	202
PRD	300	336	329	320	321	202

En yüksek bitki su tüketimi 462 mm ile FIS konusunda görülürken, FIF konusunda su tüketimi 450 mm ile FIS’a yakın bir değer olarak elde edilmiştir. Bu durum FIS konusunda uygulanan 5 dS/m’lik sulama suyu tuzluluğunun bitki su tüketimini etkilemediğini göstermektedir.

En az su tüketimi 321 mm ile tam sulama konularına göre %50 daha az su uygulanan PRD konusunda olmuş, DI konusunda ise su tüketimi 343 mm olarak belirlenmiştir. Aynı miktar sulama suyu uygulanmasına rağmen bitki su tüketiminde PRD ve DI konuları arasında 22 mm’lik bir fark gözlemlenmiştir. Bu sonucun farklı işletim biçimlerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Çukurova koşullarında quinoa bitkisinin konulara göre yığılımlı su tüketim değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Konulu sulamaların başlamasıyla birlikte bitki su tüketimlerinde de farklılıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. DI ve PRD konularındaki su tüketim hızları uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak tam su konularından (FIF ve FIS) daha düşük olarak seyretmiştir. Kısıntılı su uygulanan konularda bitki yeteri kadar su alamadığından atmosferik istemi karşılama yetersiz kalmıştır. Buna bağlı olarak bitki su tüketimleri de düşük olmuştur.



Şekil 4.3. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Bitki Su Tüketiminin Zamansal Değişimi

Deneme konularına göre bitki su tüketimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve bunlara ilişkin Duncan Gruplandırması sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Quinoa Bitkisinin Su Tüketimlerine İlişkin Varyans Analizi

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	148.750	49.583	0.1099	0.0000
Sulama	3	62964.750	20988.250	46.5228	
Hata	9	4060.250	451.139		
Toplam	15	67173.750			

Değişim Katsayısı (CV) = %5.39

Çizelge 4.4. Quinoa Bitkisinin Su Tüketimlerine İlişkin Duncan Gruplaması

Konular	Ortalama ET
FIS	462 <sup>a</sup>
FIF	450 <sup>a</sup>
DI	343 <sup>b</sup>
PRD	321 <sup>b</sup>

Varyans analizi sonuçlarına göre farklı sulama suyu miktarları ve işletim biçiminin bitki su tüketimine etkilerinin istatistiksel olarak 0.01 önem düzeyinde farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3). Yapılan Duncan gruplamasında sulama suyu miktarına göre 2 farklı grup ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4). Tam su alan geleneksel damla sulama işletimi olan FIF ve FIS konuları birinci grupta yer alırken, tam su konusunun %50'sini alan geleneksel kısıntılı sulama (DI) ve yarı ıslatmalı PRD konuları aynı grupta yer almıştır.

#### 4.1.5. Dane Verimi

Quinoa bitkisinin hasadı 8 Temmuz 2009 tarihinde elle yapılmıştır. Araştırma sonucunda deneme konularından elde edilen quinoa dane verimleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Elde Edilen Quinoa Dane Verimleri

Konular	Dane Verimi (kg/ha)				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	2617	1508	2083	2271	2120
DI	1267	1808	2125	1563	1691
PRD	1325	2433	2008	1725	1873
FIS	2017	1575	1871	1675	1784

Çalışmada kanal suyunun kullanıldığı tam sulama (FIF) konusundan ortalama 2120 kg/ha dane verimi elde edilmiştir. Tam su konusuna uygulanan suyun %50'sini alan geleneksel kısıntılı sulama (DI) konusunda elde edilen dane verimi ise 1691 kg/ha olarak belirlenmiştir. DI konusu ile eşit miktarda sulama suyunun farklı bir işletim biçiminde uygulandığı PRD konusundan alınan verim 1873 kg/ha olmuştur. FIF konusu ile aynı miktarda sulama suyunun uygulandığı ancak sulama suyu tuzluluk düzeyinin 5 dS/m olduğu FIS konusunda 1784 kg/ha verim elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Araştırma sonucunda deneme konularından elde edilen quinoa dane verimlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Sulama

konularının dane verimi üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.6. Quinoa Dane Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	129554.559	43184.853	0.2306	
Sulama	3	407460.112	135820.037	0.7251	
Hata	9	1685773.133	187308.126		
Toplam	15	2222787.804			

CV = %23.18

Geerts ve ark. (2008a), Bolivya'nın Altiplano bölgesinde quinoa bitkisinde yaptıkları çalışmada tam su konusundan elde edilen verim ile tam sulamada uygulanan suyun %50'si kadar su ile yapılan kısıntılı sulamadan elde edilen verim arasında önemli bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

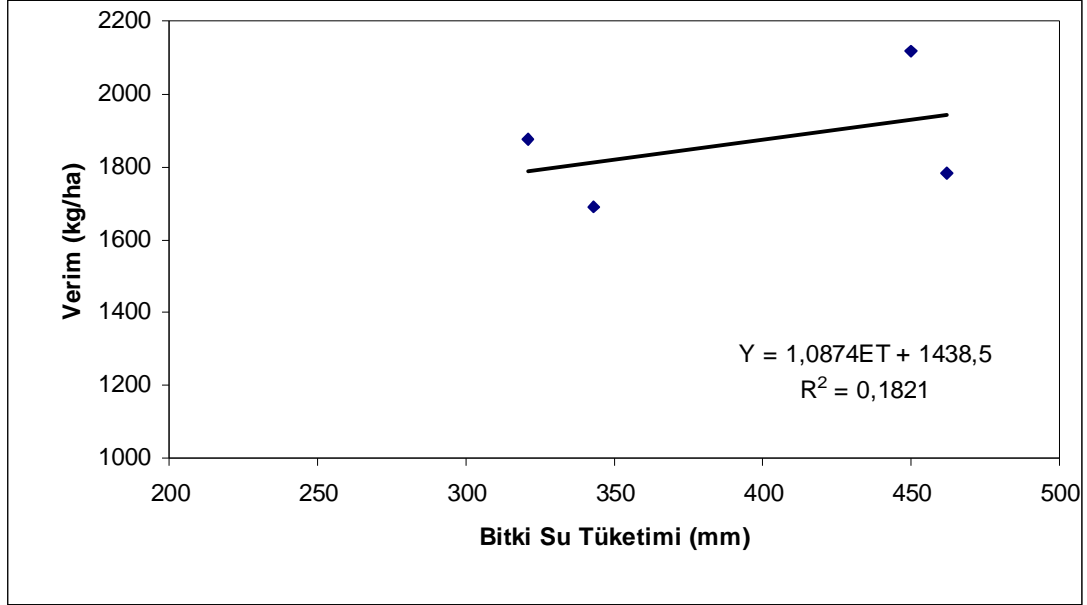
Casini (2002), orta İtalya'da yaptığı çalışmada quinoa bitkisinden 1900–3000 kg/ha arasında dane verimi elde etmiştir.

İtalya'nın güneyinde, Vitulazio'da yapılan araştırmada iki farklı quinoa çeşidinin farklı ekim zamanlarında verimleri değerlendirilmiş; ekim zamanı ve çeşide bağlı olarak quinoa bitkisinden 1500 ile 3420 kg/ha arasında dane verimi elde edildiği belirtilmiştir (Pulvento ve ark., 2009).

Martinez ve ark. (2009), Şili'nin Coquimbo ve Ovalle bölgelerinde gerçekleştirdikleri denemelerde 2005-2006 üretim sezonunda quinoa dane veriminin 4000 ile 7700 kg/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

#### 4.1.5.1. Dane Veriminin Bitki Su Tüketimi ile İlişkisi

Deneme konularından elde edilen dane verimleri ile yığışımli su tüketimi arasındaki ilişkiler Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Dane Verimi ile Su Tüketimi (ET) İlişkisi

Dane verimi (Y) ile bitki su tüketimi (ET) arasında  $Y = 1.0874ET + 1438.5$  ( $R^2=0.1821$ ) denklemiyle ifade edilen doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 4.4).

#### 4.1.6. Quinoa Bitkisinin Su Kullanma Randımanları

Deneme konularına ilişkin sulama suyu (IWUE) ve toplam su kullanma (WUE) randımanları hesaplanarak Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çalışmada elde edilen dekar başına dane verimi değerleri, konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarına bölünerek IWUE; mevsimlik bitki su tüketimine bölünerek ise WUE değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Sulama Suyu ve Su Tüketim Randımanları

Sulama Konuları	Sulama Suyu (mm)	Su Tüketimi (mm)	Dane Verimi (kg/ha)	IWUE (kg/m <sup>3</sup> )	WUE (kg/m <sup>3</sup> )
FIF	383	450	2120	0.55	0.47
DI	202	343	1691	0.84	0.49
PRD	202	321	1873	0.93	0.58
FIS	383	462	1784	0.46	0.39

Araştırmada sulama suyu kullanma randımanları 0.46–0.93 kg/m<sup>3</sup>, toplam su kullanma randımanları ise 0.39–0.58 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanı 0.93 kg/m<sup>3</sup> ile PRD konusunda gerçekleşmiş, bunu 0.84 kg/m<sup>3</sup> ile DI konusu izlemiştir. FIF ve FIS konularında ise IWUE değerleri sırasıyla 0.55 kg/m<sup>3</sup> ve 0.46 kg/m<sup>3</sup> ile DI ve PRD konularına göre oldukça düşük değerlerde kalmıştır.

Su kullanım randımanları incelendiğinde, en yüksek değer IWUE değerleri ile benzer şekilde 0.58 kg/m<sup>3</sup> ile PRD konusunda saptanmıştır. DI konusunda WUE değeri 0.49 kg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşirken, FIF ve FIS konularında sırasıyla 0.47 kg/m<sup>3</sup> ve 0.39 kg/m<sup>3</sup> olmuştur. Yüksek sulama ve ET düzeylerinde düşük su kullanım randımanlarının elde edilmesinin, verim artışının sulama suyu miktarı veya bitki su tüketimindeki artış oranında gerçekleşmemesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Deneme konularına ilişkin su kullanma randımanı ve sulama suyu kullanma randımanı değerlerinin varyans analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Quinoa Bitkisinin Su Kullanma Randımanı (WUE) Değerlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	0.013	0.004	0.5275	0.0808
Sulama	3	0.078	0.026	3.1191	
Hata	9	0.075	0.008		
Toplam	15	0.165			

CV = %18.99

Çizelge 4.9. Quinoa Bitkisinin Sulama Suyu Kullanma Randımanı (IWUE) Değerlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	0.048	0.016	0.5664	0.0107
Sulama	3	0.584	0.195	6.8272	
Hata	9	0.257	0.029		
Toplam	15	0.889			

CV = %24.30

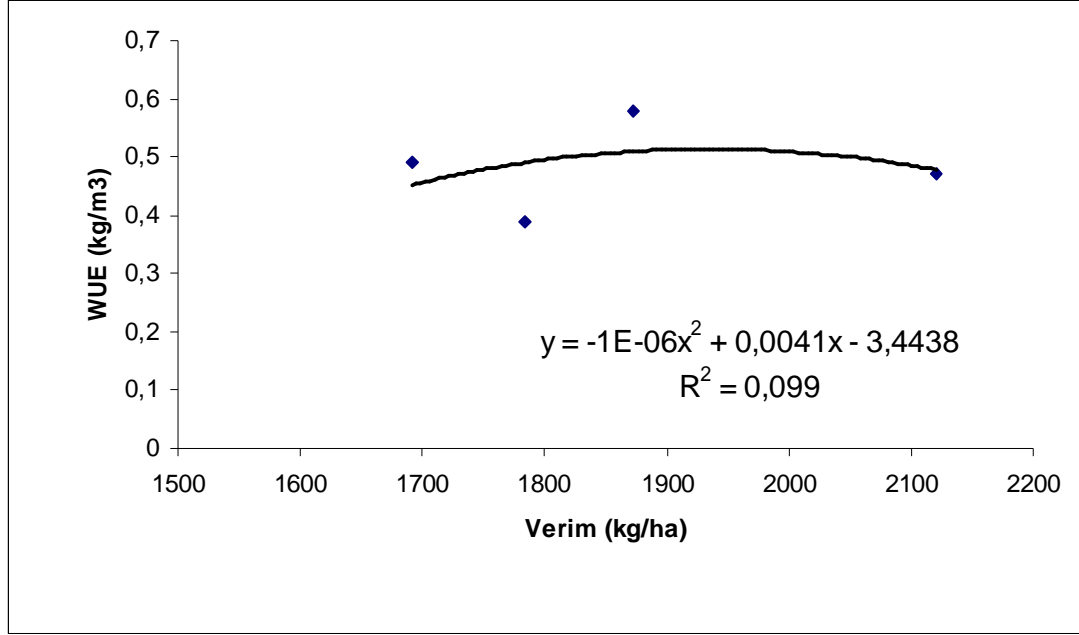
Çizelge 4.10. Quinoa Bitkisinin IWUE ve WUE Değerlerine İlişkin Duncan Gruplaması

Konular	Ortalama IWUE (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama WUE (kg/m <sup>3</sup> )
FIF	0.55b	0.47b
DI	0.84a	0.49b
PRD	0.93a	0.58a
FIS	0.46b	0.39c

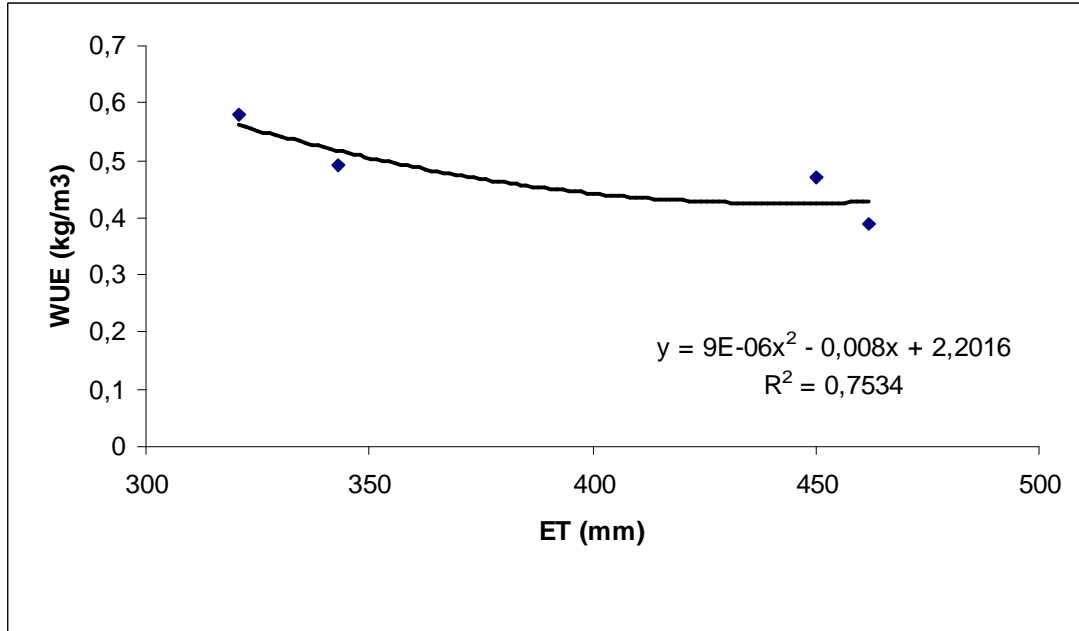
Varyans analizi sonuçlarına göre su kullanma randımanı 0.05 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve yapılan Duncan gruplamasında 3 farklı grup elde edilmiştir (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.10). Sulama suyu kullanım randımanı değerlerinin ise 0.01 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9). Yapılan Duncan gruplamasında sulama suyu miktarına göre 2 farklı grup ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.10). Birinci grupta tam su konularına uygulanan sulama suyunun %50'sinin farklı işletim sistemlerinde uygulandığı DI ve PRD konuları yer alırken ikinci grupta tam su konuları olan FIF ve FIS konuları yer almıştır.

Bolivya'nın Altiplano bölgesinde quinoa bitkisinde yapılan çalışmada, tam sulama konusunda su kullanma randımanı (WUE) 0.41 kg/m<sup>3</sup>; tam sulamanın yarısı kadar sulama suyu uygulanan kısıntılı sulama konusunda ise 0.48 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Geerts ve ark., 2008a).

Deneme konularına ilişkin verim ve bitki su tüketimi değerleri ile su kullanma randımanları arasındaki ilişkiler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. WUE ile verim ve WUE ile ET arasında ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Su Kullanma Randımanı Verim İlişkisi



Şekil 4.6. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Su Kullanma Randımanı ET İlişkisi

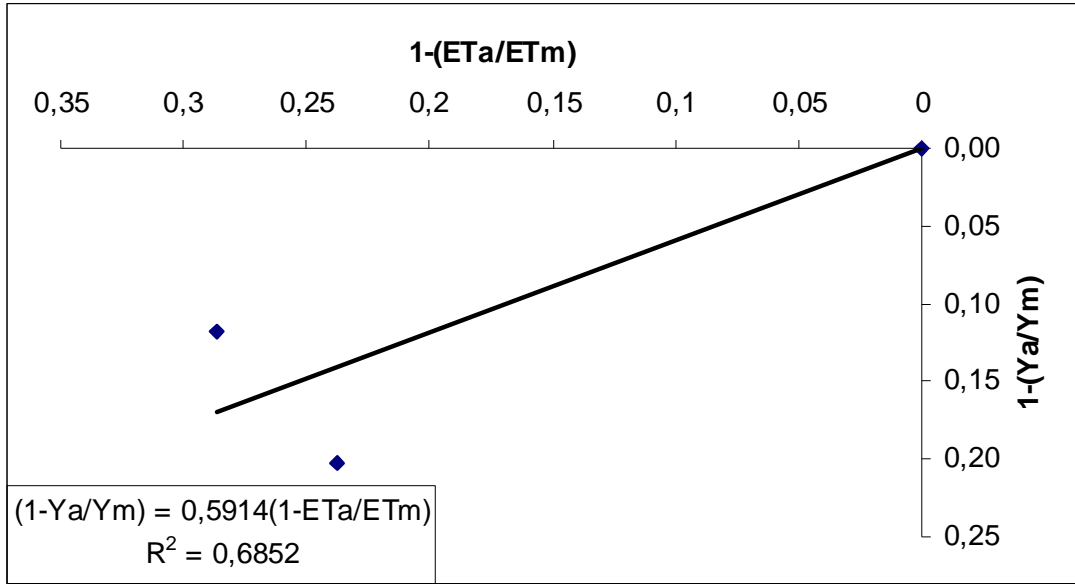


#### 4.1.7. Oransal Evapotranspirasyon Açığı ile Oransal Verim Azalışı Arasındaki İlişki ve Verim Tepki Etmeni (ky)

Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalım değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için saptanan su-verim ilişkilerini kullanarak, en yüksek evapotranspirasyon (ET<sub>m</sub>) miktarına karşılık gelen en yüksek verim (Y<sub>m</sub>) değeri belirlenmiştir. Daha sonra (1-ET<sub>a</sub>/ET<sub>m</sub>) ile (1-Y<sub>a</sub>/Y<sub>m</sub>) oranları belirlenmiştir.

Araştırmada, (1-ET<sub>a</sub>/ET<sub>m</sub>) ile (1-Y<sub>a</sub>/Y<sub>m</sub>) arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak, yetişme mevsimi için geliştirilen verim tepki etmeni (ky) 0.59 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7).

Sulama planlaması açısından çok önemli olan verim tepki etmeni Garcia ve ark. (2003), tarafından Bolivya'nın Altiplano bölgesi koşullarında quinoa bitkisi için 0.67 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Oransal Evapotranspirasyon Açığı ile Oransal Verim Azalışı İlişkisi

#### 4.1.8. Bin Dane Ağırlığı

Denemede sulama konularına göre elde edilen ortalama bin dane ağırlıkları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Sulama konularında saptanan bin dane ağırlıkları 2.1 ile 2.6 g arasında değişmiştir. FIF konusunda bin dane ağırlığı 2.6 g olarak elde edilirken FIS konusunda 2.4 g, DI konusunda 2.2 g ve PRD konusunda 2.1 g olarak belirlenmiştir. Anılan çizelgedeki değerlerin varyans analizi yapılmış ve sulama konularından elde edilen bin dane verimleri arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmadığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Ortalama Bin Dane Ağırlıkları

Konular	Bin Dane Ağırlıkları (g)				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	2.7	2.5	2.6	2.5	2.6
DI	2.2	2.2	2.0	2.3	2.2
PRD	2.3	2.4	2.2	1.6	2.1
FIS	2.4	2.0	2.3	2.7	2.4

Çizelge 4.12. Quinoa Bitkisinin Bin Dane Ağırlıklarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	0.041	0.014	0.1902	0.1344
Sulama	3	0.523	0.174	2.4084	
Hata	9	0.651	0.072		
Toplam	15	1.215			

CV = % 11.74

Bolivya’nın Altiplano koşullarında iki ayrı yerde (Patacamaya ve Condoriri) yapılan çalışmada tam sulama ve kısıntılı sulama konularından elde edilen bin dane ağırlıkları arasında önemli farklılıklar olduğu bildirilmiştir (Geerts ve ark., 2008a). Anılan çalışmada quinoa bitkisi için bin dane ağırlıkları 3.2 ile 5.8 g arasında belirlenmiştir.

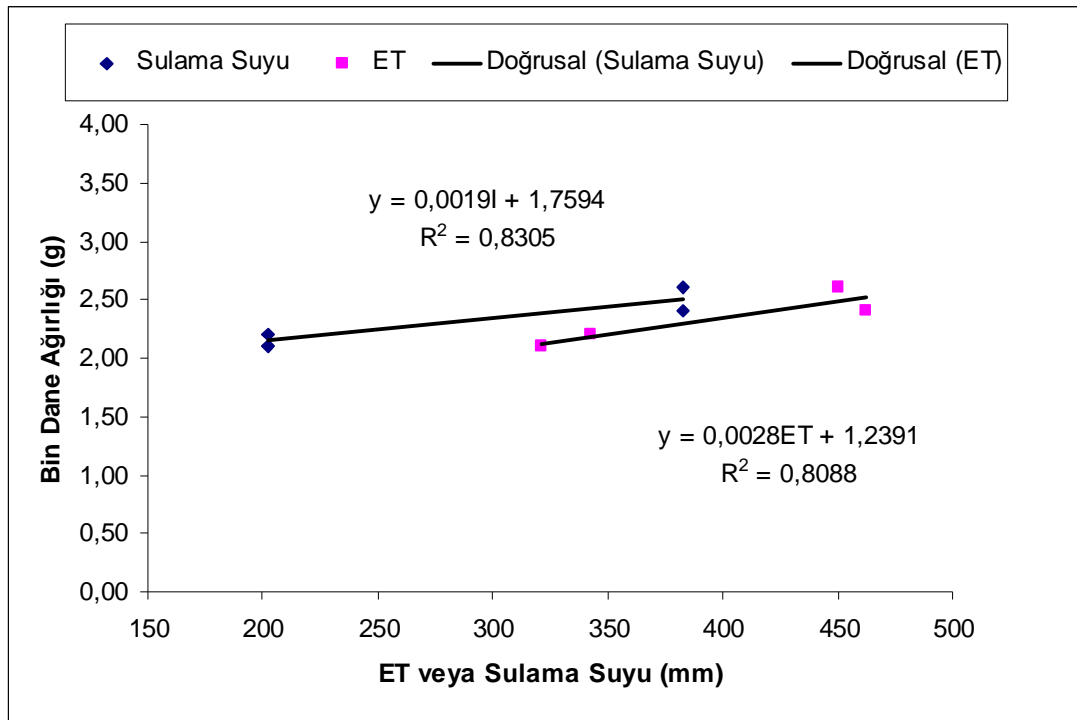
Pulvento ve ark. (2009), İtalya’nın Vitulazio bölgesinde iki farklı quinoa çeşidi ile yaptıkları çalışmada bin dane ağırlıklarının Regalona Baer çeşidinde 1.77

ile 2.25 g arasında; KVLQ520Y çeşidinde ise 2.05 ile 3.63 g arasında değiştiğini saptamışlardır.

Yukarıda sözü edilen araştırmalarda ve bu çalışmada quinoa bitkisi için elde edilen bin dane ağırlıkları arasındaki farklılıklar denemelerde kullanılan quinoa çeşitlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

#### 4.1.8.1. Bin Dane Ağırlığı ile Sulama Suyu ve Su Tüketim İlişkisi

Araştırma konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve bu konulara ilişkin su tüketimleri (ET) ile bin dane ağırlıkları arasında belirlenen ilişkiler Şekil 4.8’de verilmiştir. Bin dane ağırlığı–su tüketimi ve bin dane ağırlığı–sulama suyu arasında doğrusal ilişkiler belirlenmiştir.



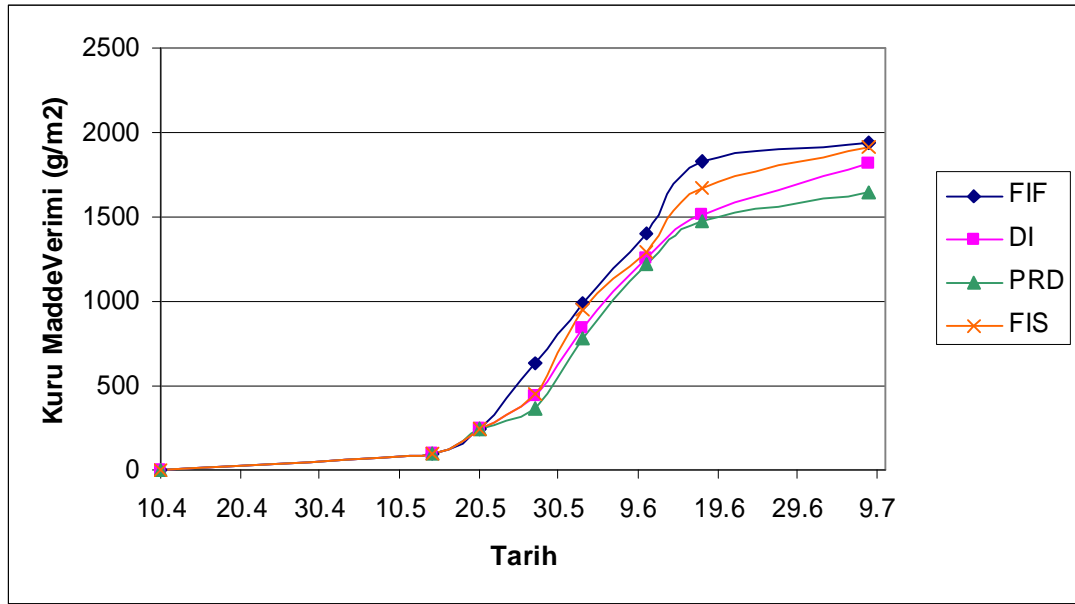
Şekil 4.8. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Bin Dane Ağırlığı-Sulama Suyu veya ET İlişkisi

Deneme konularına uygulanan sulama suyu ile bin dane ağırlıkları arasında  $y = 0.0019I + 1.7594$  ( $R^2=0.8305$ ) şeklinde doğrusal bir ilişki belirlenirken, konulara ilişkin bitki su tüketimleri ile bin dane ağırlıkları arasında  $y = 0.0028ET + 1.2391$

( $R^2=0.8088$ ) şeklinde bir eşitlik belirlenmiştir. Genel olarak uygulanan sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri arttıkça bin dane ağırlığının da arttığı söylenebilir.

#### 4.1.9. Kuru Madde Verimi

Denemede, sulama konularından elde edilen toprak üstü kuru madde miktarlarını belirlemek amacıyla her deneme parselinden periyodik olarak 3 bitki toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiş ve etüvde 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Deneme konularına ilişkin kuru madde yığışimleri Şekil 4.9’da; hasattaki kuru madde miktarları ise Çizelge 4.13’de verilmiştir



Şekil 4.9. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Kuru Madde Yığışımı

Çizelge 4.13. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Hasattaki Kuru Madde Miktarı

Konular	Kuru Madde Miktarları (g/m <sup>2</sup> )				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	1967.8	2010.2	1917.0	1835.0	1932.5
DI	1326.9	1916.0	1746.1	2261.0	1812.5
PRD	1530.5	1542.3	1773.2	1750.9	1649.2
FIS	1945.3	1805.9	1937.1	1983.4	1917.9

Hasatta FIF konusunda kuru madde verimi  $1932.5 \text{ g/m}^2$ , DI konusunda  $1812.5 \text{ g/m}^2$ , PRD konusunda ise  $1649.2 \text{ g/m}^2$  olarak elde edilmiştir. Genel olarak tam su konularında kuru madde miktarının kısıntılı sulama konularına göre daha yüksek çıkmasındaki etkenin bitkinin gelişim döneminde uygulanan sulama suyu miktarının vejetatif gelişmeyi özendirmediği söylenebilir.

Öte yandan tuzlu su ile tam sulama (FIS) konusunda elde edilen hasattaki kuru madde miktarı  $1917.9 \text{ g/m}^2$  olmuştur. Hasatta elde edilen kuru madde miktarları karşılaştırıldığında FIS ve FIF konuları arasında  $14.6 \text{ g/m}^2$ 'lik bir fark belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Quinoa Bitkisinin Kuru Madde Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	141760.169	47253.390	1.0725	0.4084
Sulama	3	204830.007	68276.669	1.5496	0.2680
Hata	9	396540.324	44060.036		
Toplam	15	743130.499			

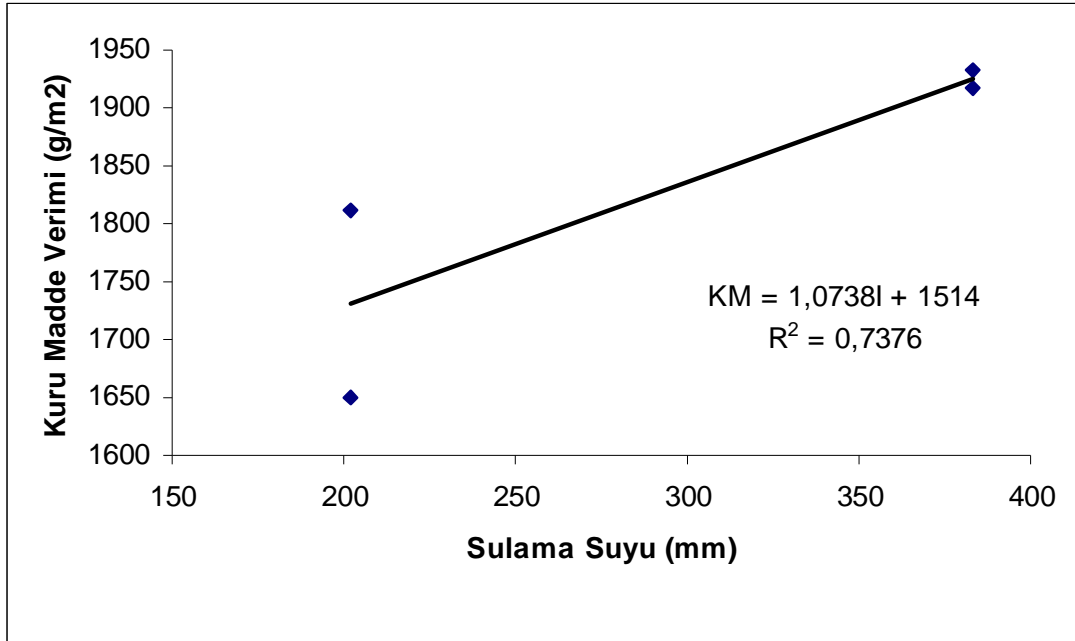
CV = % 11.48

Deneme konularına ilişkin hasattaki kuru madde miktarlarının varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre farklı sulama düzeylerinde elde edilen kuru madde miktarları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.14).

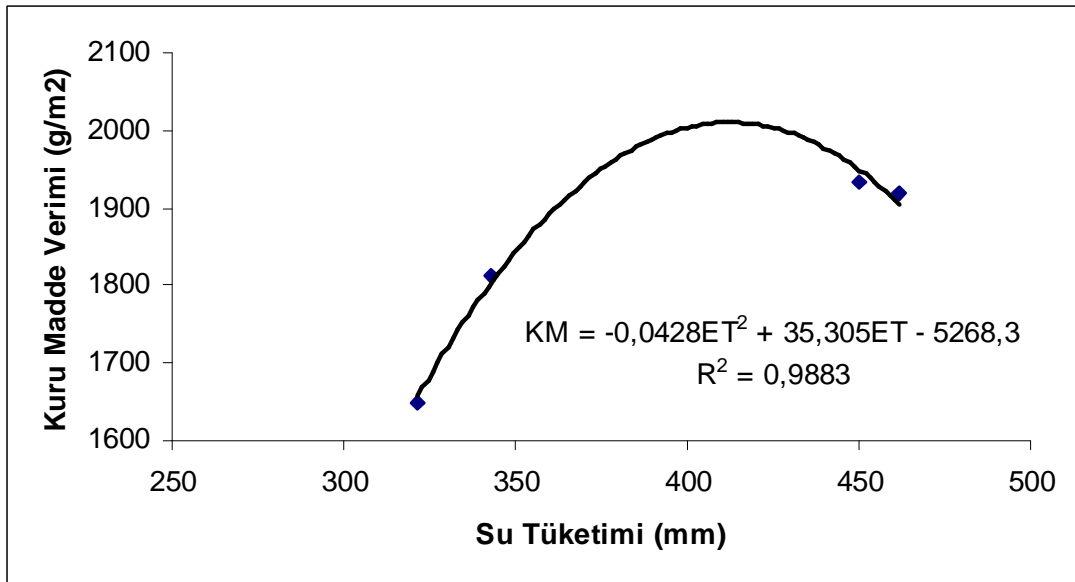
#### 4.1.9.1. Kuru Madde Verimi ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi

Deneme konularından elde edilen toprak üstü toplam kuru madde verimleriyle sulama suyu ve su tüketimi arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları (I) ile kuru madde (KM) arasında  $KM = 1.0738 I + 1514$  ( $R^2=0.74$ ) şeklinde doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 4.10). Su tüketimi (ET) ile kuru madde verimleri (KM) arasında ise  $KM = -0.0428ET^2 + 35.305ET - 5268.3$  ( $R^2=0.99$ ) şeklinde ikinci dereceden bir eşitlik belirlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.10. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Kuru Madde Verimi ile Sulama Suyu İlişkisi



Şekil 4.11. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi İçin Kuru Madde Verimi ile Su Tüketimi İlişkisi

#### 4.1.10. Bitki Başına Dane Verimi, Kuru Madde Verimi, Salkım Ağırlığı ve Dane Sayısı

Hasatta deneme konularına göre bitki başına dane verimi, bitki başına toplam toprak üstü kuru madde verimi ve kuru salkım ağırlıkları ile bitki başına dane sayıları belirlenmiştir. Konulara göre hasatta elde edilen bitki başına dane verimleri ve bunlara ilişkin varyans analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Dane Verimi

Konular	Bitki Başına Dane Verimi (g/bitki)				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	15	30	26	20	23
DI	13	22	19	29	21
PRD	18	18	20	19	19
FIS	28	18	25	25	24

Çizelge 4.16. Bitki Başına Dane Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	53.188	17.729	0.5975	
Sulama	3	63.688	21.229	0.7154	
Hata	9	267.063	29.674		
Toplam	15	383.938			

CV = %25.26

Bitki başına dane verimleri incelendiğinde bitki başına dane veriminin FIS konusunda 24 g/bitki olarak elde edildiği ve bunu 23 g/bitki ile FIF konusunun izlediği saptanmıştır. Geleneksel kısıntılı sulama konusunda (DI) bitki başına dane verimi 21 g/bitki; PRD konusunda ise 19 g/bitki olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre farklı sulama düzeylerinde elde edilen bitki başına dane verimleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır.

Hasatta araştırma konularına göre elde edilen bitki başına toprak üstü kuru madde verimi Çizelge 4.17'de; kuru madde verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.18' de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Toprak Üstü Kuru Madde Verimi

Konular	Bitki Başına Kuru Madde Verimi (g/bitki)				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	37	64	59	55	54
DI	30	59	51	77	54
PRD	40	41	52	51	46
FIS	61	54	60	70	61

Çizelge 4.18. Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Toprak Üstü Kuru Madde Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	927.688	309.229	3.1677	0.0782
Sulama	3	466.188	155.396	1.5919	0.2586
Hata	9	878.563	97.618		
Toplam	15	2272.438			

CV = %18.36

Hasatta bitki başına toprak üstü kuru madde verimi FIS konusunda 61 g/bitki olarak elde edilmiştir. FIF ve DI konularında hasattaki toprak üstü kuru madde verimlerinin aynı olduğu (54 g/bitki) saptanmış; PRD konusunda ise kuru madde verimi 46 g/bitki olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Yapılan varyans analizine göre farklı sulama stratejilerinin bitki başına kuru madde verimine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Damla sulama sistemiyle uygulanan farklı sulama stratejilerine göre quinoa bitkisi için hasatta bitki başına kuru salkım ağırlıkları ve bunlara ilişkin varyans analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20' de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Kuru Salkım Ağırlıkları

Konular	Bitki Başına Kuru Salkım Ağırlığı (g/bitki)				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	26	47	40	38	38
DI	21	44	36	53	39
PRD	30	28	36	37	33
FIS	46	40	43	52	45



Çizelge 4.20. Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Kuru Salkım Ağırlıklarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	415.688	138.563	2.4765	0.1277
Sulama	3	316.688	105.563	1.8867	0.2023
Hata	9	503.563	55.951		
Toplam	15	1235.938			

CV = %19.40

Hasatta elde edilen bitki başına kuru salkım ağırlıkları araştırma konularına göre 33 ile 45 g/bitki arasında değişmiştir. Bitki başına kuru salkım ağırlığı FIS konusunda 45 g/bitki olarak belirlenirken, DI ve FIF konularında sırasıyla 39 ve 38 g/bitki, PRD konusunda ise 33 g/bitki olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.19). Varyans analizi sonuçlarına göre farklı sulama stratejilerinde elde edilen bitki başına kuru salkım ağırlıkları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.21. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Dane Sayıları

Konular	Bitki Başına Dane Sayısı (Adet)				
	I	II	III	IV	Ortalama
FIF	5618	11905	10196	8000	8930
DI	6047	10233	9694	12554	9632
PRD	7895	7596	9091	11950	9133
FIS	11618	8955	10917	9294	10196

Çizelge 4.22. Quinoa Bitkisinden Hasatta Elde Edilen Bitki Başına Dane Sayılarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	16248467.688	5416155.896	1.0949	0.4002
Sulama	3	3834920.688	1278306.896	0.2584	
Hata	9	44522387.063	4946931.896		
Toplam	15	64605775.438			

CV = %23.48

Deneme konularına göre hasatta elde edilen bitki başına dane sayıları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Bitki başına dane sayıları konulara göre 8930 ile 10196 adet/bitki arasında değişmiştir. FIF konusunda bitki başına dane sayısı 8930 adet olarak

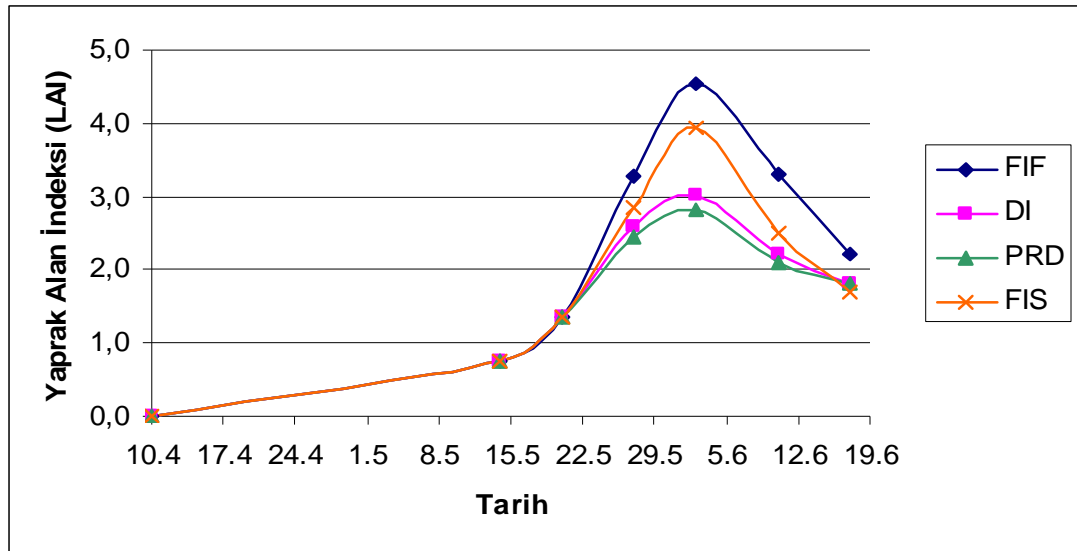
belirlenirken; DI, PRD ve FIS konularında ise bitki başına dane sayıları sırasıyla 9632, 9133 ve 10196 adet/bitki olarak saptanmıştır. Yapılan varyans analizine göre araştırmada uygulanan farklı sulama stratejilerinde elde edilen bitki başına dane sayıları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.22).

#### 4.1.11. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Araştırma süresince bitkilerde renk değişimi ortaya çıkıncaya kadar belirli aralıklarla bitki örnekleri alınmış ve yaprak alanları optik yaprak alan ölçer ile ölçülerek deneme konularına ilişkin yaprak alan indeksi (LAI) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.23. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Yaprak Alan İndekslerinin Zamansal Değişimi

Tarih	FIF	DI	PRD	FIS
10.04.2009	0.0	0.0	0.0	0.0
14.05.2009	0.7	0.7	0.7	0.7
20.05.2009	1.4	1.4	1.4	1.4
27.05.2009	3.3	2.6	2.5	2.8
02.06.2009	4.5	3.0	2.8	3.9
10.06.2009	3.3	2.2	2.1	2.5
17.06.2009	2.2	1.8	1.8	1.7



Şekil 4.12. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisi Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi

Deneme konularına ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri Çizelge 4.23 ve Şekil 4.12’de verilmiştir. Konulara göre yaprak alan indeksleri çiçeklenme döneminde en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Bu dönemde en yüksek yaprak alan indeksi (LAI) değeri 4.5 olarak FIF konusunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 3.9 ile FIS, 3.0 ile DI ve 2.8 ile PRD konuları izlemiştir. Çiçeklenmeden sonra hasada doğru bitkilerde yapraklarda yaşlanma ve dökülmeye bağlı olarak yaprak alan indeksleri düşüş göstermeye başlamıştır.

#### 4.1.12. Bitki Boyu

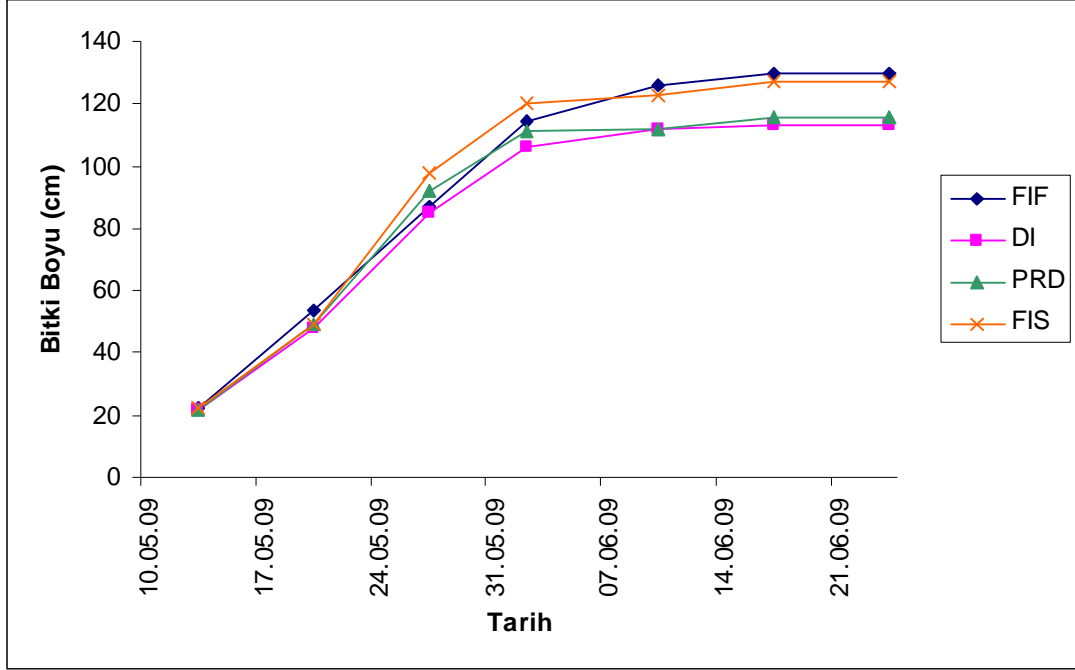
Çalışma süresince bitki boyu gelişim değerleri periyodik olarak izlenmiştir. Deneme konularına ilişkin bitki boyu ölçüm değerleri Çizelge 4.24’te verilmiş ve bitki boylarının zamana göre değişimi grafiklenmiştir (Şekil 4.13).

Çizelge 4.24. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitki Boylarının Zamansal Değişimi

Tarih	Konulara Göre Bitki Boy Gelişimleri (cm)			
	FIF	FIS	PRD	DI
13.05.2009	22	22	22	22
20.05.2009	54	49	49	48
27.05.2009	87	98	92	85
02.06.2009	115	120	111	106
10.06.2009	126	123	112	112
17.06.2009	130	127	116	113
24.06.2009	130	127	116	113

Deneme konularında genel olarak bitki boyları çiçeklenme dönemine kadar hızlı bir artış gösterirken bu dönemden sonra bitki boy gelişimleri yavaşlamıştır. En yüksek bitki boyu FIF konusunda 130 cm olarak ölçülmüş ve bunu 127 cm ile FIS konusu izlemiştir. FIF ve FIS konularında ölçülen bitki boylarının birbirine yakın çıkması 5 dS/m’lik sulama suyu tuzluluğunun bitki boy gelişimini önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Diğer taraftan tam su konularına uygulanan sulama suyunun %50’sini alan DI ve PRD konularında da bitki boylarının birbirlerine yakın

olduğu saptanmıştır. DI ve PRD konularında bitki boyları sırasıyla 113 ve 116 cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.13. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitki Boylarının Zamana Göre Değişimi

İtalya'nın Vitulazio bölgesinde 2006 yılında yapılan çalışmada quinoa bitkisine ilişkin hasattaki bitki boyları Regalona Baer çeşidinde 113 cm; KVLQ520Y çeşidinde ise 91 cm olarak saptanmıştır (Pulvento ve ark.,2009).

#### 4.1.13. Hasat İndeksi

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

Çizelge 4.25. Damla Sistemiyle Uygulanan Farklı Sulama Stratejilerine Göre Quinoa Bitkisinin Hasat İndeksleri

Konular	Hasat İndeksi				Ortalama
	I	II	III	IV	
FIF	0.41	0.47	0.44	0.36	0.42
DI	0.43	0.37	0.37	0.38	0.39
PRD	0.45	0.44	0.38	0.37	0.41
FIS	0.46	0.33	0.42	0.36	0.39

Çizelge 4.26. Quinoa Bitkisinin Hasat İndekslerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

	S.D.	K.T.	K.O.	F	Olasılık
Yineleme	3	0.008	0.003	1.9157	0.1976
Sulama	3	0.002	0.001	0.3855	
Hata	9	0.012	0.001		
Toplam	15	0.022			

CV = %9.30

Araştırmada hasat indeksleri FIF konusunda 0.42, PRD konusunda 0.41; DI ve FIS konularında ise 0.39 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre hasat indeksi üzerinde sulama suyu tuzluluğu, miktarı ve farklı işletim biçiminin 0.05 önem düzeyinde istatistiksel olarak etkisinin farklı olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Bolivya'nın Viacha şehrinde gerçekleştirilen bir araştırmada quinoa bitkisi için ortalama hasat indeksi 0.63 olarak belirlenirken, Patacamaya'da yapılan bir başka araştırmada aynı bitki için tam su konusunda hasat indeksi 0.49; tam sulamada uygulanan suyun %50'si kadar su ile yapılan kısıntılı sulamada ise 0.48 olarak hesaplanmıştır (Geerts ve ark.,2006; 2008a).

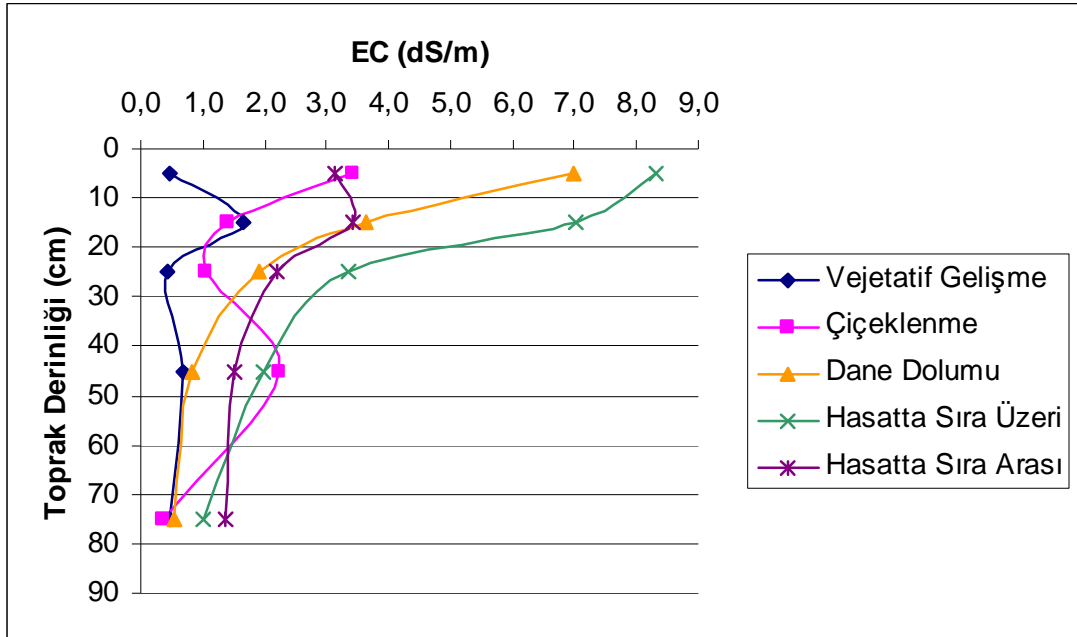
İtalya'nın Vitulazio bölgesinde yapılan çalışmada quinoa bitkisine ilişkin hasat indeksleri 2006 yılında Regalona Baer çeşidinde 0.31; KVLQ520Y çeşidinde ise 0.57 olarak saptamıştır (Pulvento ve ark.,2009).

#### 4.1.14. Toprak Tuzluluğu

Sulama suyu tuzluluğunun 5 dS/m olduğu tuzlu su ile tam sulama (FIS) konusunda ilk çıkıştan hasada kadar farklı bitki büyüme dönemlerinde, deneme parsellerinden toprak örnekleri alınarak topraktaki tuz birikimi izlenmiştir. Çizelge 4.27’de FIS konusu için vejetatif gelişme, çiçeklenme, dane dolum dönemi ile hasatta, 90 cm toprak derinliğine kadar belirlenen çamur süzüğü elektriksel iletkenlik (EC<sub>e</sub>) değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.27. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Farklı Büyüme Dönemlerinde Toprak Profilineki Tuzluluk Değerleri, EC<sub>e</sub> (dS/m)

Derinlik (m)	Toprak Tuzluluk Değerleri, EC <sub>e</sub> (dS/m)				
	Vejetatif Gelişme 27.05.2009	Çiçeklenme 02.06.2009	Dane Dolumu 17.06.2009	Hasat	
				Sıra Üzeri	Sıra Arası
0.0-0.10	0.483	3.410	6.980	8.333	3.130
0.10-0.20	1.645	1.392	3.640	7.023	3.411
0.20-0.30	0.449	1.038	1.916	3.358	2.209
0.30-0.60	0.676	2.240	0.844	1.967	1.502
0.60-0.90	0.479	0.377	0.552	0.993	1.351



Şekil 4.14. İlk Büyüme, Çiçeklenme, Dane Dolumu ve Hasatta FIS Konusuna İlişkin Toprak Tuzluluk Profilleri

Farklı büyüme dönemlerindeki toprak tuzluluğunun toprak derinliğine göre değişimi Şekil 4.14’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

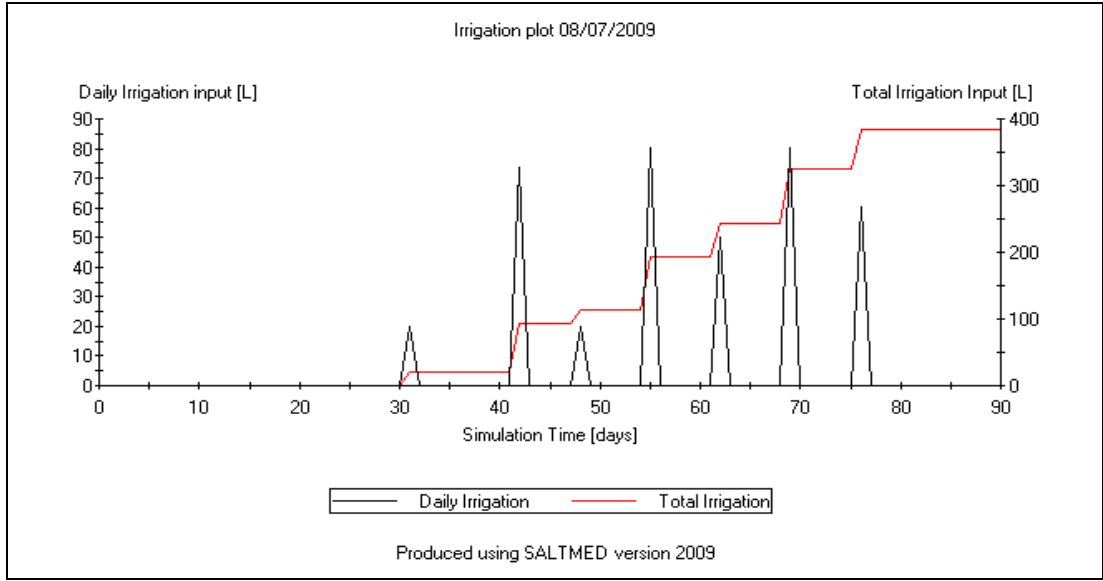
Deneme alanı topraklarının başlangıç tuzluluk değerleri 0.32 ile 0.35 dS/m arasında değişim göstermiştir. FIS konusunda uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak toprak tuzluluğunda da artış gözlemlenmiştir. Dane dolumu döneminde 0-10 cm toprak derinliğinde toprak tuzluluğu 6.98 dS/m olarak ölçülmüş ve bu dönemden sonra yapılan 60 mm’lik bir sulamanın da etkisiyle hasatta aynı derinlik için toprak tuzluluk değeri 8.33 dS/m’ye kadar çıkmıştır. Toprak yüzeyinden alt katmanlara inildikçe toprak tuzluluğunda bir azalma söz konusudur. Bunun nedeni toprak yüzeyinden olan buharlaşmanın fazlalığı ve damla sulama sistemine bağlı olarak toprakta suyun dağılımıdır.

## **4.2. SALTMED Modelinin Değerlendirilmesi**

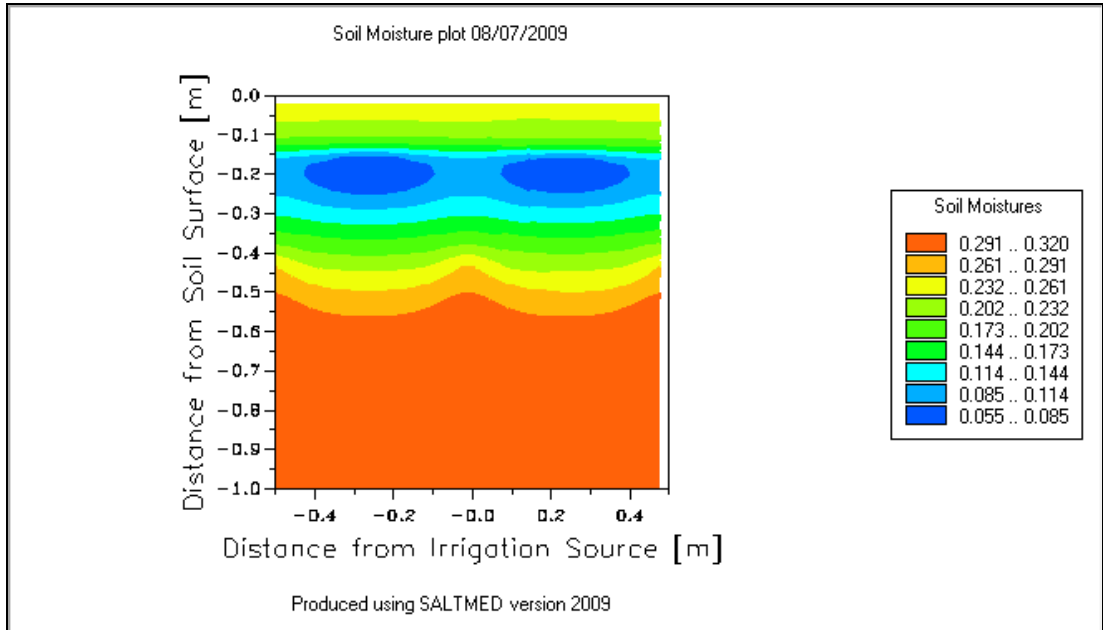
### **4.2.1. SALTMED Modelinin Çıktıları**

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 azot dağılımı, 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.

FIF konusuna ilişkin SALTMED modeli çalıştırılarak elde edilen grafiksel çıktılar Şekil 4.15- 4.25’de; diğer deneme konuları için elde edilen çıktılar ise Ek Şekil 1-33’de verilmiştir.

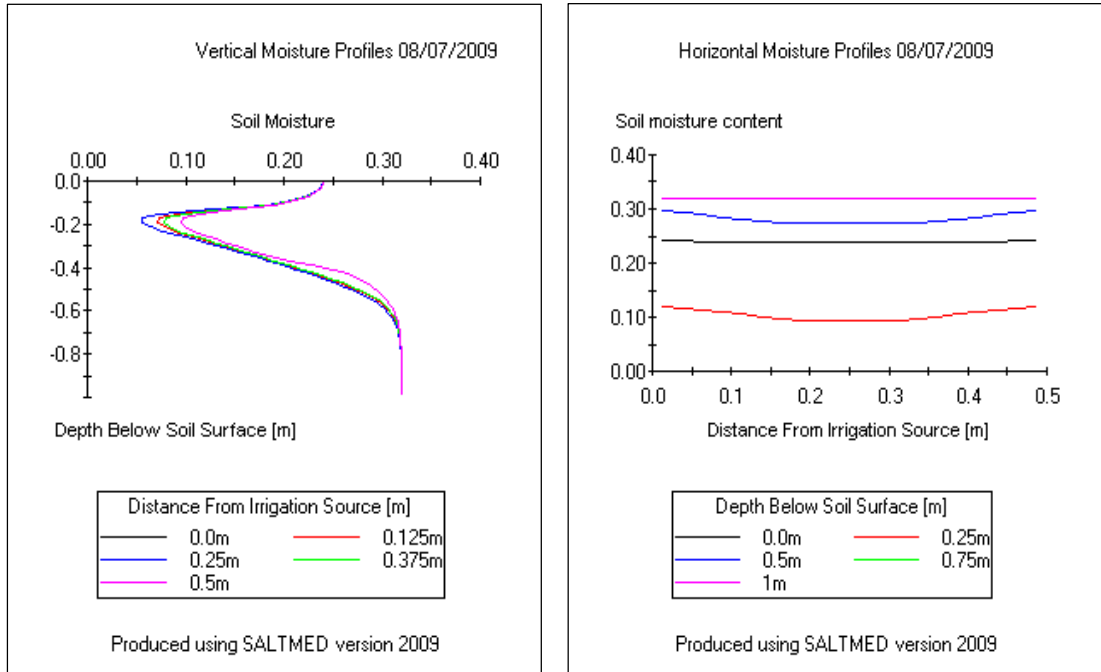


Şekil 4.15. FIF Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselleştirilmesi

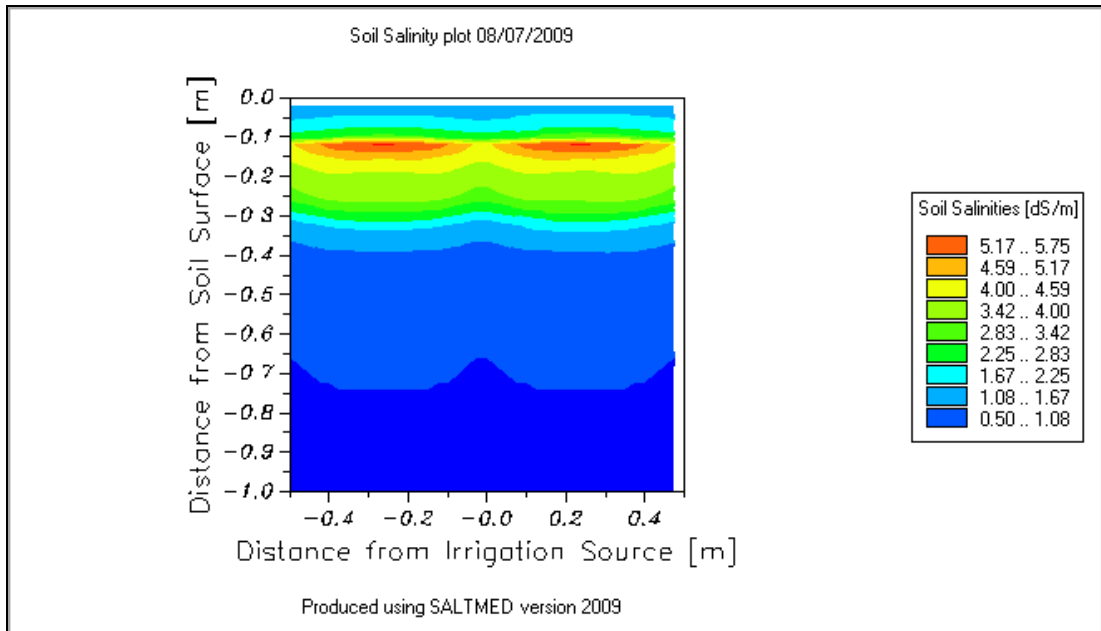


Şekil 4.16. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Toprak Nem Dağılımı

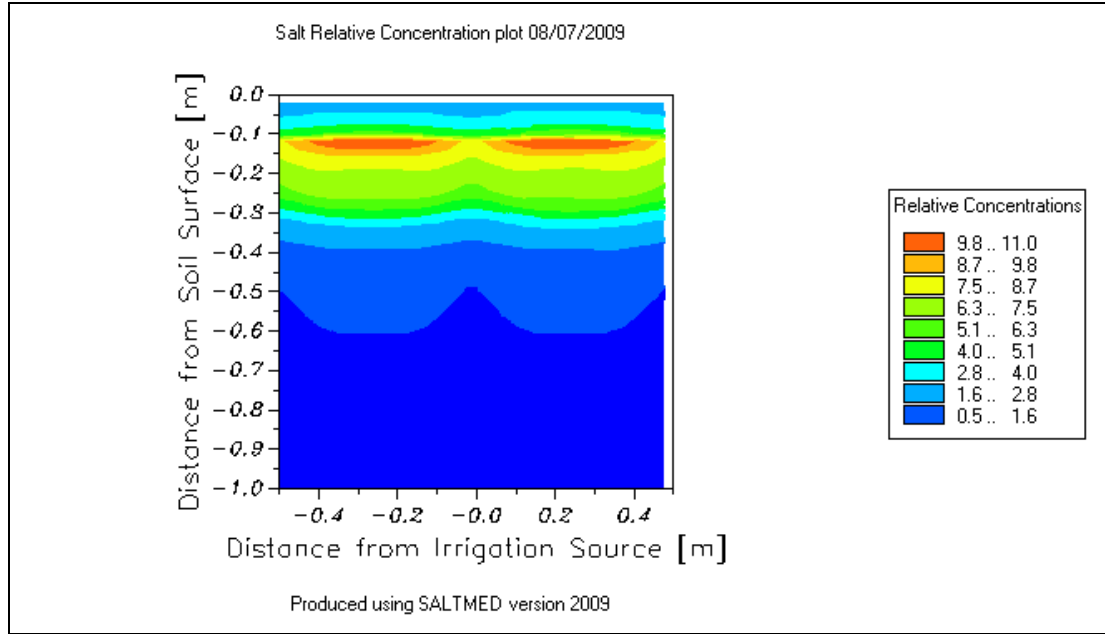




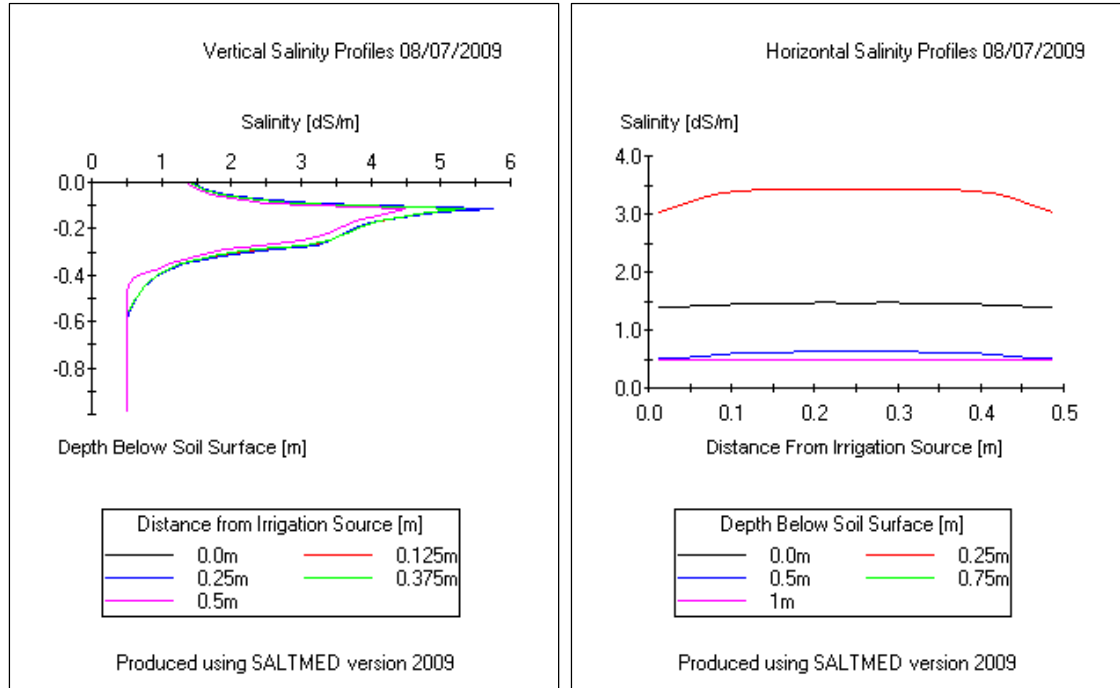
Şekil 4.17. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği



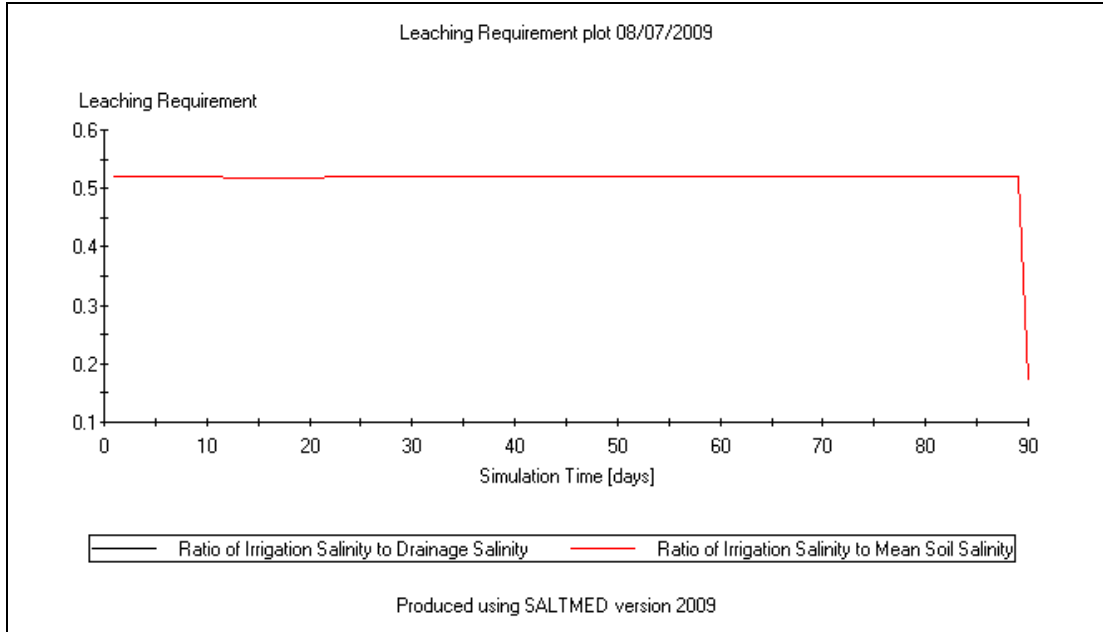
Şekil 4.18. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı



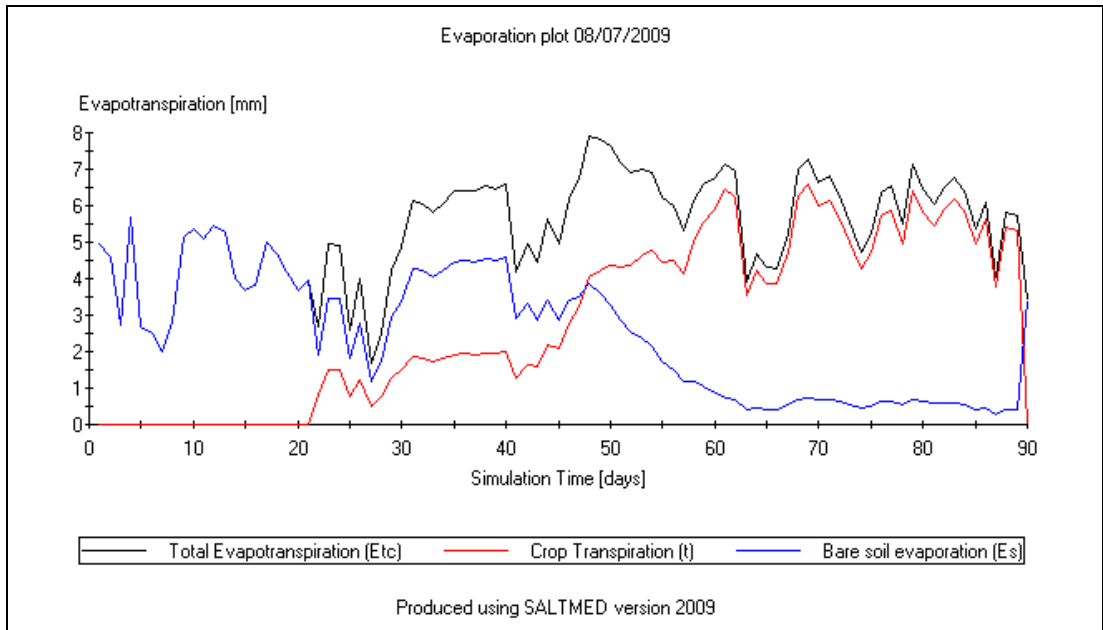
Şekil 4.19. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu



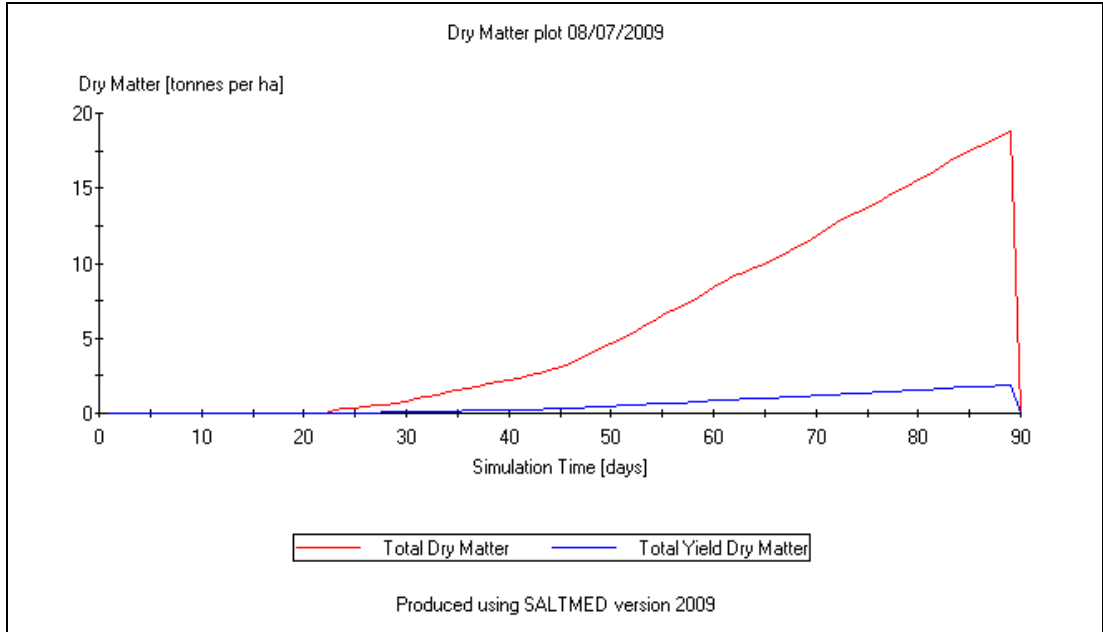
Şekil 4.20. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı



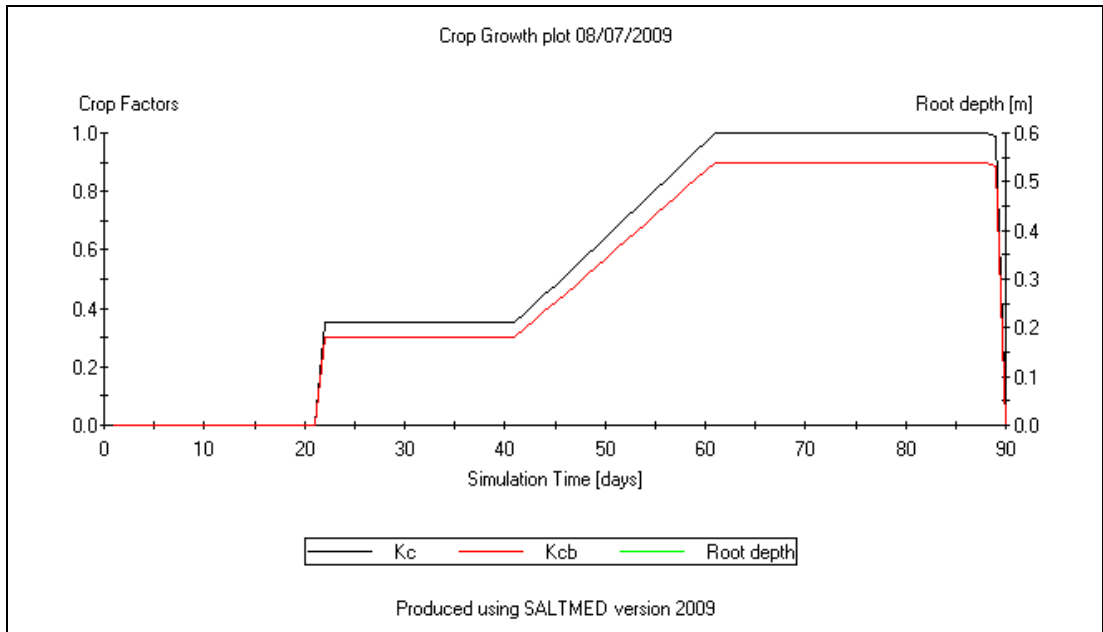
Şekil 4.21. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi



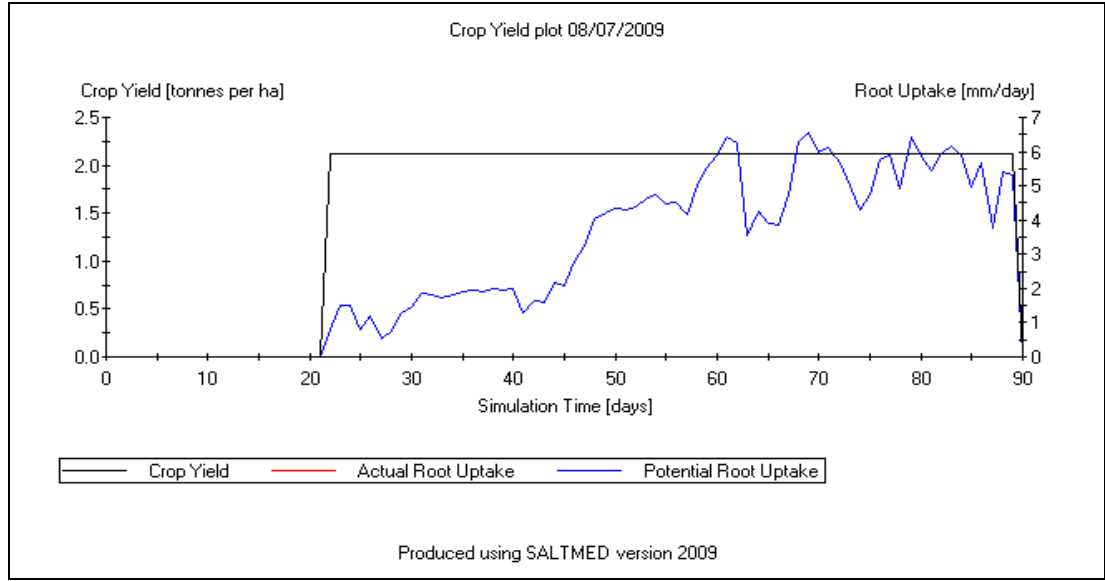
Şekil 4.22. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaştırma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.23. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi



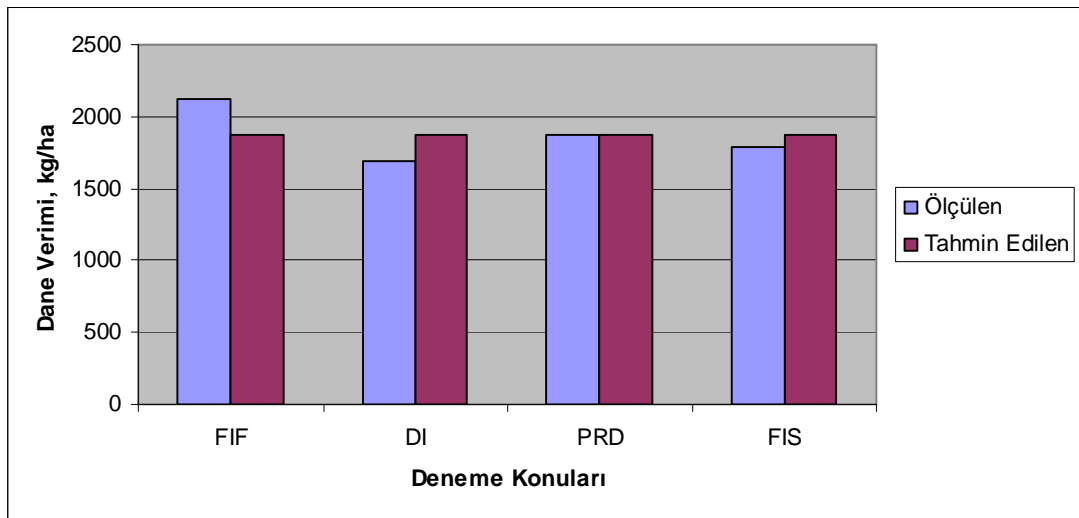
Şekil 4.24. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi



Şekil 4.25. FIF Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Toprakтан Günlük Su Alımı

#### 4.2.2. Ölçülen ve Kestirilen Dane Verimlerinin Karşılaştırılması

Deneme konularına ilişkin ölçülen ve SALTMED modeli kullanılarak kestirilen dane verimlerinin grafiksel karşılaştırması Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Araştırma konuları için ölçülen ve tahmin edilen verim değerleriyle aralarındaki farklar ise Çizelge 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.26. Deneme Konularına Göre Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Dane Verimleri

Çizelge 4.28. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Quinoa Dane Verimleri Arasındaki Farklar

Konular	Verim (kg/ha)		Fark (kg/ha)	Fark %
	Ölçülen	Tahmin Edilen		
FIF	2120	1876	244	11.5
DI	1691	1876	-185	-10.9
PRD	1873	1876	-3	-0.2
FIS	1784	1876	-92	-5.2

Model tüm deneme konuları için dane verimini 1876 kg/ha olarak tahmin etmiştir. Modelin farklı sulama konularında benzer verimler tahmin etmesinin quinoa bitkisinin su stresi ve tuza dayanımının yüksek olmasından ileri geldiği söylenebilir. Arazi bulgularına göre de ölçülen verim değerleri yönünden konular arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığı göz önüne alındığında SALTMED Modelinin dane verimini konulara göre -%0.2 ile %11.5 arasında farklarla oldukça iyi tahmin ettiği sonucuna ulaşılır. Diğer bir deyişle model kullanılarak kestirilen dane verimi değerleri ile deneme konularından elde edilen verim değerleri arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

Deneme konularına göre ölçülen ve kestirilen verimler arasındaki farklar -%0.2 ile 11.5 arasında değişmiştir. Ölçülen ve kestirilen verim değerleri arasındaki en yüksek farkın FIF konusunda ortaya çıktığı belirlenmiştir. FIF konusunda ölçülen verim 2120 kg/ha iken kestirilen verim 1876 kg/ha olmuş ve modelin FIF konusu için %11.5 oranında daha düşük verim tahmini yaptığı görülmüştür. Diğer deneme konuları için ölçülen ve kestirilen verim değerleri arasındaki farklar daha düşük olmuştur. Model PRD konusunda %0.2, FIS konusunda %5.2 ve DI konusunda %10.9 oranında daha yüksek verim tahminlerinde bulunmuştur.

Genel olarak SALTMED modelinin tüm deneme konuları için iyi bir verim tahmininde bulunduğu söylenebilir.

Uzun (2004) Adana koşullarında farklı tuzluluk düzeylerinde ( $EC_w$  0.5, 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 dS/m) sulanan mısır bitkisi için arazi denemesinden elde edilen verim ile SALTMED modelinin tahmin ettiği verim değerlerini karşılaştırmış ve kanal suyu ( $EC_w$  0.5 dS/m) ile sulama konusu dışındaki diğer tüm konularda modelin tahmin

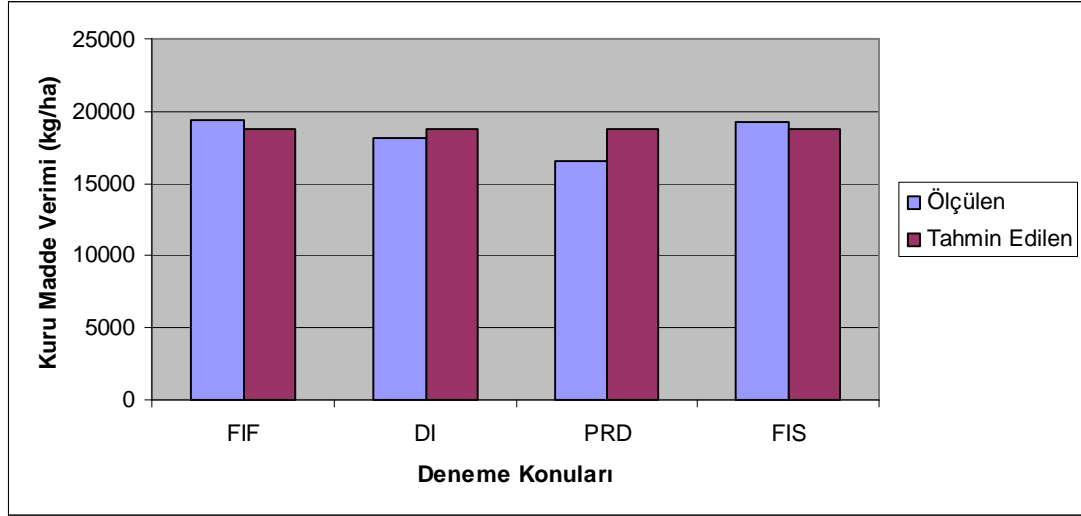
ettiği verim ile denemede elde edilen verim arasında önemli farklılıklar olduğunu belirtmiştir.

Ragab ve ark. (2005b) Suriye ve Mısır'da gerçekleştirdikleri çalışmada domates bitkisi için arazi denemelerinden elde edilen sonuçlarla SALTMED modeli ile tahmin edilen verim değerleri arasında iyi bir uyum olduğunu göstermişlerdir. Anılan çalışmada, Mısır'da damla sulama yöntemi ile farklı tuzluluk derecelerinde sulama suyunun uygulandığı deneme konularında ölçülen ve tahmin edilen domates verimleri arasındaki ortalama fark  $-2.77\%$  olarak en yüksek fark ise  $-11.36\%$  olarak belirlenmiştir. Suriye'de ise drenaj suyu ile tatlı suyun farklı oranlarda karıştırılarak damla sulama ile uygulandığı deneme konularında ölçülen ve tahmin edilen domates verimleri arasındaki ortalama fark  $-2.2\%$ ; en yüksek farklılık ise  $-10.5\%$  olarak belirlenmiştir.

İran'ın Khuzestan bölgesinde yapılan çalışmada, şeker kamışı için SALTMED Modeli ile kestirilen verim değerleri ve arazi denemelerinden elde edilen verimler arasında genel olarak önemli derecede fark olmadığı belirtilmiştir (Golabi ve ark., 2009).

#### **4.2.3. Ölçülen ve Kestirilen Kuru Madde Verimlerinin Karşılaştırılması**

Araştırma konularına göre ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen kuru madde verimlerinin karşılaştırması Şekil 4.27'de; ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki farklar ise Çizelge 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.27. Deneme Konularına Göre Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Hasattaki Kuru Madde Verimleri

Çizelge 4.29. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Hasattaki Quinoa Bitkisi Kuru Madde Verimleri Arasındaki Farklar

Konular	KMM (kg/ha)		Fark (kg/da)	Fark %
	Ölçülen	Tahmin Edilen		
FIF	19325	18756	569	2.9
DI	18125	18756	-631	-3.5
PRD	16492	18756	-2264	-13.7
FIS	19179	18756	423	2.2

Genel olarak, SALTMED modeli hasattaki kuru madde verimlerini arazide ölçülen değerlere yakın olarak tahmin etmiştir. Tüm deneme konuları için tahmin edilen kuru madde verimi 18756 kg/ha olmuştur. Deneme konularında ölçülen kuru madde verimleri birbirlerinden farklılık göstermiş olsa da bu farklar istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Dolayısıyla model kestirimleri ile ölçülen kuru madde verimleri birbirine uyum göstermektedir.

Ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen hasattaki kuru madde verimleri arasındaki farklar konulara göre %2.2 ile %13.7 arasında değişmiştir. En yüksek fark PRD konusunda %13.7 olarak, en düşük fark ise FIS konusunda %2.2 olarak belirlenmiştir. FIF ve DI konularında ise ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki farklar sırasıyla %2.9 ve -%3.5 olarak saptanmıştır.

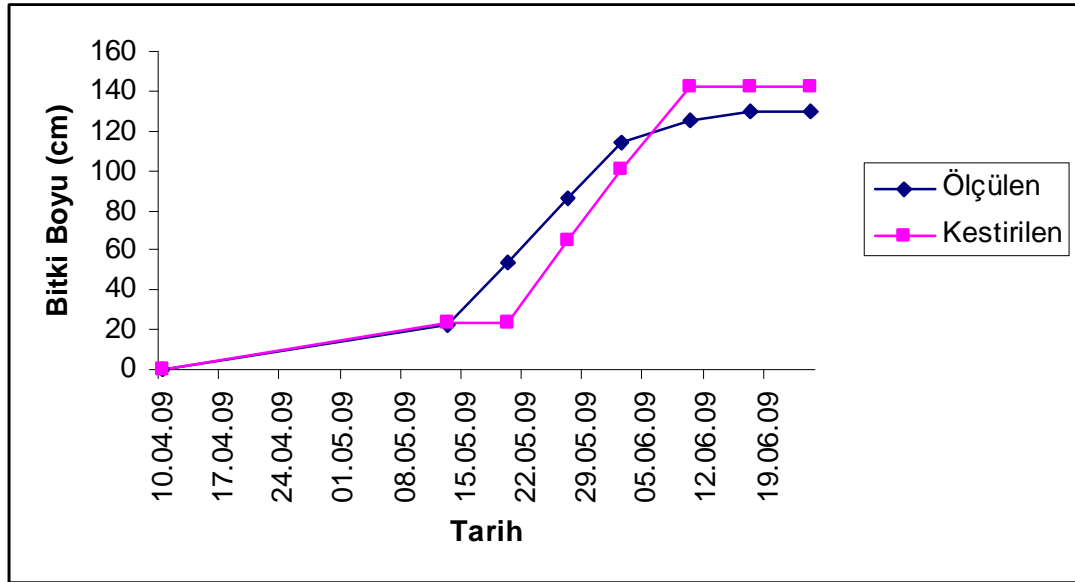


Sonuç olarak SALTMED modeli kullanılarak tahmin edilen kuru madde verimleri ile ölçülen değerler arasında iyi bir uyum olduğu söylenebilir.

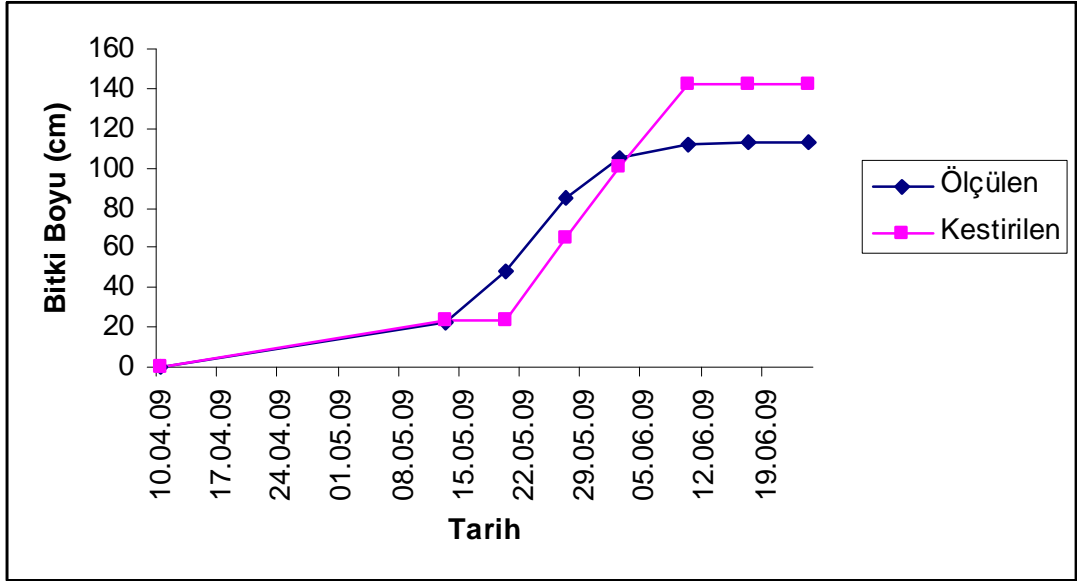
#### 4.2.4. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Boylarının Karşılaştırılması

Araştırma konularına göre ölçülen ve SALTMED modeli kullanılarak tahmin edilen bitki boy gelişimlerinin karşılaştırması Şekil 4.28- 4.31'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Ayrıca konulara göre ölçülen ve SALTMED modeli ile kestirilen bitki boyları ve aralarındaki farklar Ek Çizelge 1'de verilmiştir.

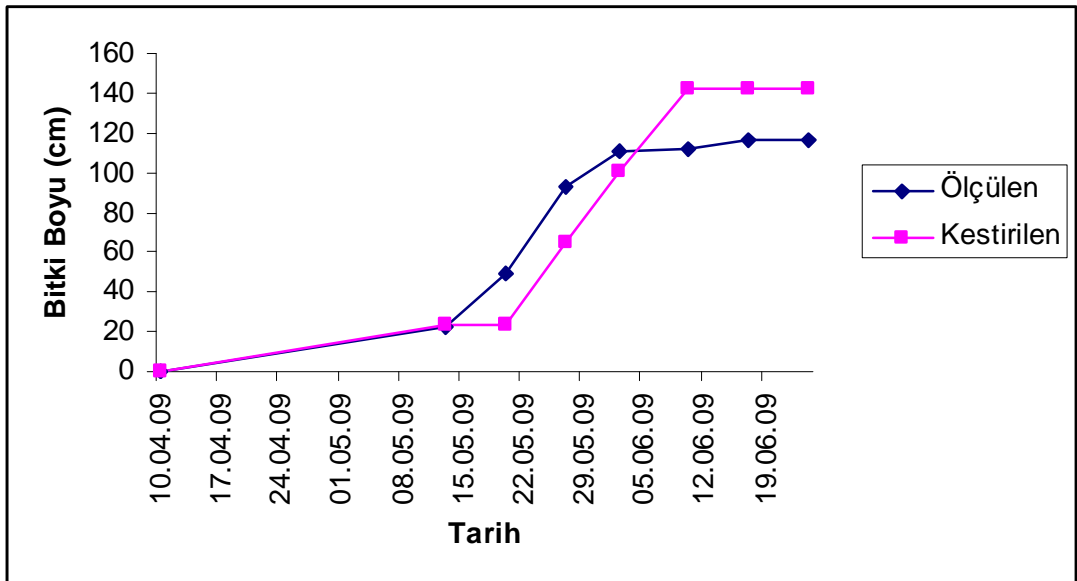
Model bitki boy gelişimleri bakımından bütün deneme konularında benzer kestirimlerde bulunmuştur. Genel olarak tüm deneme konularında vejetatif gelişme döneminde ölçülen ve SALTMED modeli ile kestirilen bitki boy gelişimleri uyum göstermektedir. Ancak 20.05.2009 tarihinden itibaren 10.06.2009 tarihine kadar kestirilen bitki boyları ölçülen değerlerin altında kalırken bu tarihten itibaren tahmin edilen bitki boyları ölçülen değerlerden daha yüksek olmuştur.



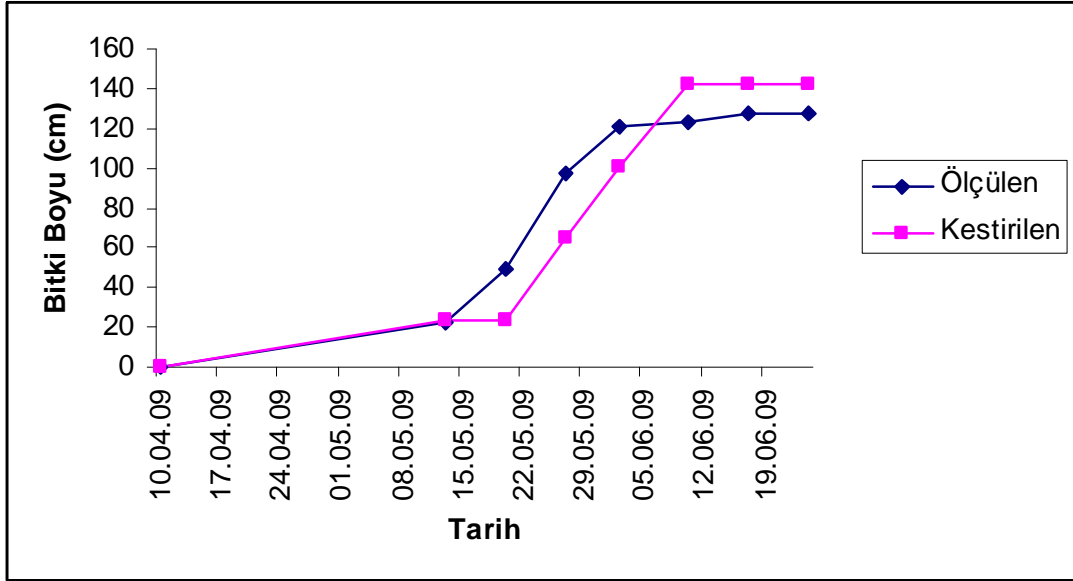
Şekil 4.28. FIF Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.29. DI Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.30. PRD Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi



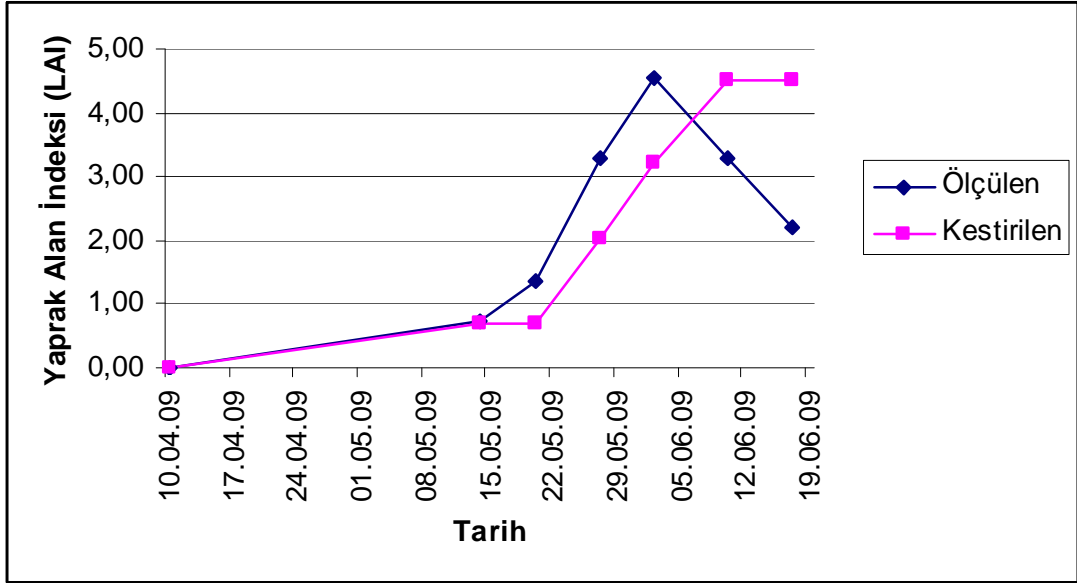
Şekil 4.31. FIS Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Boyunun Zamana Göre Değişimi

Modelin tahmin ettiği hasattaki bitki boyu deneme konularının hepsinde 142 cm olmuş buna karşılık hasatta ölçülen bitki boyları FIF konusunda 130 cm, FIS konusunda 127 cm, PRD konusunda 116 cm ve DI konusunda 113 cm olmuştur. Model FIF konusunda bitki boyunu %9.2 oranında daha yüksek tahmin ederken diğer deneme konularında kestirilen bitki boyları ölçülen değerlerden %11.8 ile %25.7 oranında daha yüksek bulunmuştur. Ölçülen ve kestirilen bitki boyları arasındaki farkların FIS konusunda -%11.8, PRD konusunda -%22.4, DI konusunda ise -%25.7 olduğu saptanmıştır.

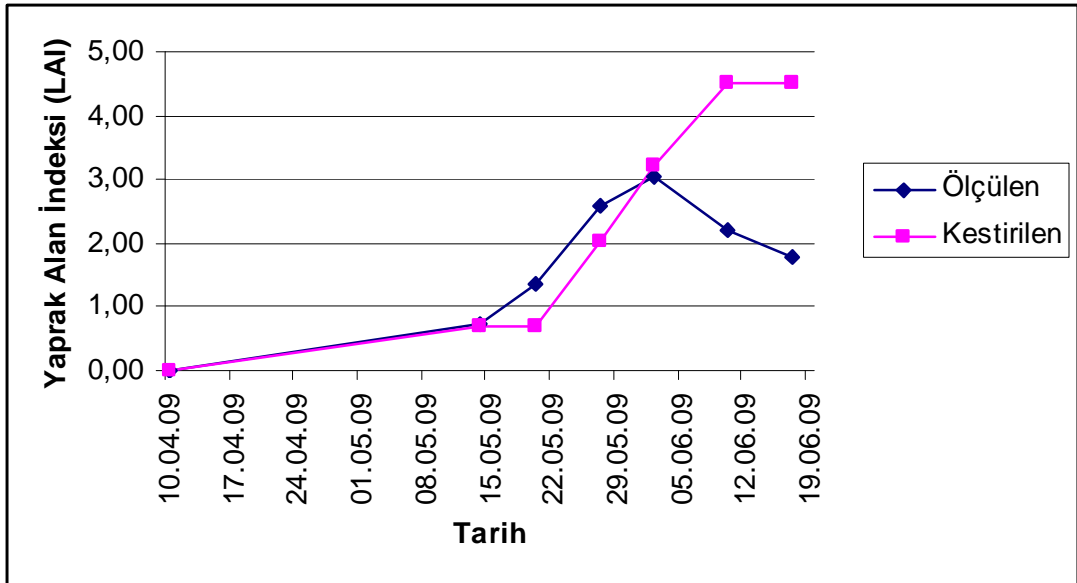
Yapılan karşılaştırmalar ışığında FIF konusu dışındaki deneme konuları için modelin tahmin ettiği bitki boyları ile ölçülen değerler arasındaki farkların önemli olduğu söylenebilir.

#### 4.2.5. Ölçülen ve Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin (LAI) Karşılaştırılması

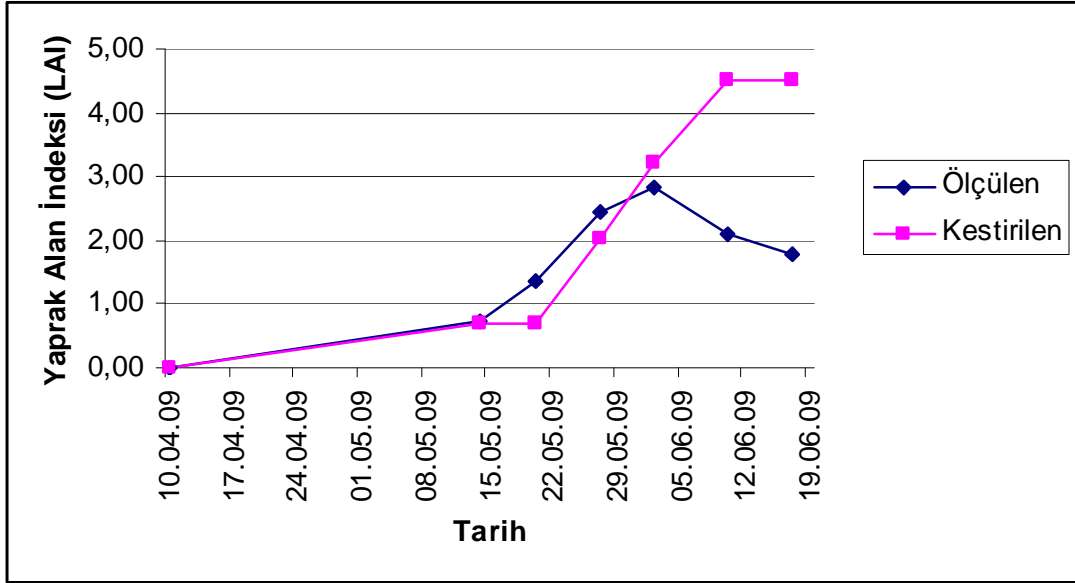
Deneme konularına göre ölçülen ve SALTMED modeli kullanılarak kestirilen yaprak alan indekslerinin (LAI) grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 4.32- 4.35'de verilmiştir. Konulara göre ölçülen ve SALTMED modeli ile kestirilen yaprak alan indeksi değerleri ve aralarındaki farklar ise Ek Çizelge 2'de verilmiştir.



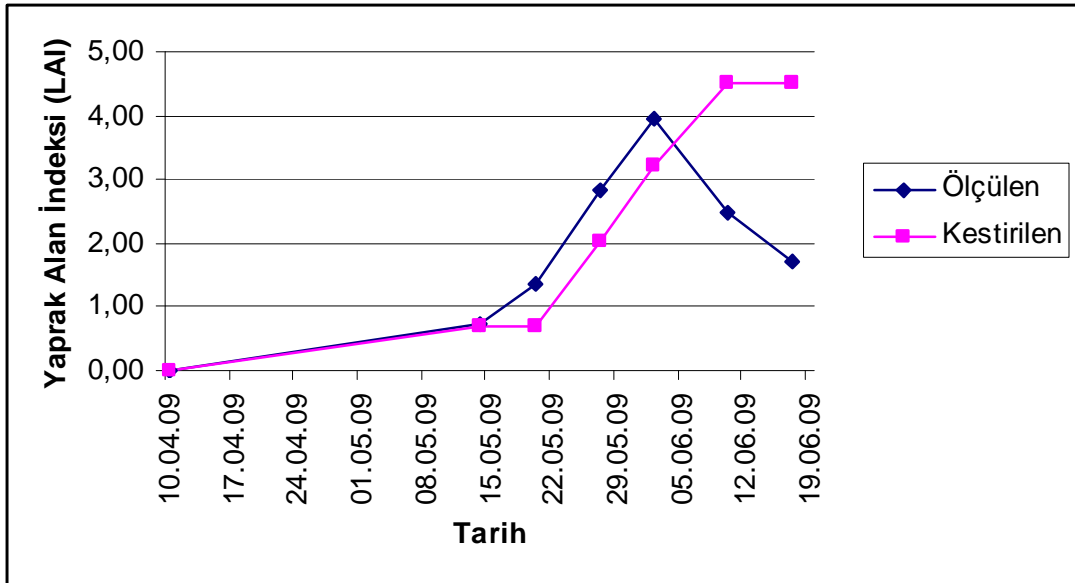
Şekil 4.32. FIF Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.33. DI Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.34. PRD Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.35. FIS Konusunda Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Yaprak Alan İndekslerinin Zamana Göre Değişimi

Modelin yaprak alan indeksine (LAI) ilişkin kestirimleri bitki boy gelişimi tahminleri ile benzer şekilde tüm deneme konularında aynı olmuştur. Genel olarak bütün deneme konularında çiçeklenme dönemine dek ölçülen ve tahmin edilen

yaprak alan indeksi değerlerinin uyum gösterdiği ancak 20.05.2009 tarihinden itibaren ölçülen ve kestirilen yaprak alan indeksi değerlerinin giderek farklılaştığı söylenebilir.

Ölçülen yaprak alan indeksleri çiçeklenme dönemine kadar artış göstermiş; çiçeklenmeden sonra hasada doğru bitkilerde yapraklarda yaşlanma ve dökülmeye bağlı olarak düşüş göstermeye başlamıştır. SALTMED modelinin tahmin ettiği yaprak alan indeksleri ise dane dolum dönemine kadar artış göstermekte ve 10.06.2009 tarihinde tüm deneme konuları için en yüksek değer olan 4.5 değerine ulaşmaktadır. Model bu tarihten itibaren yaprak alan indekslerinde herhangi bir düşüş olmadığı yönünde kestirimde bulunmuştur.

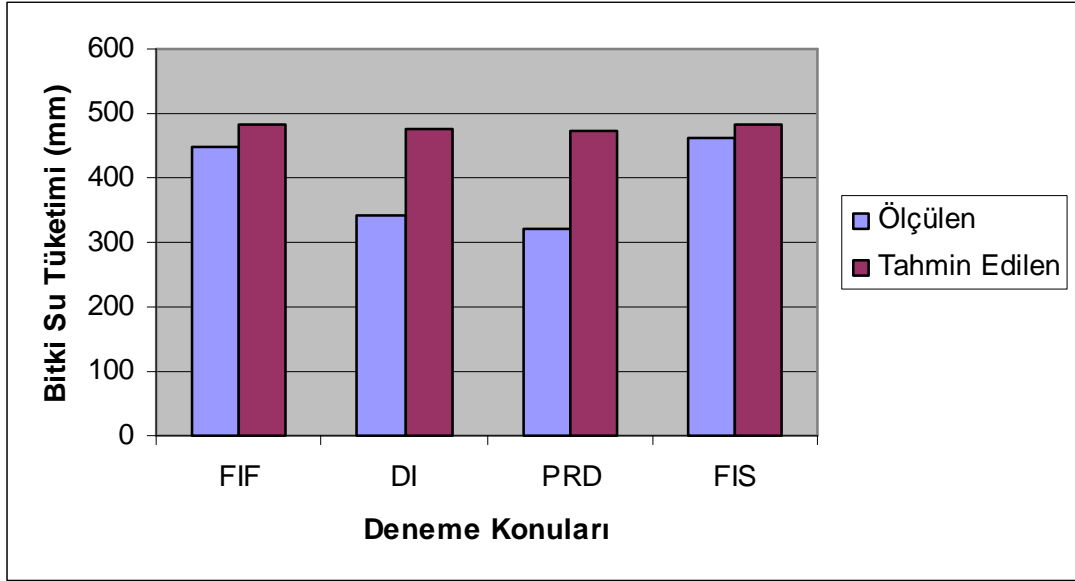
Arazi bulgularına göre deneme konuları için en yüksek yaprak alan indeksleri 02.06.2009 tarihinde ölçülmüştür. Bu tarihte ölçülen ve kestirilen değerler karşılaştırıldığında modelin yaprak alan indeksini FIF konusunda %28.9, FIS konusunda ise %17.9 oranında daha düşük tahmin ettiği buna karşılık DI konusunda %6.7, PRD konusunda ise %14.3 oranında daha yüksek bir değer olarak kestirdiği saptanmıştır.

Sonuç olarak SALTMED modeli kullanılarak tahmin edilen yaprak alan indekslerinin çiçeklenme dönemi sonuna dek ölçülen değerlerle benzerlik gösterdiği ancak bu tarihten itibaren hasada kadar olan dönemde ölçülen ve kestirilen yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinin oldukça farklı olduğu söylenebilir.

#### **4.2.6. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Su Tüketimi Değerlerinin Karşılaştırılması**

SALTMED modeli bitki büyüme mevsimi boyunca açık toprak yüzeyinden buharlaşma, transpirasyon, kıyas bitki su tüketimi ( $ET_o$ ) ve gerçek bitki su tüketimini ( $ET_c$ ) günlük olarak tahmin etmektedir. SALTMED modelinin değerlendirilmesi amacıyla deneme konularında ölçülen ve model kullanılarak kestirilen mevsimlik bitki su tüketim değerleri karşılaştırılmıştır.

Deneme konularına göre ölçülen ve tahmin edilen mevsimlik bitki su tüketimi değerlerinin grafiksel karşılaştırması ve bunlar arasındaki farklar sırasıyla Şekil 4.36 ve Çizelge 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.36. Konulara Göre Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Mevsimlik Bitki Su Tüketimi Değerleri

Çizelge 4.30. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve Tahmin Edilen Quinoa Bitki Su Tüketimi (ET) Değerleri ve Aralarındaki Farklar

Konular	ET (mm)		Fark (mm)	Fark %
	Ölçülen	Tahmin Edilen		
FIF	450	482	-32	-7.1
DI	343	477	-134	-39.1
PRD	321	474	-153	-47.7
FIS	462	484	-22	-4.8

SALTMED modelinin tahmin ettiği mevsimlik bitki su tüketimi değerleri tüm deneme konuları için ölçülen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Modelin tahmin ettiği mevsimlik bitki su tüketimleri deneme konularına göre önemli bir değişiklik göstermemiş olup 474 mm ile 484 mm arasında değişmiştir. Model en yüksek bitki su tüketimini FIS konusu için 484 mm olarak kestirmiş; deneme sonuçlarına göre de ölçülen en yüksek bitki su tüketimi aynı konuda 462 mm olarak belirlenmiştir. FIS konusu için kestirilen mevsimlik bitki su tüketimi ölçülen  $ET_c$ 'den %4.8 daha yüksek olmuştur. FIS konusu için ölçülen ve kestirilen bitki su tüketimi değerlerinin benzer olduğu söylenebilir.

FIF konusu için mevsimlik bitki su tüketimi 450 mm olarak ölçülmüş; model ise aynı deneme konusunda mevsimlik bitki su tüketimini 482 mm olarak ölçülen değerden %7.1 oranında daha yüksek tahmin etmiştir.

Kısıntılı sulama konuları olan DI ve PRD konularında ise ölçülen ve tahmin edilen bitki su tüketimi değerleri arasındaki farklar FIS ve FIF konularına kıyasla daha yüksek olmuştur. Model mevsimlik bitki su tüketimlerini DI konusu için %39.1, PRD konusu için ise %47.7 daha yüksek olarak tahmin etmiştir. DI ve PRD konuları için arazi bulgularına göre hesaplanan mevsimlik bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 343 mm ve 321 mm iken modelin tahmin ettiği değerler yine sırasıyla 477 mm ve 474 mm olmuştur.

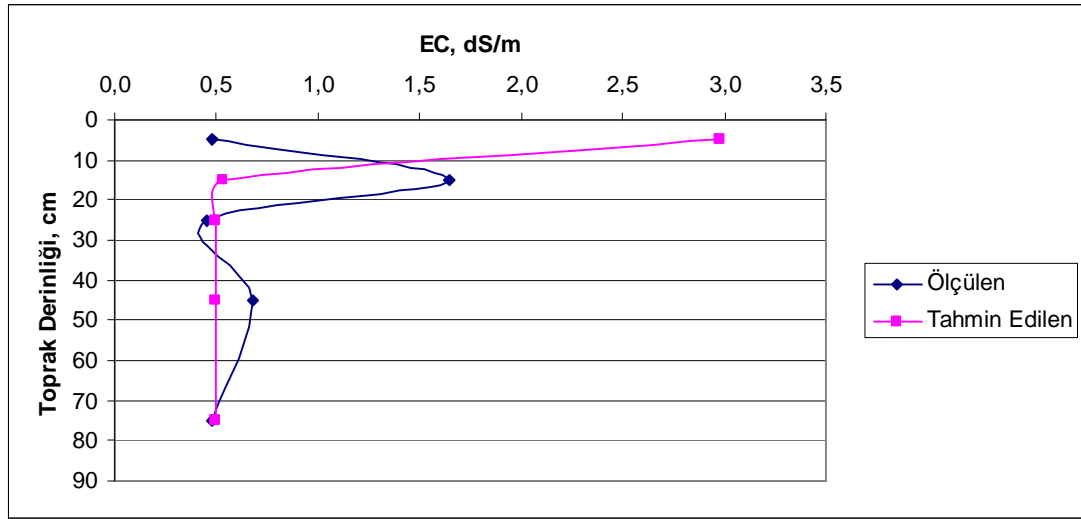
Tam sulama konuları olan FIF ve FIS konuları için ölçülen ve SALTMED modeli ile kestirilen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri arasında iyi bir uyum olmasına karşın kısıntılı sulama konularında (DI ve PRD) ölçülen ve kestirilen değerler arasında önemli derecede farklılıklar söz konusudur. Bu durum konulara uygulanan sulama suyu miktarı ve işletim biçiminin bitki su tüketimine etkilerini ortaya koyma konusunda modelin yetersiz kaldığını göstermektedir.

Uzun (2004), Adana koşullarında mısır bitkisi için ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen günlük ortalama bitki su tüketimleri arasındaki farkın %17'den daha az olduğunu belirtmiştir.

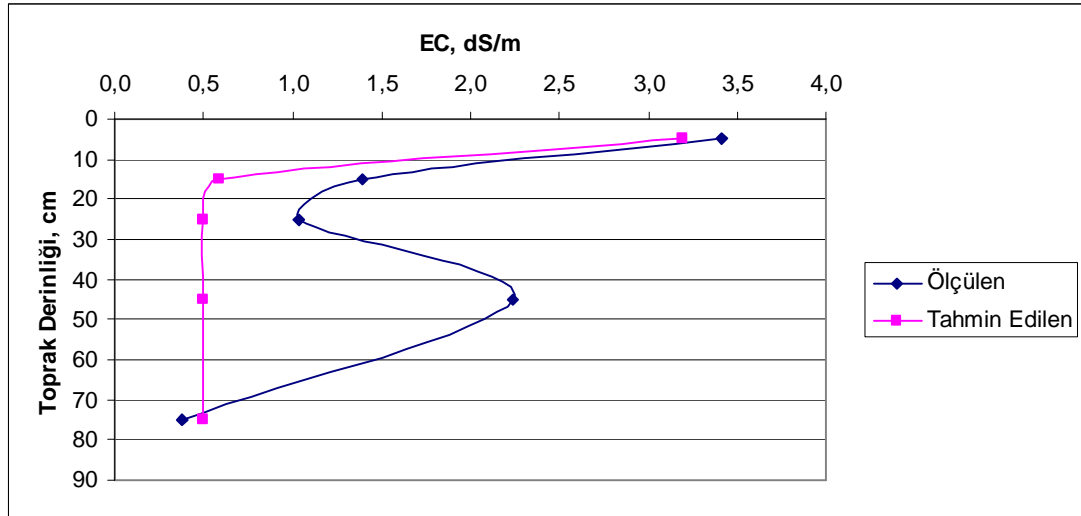
#### **4.2.7. Ölçülen ve Kestirilen Toprak Tuzluluk Profillerinin Karşılaştırılması**

SALTMED modeli büyüme mevsimi boyunca su kaynağından (damlatıcılar) farklı yatay uzaklıklarda toprak tuzluluk profilini günlük olarak tahmin etmektedir. Arazi denemesinde tuzlu su ile tam sulama konusunda (FIS) topraktaki tuz birikimi izlenmiş; farklı büyüme dönemlerinde ölçülen ve model kullanılarak tahmin edilen toprak tuzluluk profilleri Şekil 4.37–4.40'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Ayrıca 90 cm toprak derinliğine kadar ölçülen ve kestirilen toprak tuzluluk değerleri ile bunlar arasındaki farklar Ek Çizelge 3–7'de verilmiştir.

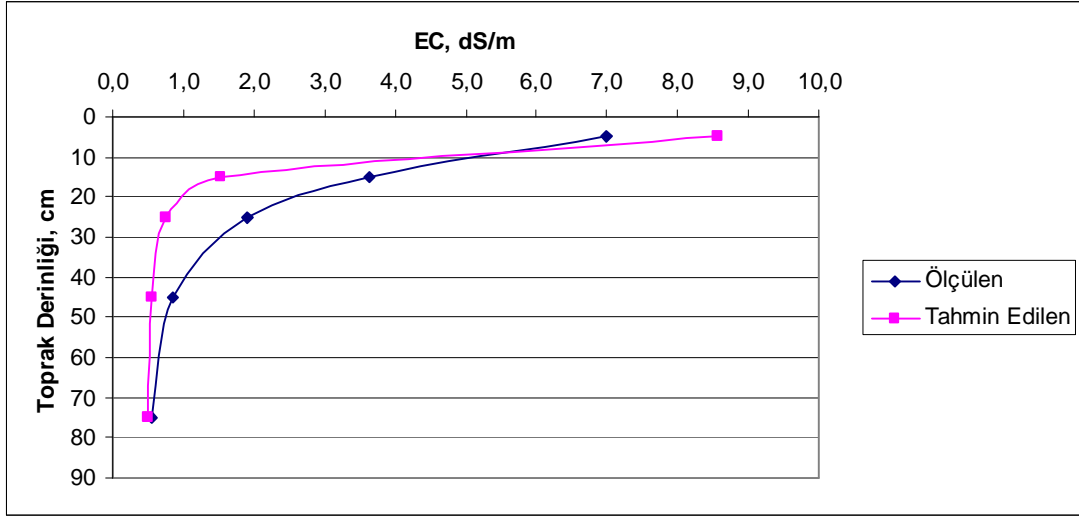




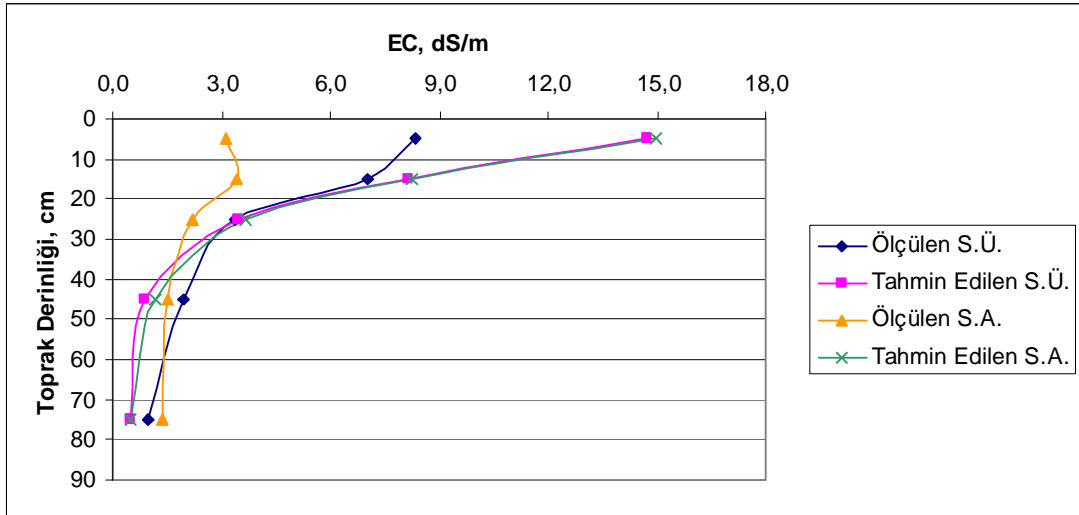
Şekil 4.37. FIS Konusuna İlişkin Vejetatif Gelişme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri (27.05.2009)



Şekil 4.38. FIS Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri (02.06.2009)



Şekil 4.39. FIS Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri (17.06.2009)



Şekil 4.40. FIS Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Tuzluluk Profilleri (08.07.2009)

Model vejetatif gelişme, dane dolumu dönemi ve hasatta 0-10 cm toprak derinliğindeki tuzluluğu ölçülen değerlerden daha yüksek olarak kestirmiştir. Çiçeklenme döneminde ise 0-10 cm toprak derinliği için ölçülen ve tahmin edilen toprak tuzluluk değerleri arasında yalnızca %6.2'lik bir fark olduğu belirlenmiştir.

Vejetatif gelişme döneminde 0-90 cm toprak profilinde ölçülen toprak tuzluluk değerleri 0.45 ile 1.64 dS/m arasında; tahmin edilen toprak tuzluluk değerleri ise 0.50 ile 2.98 dS/m arasında değişmiştir. Anılan dönemde 20-30 cm ve

60-90 cm toprak derinlikleri için ölçülen ve kestirilen toprak tuzluluk değerleri arasında bir benzerlik vardır. Ancak 0-10, 10-20 ve 30-60 cm toprak derinlikleri için model, ölçülen toprak tuzluluğundan daha yüksek veya daha düşük değerler tahmin etmiştir.

Çiçeklenme döneminde model toprak tuzluluğunu ilk 10 cm toprak derinliği için 3.20 dS/m olarak kestirirken anılan derinlikte ölçülen toprak tuzluluğu 3.41 dS/m'dir. Bu dönemde 10 cm'den 90 cm'ye kadar olan derinlikler için tahmin edilen tuzluluk değerlerinin ölçülen toprak tuzluluklarından önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir.

Dane dolumu döneminde yalnızca 60-90 cm toprak derinliğinde ölçülen ve tahmin edilen toprak tuzlulukları arasında bir uyumdan söz edilebilir. Bu toprak derinliği için ölçülen ve tahmin edilen tuzluluk değerleri sırasıyla 0.55 ve 0.50 dS/m olup aralarında %6.4 oranında bir farklılık saptanmıştır. Diğer toprak derinlikleri için ölçülen ve tahmin edilen toprak tuzlulukları önemli derecede farklı olmuştur.

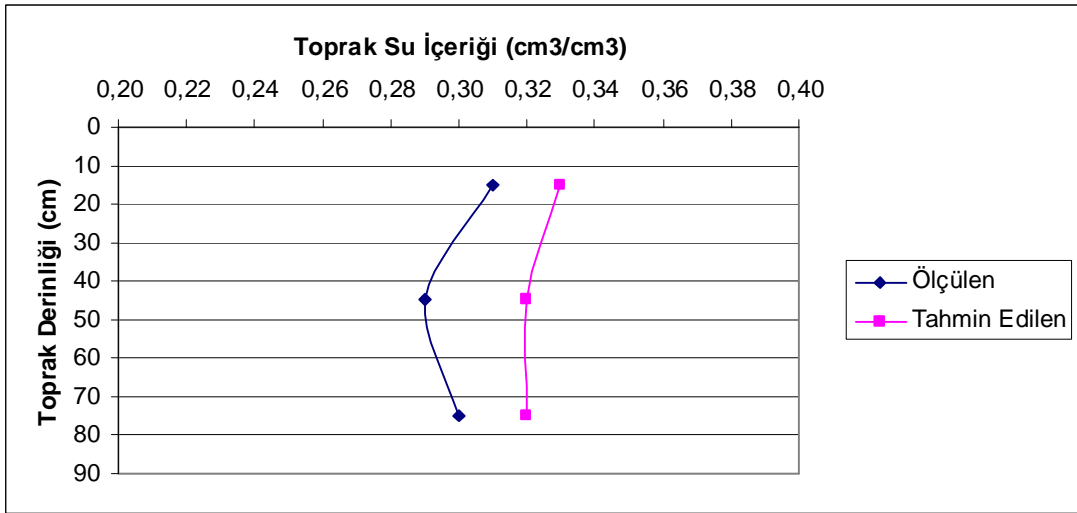
Hasatta sıra arası ve sıra üzerinde ölçülen toprak tuzluluk değerleri, özellikle ilk 60 cm'lik toprak derinliği için tuz birikiminin farklı olduğunu göstermiştir. Sıra arasında 0-90 cm toprak profilindeki tuz birikimi sıra üzerinde olduğundan daha düşüktür. Ancak modelin tahmin ettiği sıra arası ve sıra üzerindeki toprak tuzluluk profilleri arasında önemli bir fark olmamıştır. Özellikle üst toprak katmanları için kestirilen tuzluluk değerleri ölçülen değerlerden önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sıra üzerinde 0-10 cm derinlikte ölçülen toprak tuzluluğu 8.33 dS/m iken tahmin edilen değer 14.73 dS/m'dir. Sıra arasında ise aynı toprak derinliğinde ölçülen toprak tuzluluğu 3.13 dS/m olurken tahmin edilen toprak tuzluluğu 14.97 dS/m olmuştur.

Genel olarak SALTMED modeli kullanılarak 90 cm toprak derinliğine kadar tahmin edilen toprak tuzluluk değerleri ölçülen tuzluluk değerlerinden önemli derecede farklılık göstermiştir.

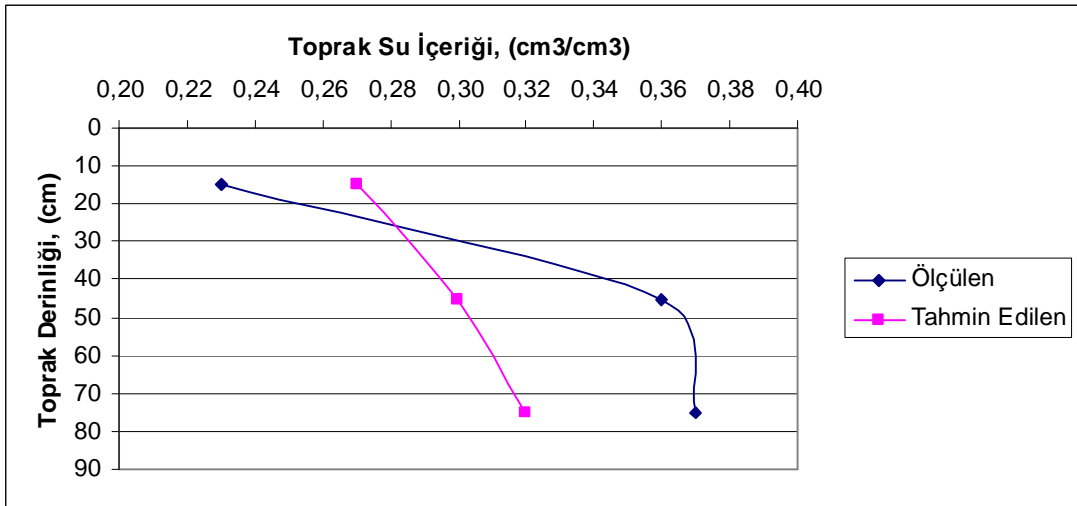
Uzun (2004), yaptığı çalışmada genel olarak SALTMED ile tahmin edilen toprak tuzluluğunun ölçülenden önemli derecede farklı olduğunu; modelin 50 cm'ye kadar olan toprak derinliklerinde ölçülenden daha yüksek tuzluluk değerleri tahmin ettiğini belirtmiştir.

#### 4.2.8. Ölçülen ve Kestirilen Toprak Su İçeriklerinin Karşılaştırılması

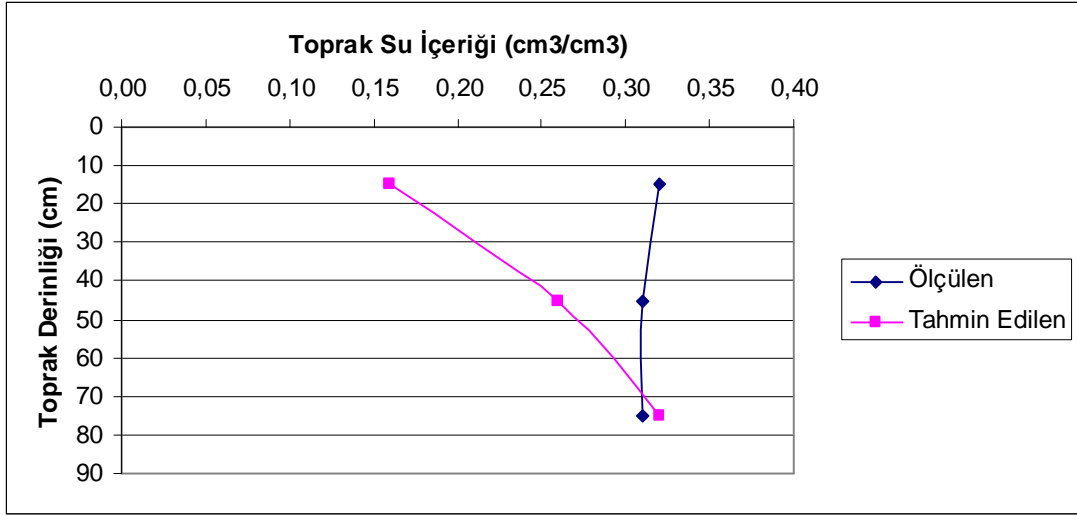
Deneme konularına ilişkin ölçülen ve tahmin edilen hacimsel toprak su içerikleri karşılaştırılmıştır. Çiçeklenme ve dane dolumu dönemleri ile hasatta, 90 cm derinliğe kadar olan toprak profilindeki su içeriklerinin grafiksel olarak karşılaştırılması Şekil 4.41– 4.52’de verilmiştir.



Şekil 4.41. FIF Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (02.06.2009)

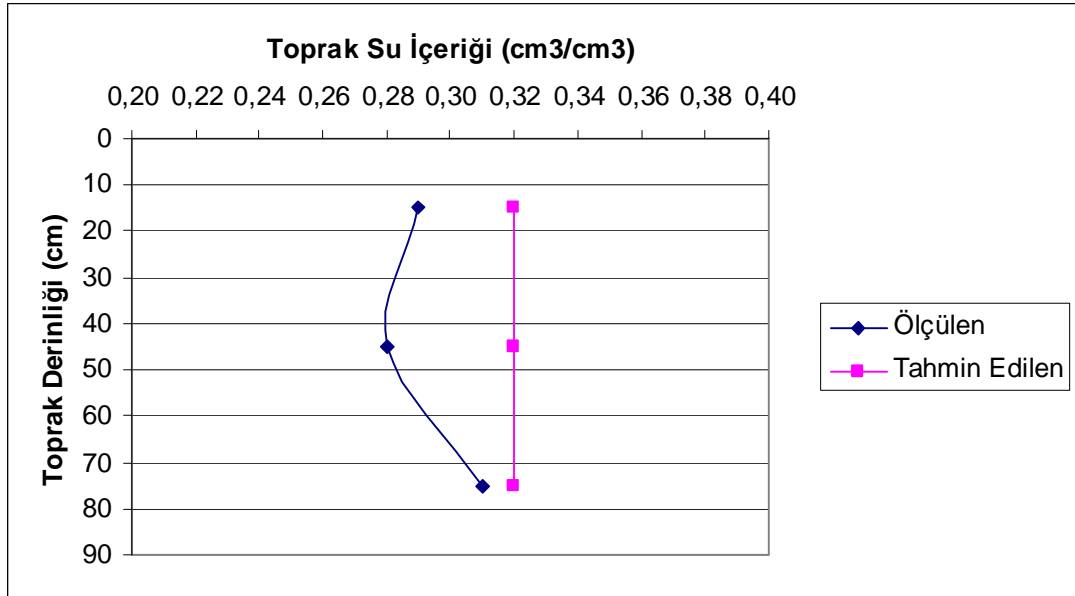


Şekil 4.42. FIF Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (16.06.2009)

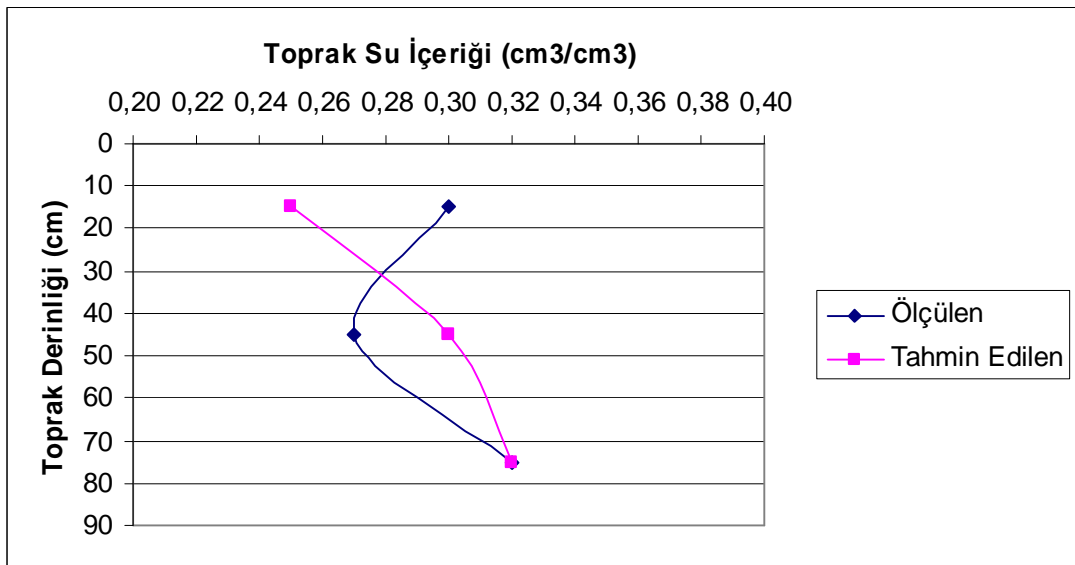


Şekil 4.43. FIF Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (08.07.2009)

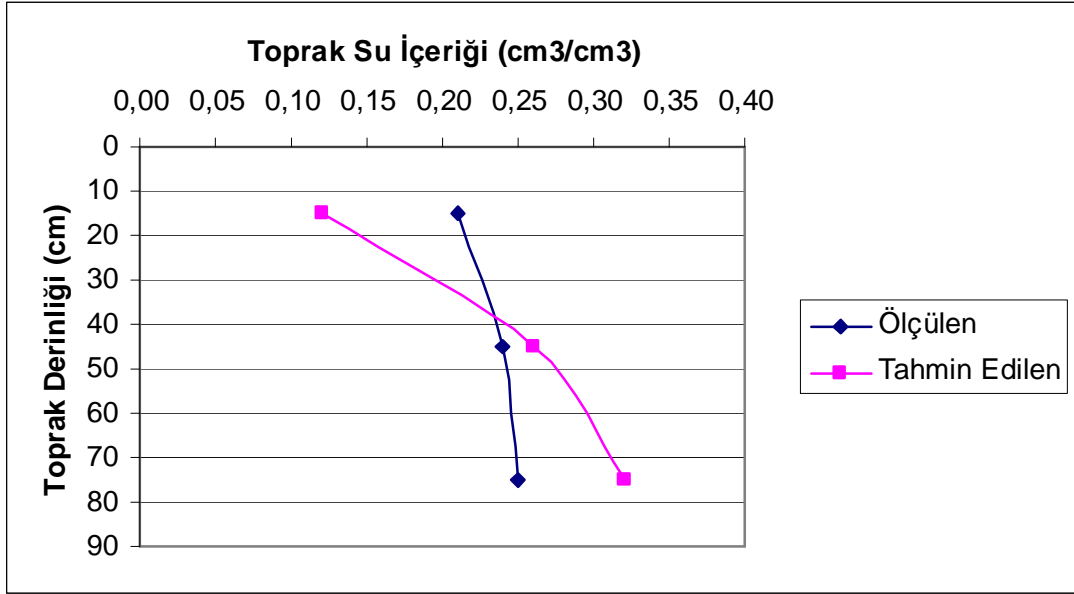
Model FIF konusunda, çiçeklenme döneminde toprak su içeriklerini ortalama -%7.8'lik bir farkla ölçülen değerlere yakın olarak tahmin etmiştir. Dane dolumu döneminde 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ölçülen ve kestirilen toprak su içerikleri arasındaki fark çiçeklenme döneminde olduğundan daha yüksektir ve ölçülen değerlerle modelin tahmin ettiği değerler arasında bir benzerlik bulunmamaktadır. Hasatta ise ilk 60 cm'lik toprak derinliği için ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki fark daha da artmış ve model 0-30 cm toprak derinliğindeki su içeriğini solma noktasının çok altında bir değer olarak tahmin etmiştir. Söz konusu büyüme döneminde 60-90 cm toprak derinliğinde ölçülen ve kestirilen su içerikleri sırasıyla %31 ve %32 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.44. DI Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (02.06.2009)

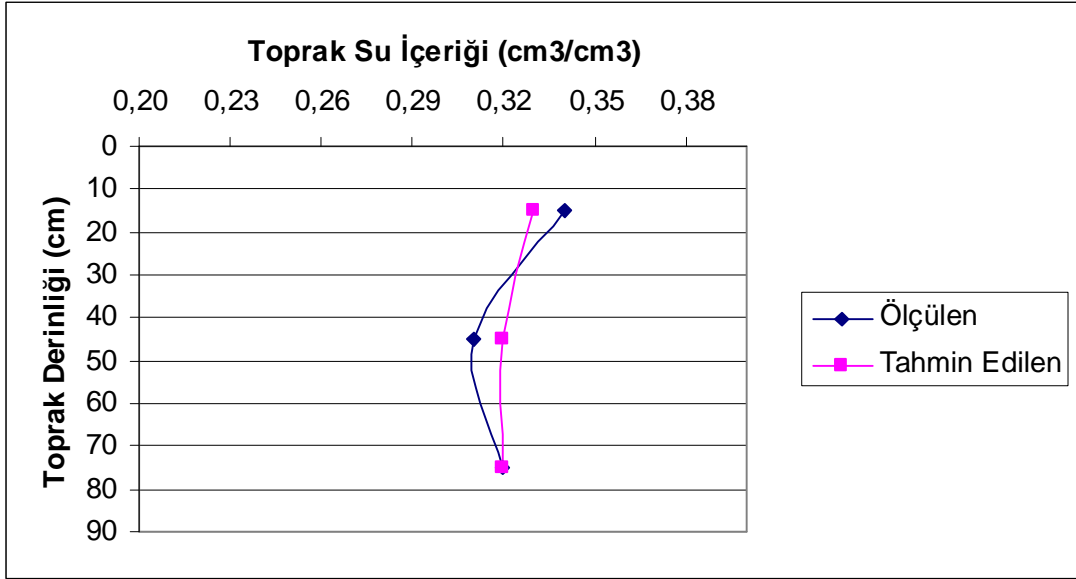


Şekil 4.45. DI Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (16.06.2009)

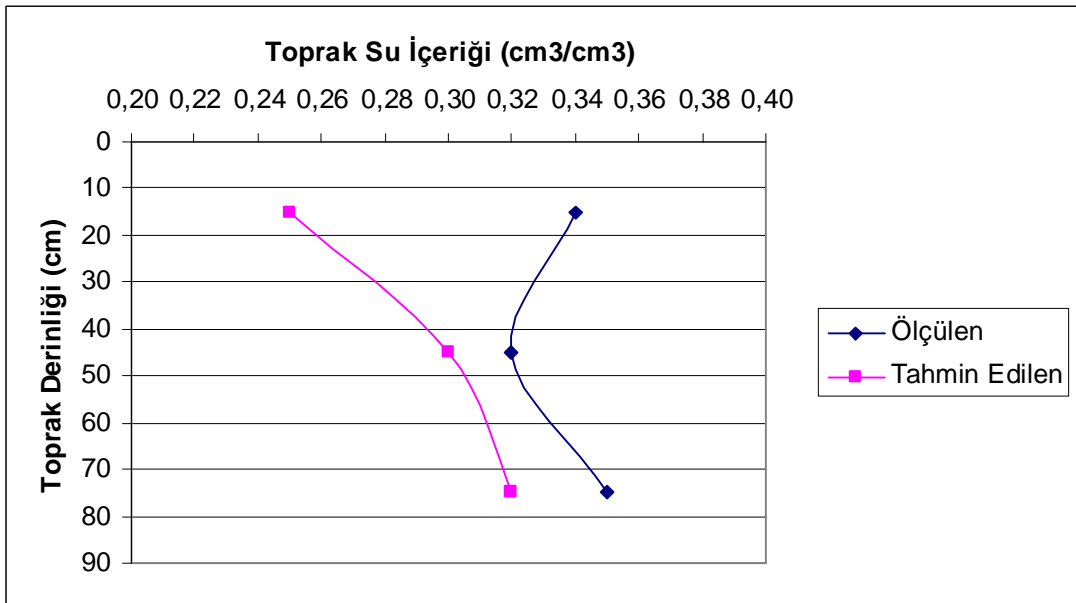


Şekil 4.46. DI Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (08.07.2009)

DI konusunda, çiçeklenme döneminde ölçülen toprak su içeriklerinin hacimsel yüzdesi 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde sırasıyla %29, %28 ve % 31 iken aynı derinlikler için modelin tahmin ettiği toprak nemi % 32'dir. Anılan dönemde SALTMED modelinin 0-90 cm toprak derinliğinde ölçülen değerlerle uyumlu sonuçlar kestirdiği söylenebilir. Dane dolumu döneminde ise üst toprak katmanları için ölçülen ve tahmin edilen toprak su içerikleri farklı iken toprağın alt katmanlarına inildikçe bu fark azalmıştır. 60-90 cm toprak derinliğinde ölçülen ve kestirilen toprak nemi %32'dir ve birbiriyle tam olarak uyum göstermiştir. Hasatta 0-30 cm'de kestirilen toprak su içeriği %12; ölçülen değer %21 olmuştur. Model hasatta üst toprak katmanlarının oldukça kuru, 60-90 cm derinlikte ise ölçülenden ıslak olduğunu tahmin etmiştir.

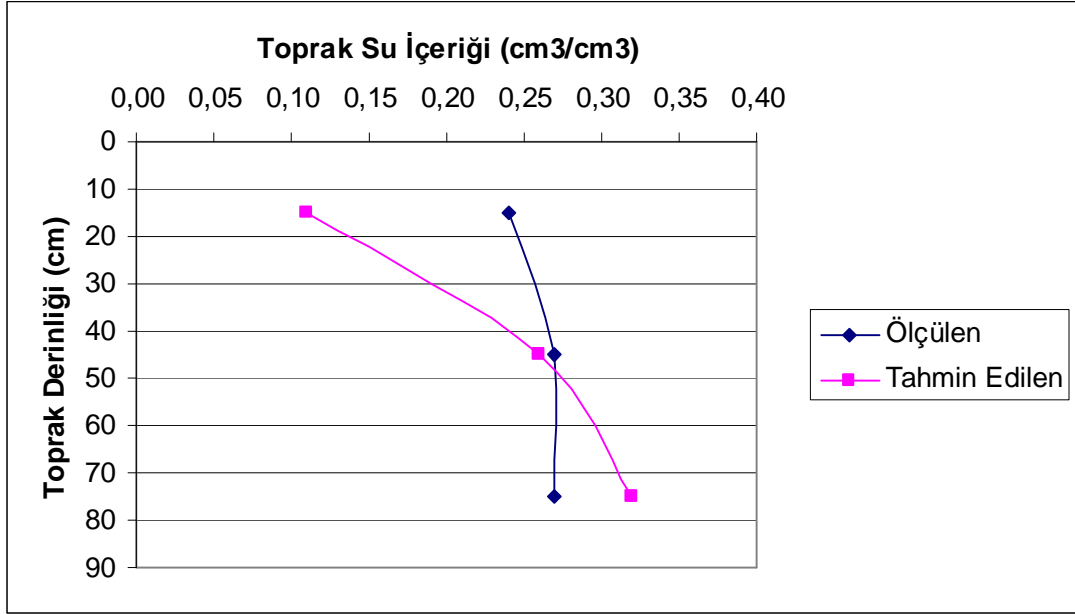


Şekil 4.47. PRD Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (02.06.2009)



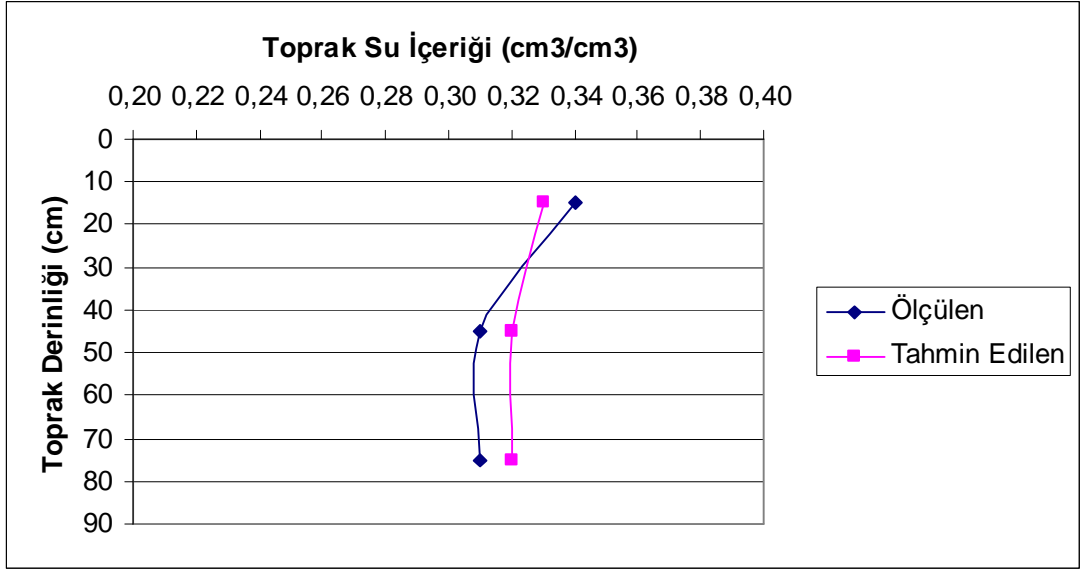
Şekil 4.48. PRD Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (16.06.2009)



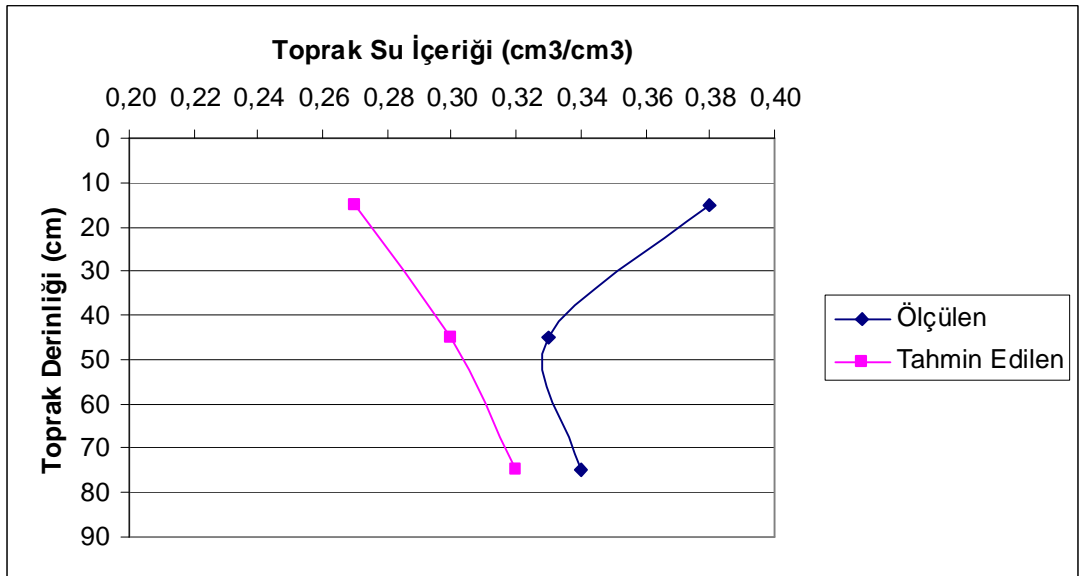


Şekil 4.49. PRD Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (08.07.2009)

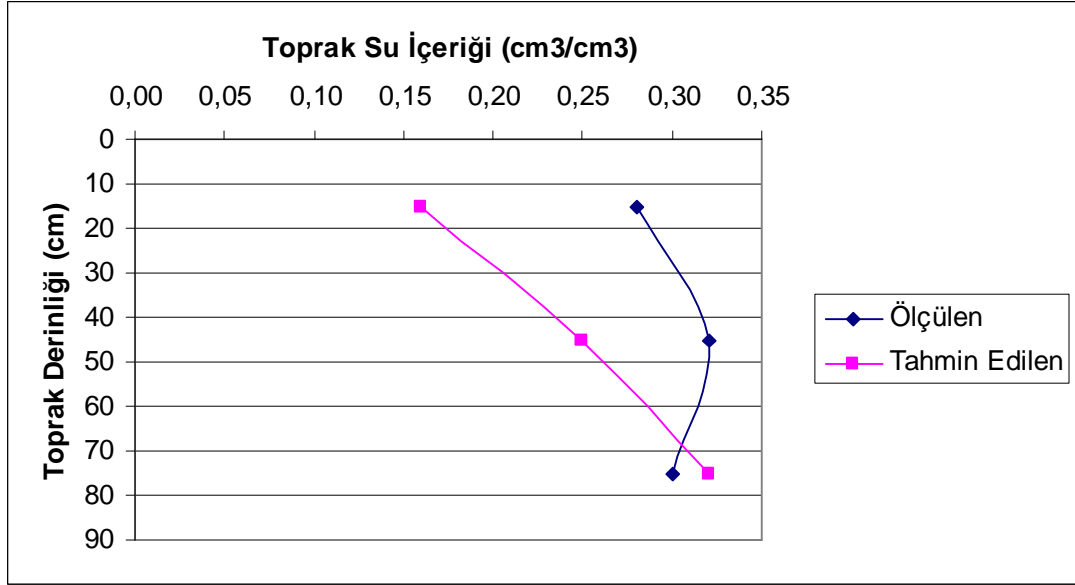
PRD konusunda, çiçeklenme döneminde ölçülen ve tahmin edilen toprak su içerikleri uyum göstermiştir. Bu dönemde 0-30 cm derinlikte ölçülen ve kestirilen toprak su içeriği sırasıyla %34 ve %33; 60- 90 cm derinlikte yine sırasıyla %31 ve %32 olmuştur. 60-90 cm derinlik için ise ölçülen ve kestirilen toprak su içeriği %32'dir. Dane dolumu döneminde model 0-30 cm toprak derinliğinde toprağın ölçülenden daha kuru olduğunu tahmin etmekte; alt katmanlara inildikçe tahmin edilen toprak su içeriği değerleri ölçülen değerlere yaklaşmaktadır. Hasatta model 0-30 cm'lik toprak profilinin aşırı derecede kuru olduğunu, 60-90 cm'de ise ölçülenden daha fazla su bulunduğunu tahmin etmiştir.



Şekil 4.50. FIS Konusuna İlişkin Çiçeklenme Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (02.06.2009)



Şekil 4.51. FIS Konusuna İlişkin Dane Dolumu Döneminde Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (16.06.2009)



Şekil 4.52. FIS Konusuna İlişkin Hasatta Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Tahmin Edilen Toprak Su İçeriği (08.07.2009)

FIS konusunda, çiçeklenme döneminde ölçülen ve kestirilen toprak su içerikleri uyum göstermektedir. Dane dolumu döneminde üst toprak katmanları için ölçülen ve tahmin edilen toprak su içerikleri önemli derecede farklı iken alt katmanlara inildikçe tahmin edilen değerler ölçülen değerlere yaklaşmıştır. Hasatta ise model, diğer deneme konuları ile benzer şekilde üst toprak katmanlarında aşırı kuruluk olduğunu, alt katmanlara inildikçe toprak su içeriğinin arttığını ve 60-90 cm derinlikte ölçülenden daha fazla su olduğunu tahmin etmiştir. Hasat döneminde özellikle ilk 60 cm toprak derinliğinde ölçülen ve kestirilen değerler arasında bir uyum görülmemektedir.

Genel olarak tüm deneme konularında, çiçeklenme döneminde ölçülen ve SALTMED modeli ile kestirilen toprak su içerikleri uyum göstermektedir. Ancak dane dolumu döneminde ve hasatta özellikle üst toprak katmanları için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında önemli derecede farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Alt katmanlara inildikçe ölçülen ve kestirilen su içerikleri arasındaki fark azalmaktadır. Dane dolumu ve hasat döneminde modelin tahmin ettiği değerler ölçülen değerlerle tam olarak uyum göstermemektedir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Akdeniz iklim koşullarında quinoa bitkisinin damla sulama yöntemi kullanılarak tatlı ve tuzlu su ile farklı sulama stratejileri uygulanarak sulanmasının bitkinin vejetatif büyüme, verim ve bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkileri araştırılmış; elde edilen sonuçlar SALTMED modeli ile kestirilen sonuçlarla karşılaştırılarak model test edilmiştir.

Çalışmada sulama uygulamaları damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Tatlı su (kanal suyu) ile tam sulama (FIF), %50 geleneksel kısıntılı sulama (DI), %50 yarı ıslatmalı sulama (PRD) ve tuzluluk düzeyi 5 dS/m olan tuzlu su ile tam sulama (FIS) konuları kıyaslanmıştır. DI ve PRD konularına uygulanan sulama suyu miktarı 202 mm, FIF ve FIS konularına uygulanan sulama suyu miktarı 383 mm olmuştur.

Araştırmada quinoa bitkisinin geleneksel kısıntılı sulama veya yarı ıslatmalı PRD sulama uygulanarak tam sulamaya göre %50 daha az su ile sulanmasının istatistiksel olarak verimde azalmalara neden olmadığı saptanmıştır. Benzer şekilde tuzluluk derecesi 5 dS/m olan tuzlu su ile sulanmanın da quinoa bitkisinde istatistiksel olarak verimde azalmaya neden olmadığı belirlenmiştir.

Araştırmada sulama suyu kullanma randımanları (IWUE) 0.46–0.93 kg/m<sup>3</sup>, su kullanma randımanları (WUE) ise 0.39–0.58 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanma randımanı (WUE) PRD konusunda gerçekleşirken en düşük IWUE ve WUE değerleri FIS konusunda saptanmıştır.

Çalışmada oransal evapotranspirasyon azalmasına karşın verimdeki oransal azalmayı tanımlayan verim tepki etmeni,  $ky$ , 0.59 olarak bulunmuştur.

Sulama konularında saptanan bin dane ağırlıkları 2.1 ile 2.6 g arasında değişmiş; konulara uygulanan farklı sulama stratejilerinin veya elektriksel iletkenliği 5 dS/m olan tuzlu su ile sulamanın bin dane ağırlıkları üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Hasatta FIF konusunda kuru madde verimi 1932.5 g/m<sup>2</sup>, FIS konusunda 1917.9 g/m<sup>2</sup>, DI konusunda 1812.5 g/m<sup>2</sup>, PRD konusunda ise 1649.2 g/m<sup>2</sup> olarak

elde edilmiştir Varyans analizine göre farklı sulama düzeylerinde elde edilen kuru madde miktarları arasında 0.05 önem düzeyinde istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Hasat indeksi FIF konusunda 0.42, PRD konusunda 0.41, DI ve FIS konularında ise 0.39 olarak elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre hasat indeksi üzerinde sulama suyu tuzluluğu, miktarı ve farklı işletim biçiminin 0.05 önem düzeyinde istatistiksel olarak etkisinin farklı olmadığı saptanmıştır.

FIS konusunda uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak toprak tuzluluğunda artış olduğu gözlemlenmiştir. Dane dolumu döneminde 0-10 cm toprak derinliğinde toprak tuzluluğu 6.98 dS/m olarak ölçülmüş ve aynı derinlik için hasattaki toprak tuzluluk değeri 8.33 dS/m'ye kadar çıkmıştır.

Araştırma konuları için ölçülen ve SALTMED modeli ile kestirilen dane verimleri karşılaştırılmıştır. Modelin PRD ve FIS konuları için sırasıyla -%0.2 ve -%5.2'lik farklarla oldukça iyi verim tahmini yaptığı belirlenmiştir. DI ve FIF konularında ise ölçülen ve kestirilen verimler arasında sırasıyla -%10.9 ve %11.5 oranında farklılık olduğu saptanmıştır. SALTMED modeli tüm deneme konuları için iyi bir verim tahmininde bulunmuştur.

SALTMED modeli tüm deneme konuları için kuru madde verimlerini 18756 kg/ha olarak tahmin etmiştir. Deneme konularına göre ölçülen ve kestirilen kuru madde verimleri arasındaki farklar %2.2 ile -%13.7 arasında değişmiştir. Bununla birlikte ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki fark özellikle FIS (%2.2), FIF (%2.9) ve DI (-%3.5) konularında oldukça düşüktür. Bu nedenle modelin iyi bir kuru madde tahmini yaptığı söylenebilir.

Ölçülen ve kestirilen bitki boyları vejetatif gelişme döneminde uyum göstermiş ancak sonraki büyüme dönemlerinde FIF konusu dışındaki deneme konuları için ölçülen ve kestirilen değerler arasında farklılıklar saptanmıştır. Benzer şekilde modelin tahmin ettiği LAI değerleri çiçeklenme dönemine dek ölçülen değerlerle uyum gösterirken sonraki büyüme dönemlerinde ölçülen ve kestirilen yaprak alan indeksleri farklılıklar göstermiştir.

Model bitki su tüketimlerini FIS konusunda %4.8, FIF konusunda %7.1, DI konusunda %39.1, PRD konusunda ise %47.7 oranında daha yüksek olarak tahmin

etmiştir. Tam sulama konuları olan FIF ve FIS konuları için ölçülen ve SALTMED modeli ile tahmin edilen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri arasında iyi bir uyum olmasına rağmen kısıntılı sulama konularında (DI ve PRD) ölçülen ve kestirilen değerler arasında önemli derecede farklılıklar söz konusudur. Bu durum konulara uygulanan sulama suyu miktarı ve işletim biçiminin bitki su tüketimine etkilerini ortaya koyma konusunda modelin yetersiz kaldığını göstermektedir.

SALTMED modeliyle kestirilen toprak tuzluluğunun ölçülenden önemli derecede farklı olduğu saptanmıştır. Model üst katmanlarda toprak tuzluluğunu ölçülen değerlerden oldukça yüksek tahmin etmiş, alt katmanlara inildikçe ölçülen ve kestirilen toprak tuzluluk değerleri arasındaki fark azalmıştır. Buna rağmen ölçülen ve kestirilen toprak tuzluluk değerleri arasında bir uyumdan söz etmek mümkün değildir.

SALTMED modeli ile kestirilen ve ölçülen toprak su içerikleri çiçeklenme döneminde uyum göstermektedir. Ancak dane dolumu döneminde ve hasatta özellikle üst toprak katmanları için ölçülen ve tahmin edilen toprak su içerikleri arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Alt katmanlara inildikçe ölçülen ve kestirilen toprak su içerikleri arasındaki fark azalmaktadır. Dane dolumu ve hasat döneminde modelin tahmin ettiği değerler ölçülen değerlerle tam olarak uyum göstermemektedir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Akdeniz iklim koşullarında su kısıntısı quinoa bitkisinde istatistiksel olarak verimde azalmalara neden olmamaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarında azalma ve artan su talebi göz önüne alındığında quinoa bitkisinin sulanmasında yarı ıslatmalı sulama (PRD) ile kısıntılı sulama (DI) stratejileri önerilebilir. Böylece verim kaybı olmaksızın önemli ölçüde su tasarrufu sağlanmış olur.

Quinoa bitkisi sulama suyu tuzluluğu ve toprak tuzluluğuna dayanıklı bir bitki olarak bilinmektedir. Araştırma sonuçlarına göre quinoa bitkisinin tuzluluk derecesi 5 dS/m olan su ile sulanması verim kaybına neden olmamakta ve bitki gelişimini önemli derecede etkilememektedir. Öte yandan tuzlu suların damla sulama yöntemi ile sulamada kullanılması özellikle üst toprak katmanlarında tuz birikimine neden olmaktadır. Bu tür suların sulama amaçlı kullanılması iyi bir toprak ve su

yönetimini gerektirmektedir. Quinoa bitkisinin tuzlu su ile sulanması konusunda daha detaylı araştırma yapılması önerilebilir.

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 nemi ve topraktaki tuz dağılımı ile yıkama gereksinimini tahmin etmektedir. Araştırma sonuçlarına göre SALTMED modelinin Akdeniz iklim kuşağında, tam sulama konularında quinoa bitkisinin dane verimi, toprak üstü kuru madde verimi ve mevsimlik bitki su tüketimini oldukça iyi tahmin ettiği; kısıntılı sulama konularında ise bitki su tüketimini kestirimde yetersiz kaldığı dikkate alındığında söz konusu modelde bazı değişikliklerin yapılması kullanım olanaklarının geliştirilmesi bakımından önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- 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.
- 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.
- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D., 2006. Chenopodium Quinoa-An Indian Perspective. Ind. 12 Crop. Prod. 23, 73-87.
- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D., 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crop. Res. 101, 104–116.
- BOSQUE SANCHEZ, H., LEMEURE, R., VAN DAMME P., JACOBSEN, S-E., 2003. Ecophysiological Analysis of Drought and Salinity Stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International, Vol. 19, 111-119.
- BOUYOUCOUS, W.S., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Argon. J. Vol. 43, pp: 434–448.
- BUCKS, D.A., NAKAYAMA, F.S., WARRICK, A.W., 1982. Principles Practices and Potentials of Trickle (Drip) Irrigation. Advances in Irrigation. Edit. D. Hillel. Vol. I, Academic Pres, New York, 219-299.
- 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.
- CASINI, P., 2002. Possibilità di Introdurre la Quinoa Negli Ambienti Mediterranei. L'Informatore Agrario, Vol.58, N. 27, p. 29-34.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1969. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:10, Ankara 230s.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.K., 1979. Yield Response to Water. FAO United Nations, Irrigation and Drainage Paper, No: 33, Rome, p.193.
- DSİ, 2009. Toprak ve Su Kaynakları. <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>.



- FAO, 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production, Irrigation and Drainage Paper No 48. Rome, Italy.
- FAO, 1998. Crop Evapotranspiration, Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy.
- GARCIA, M., 2003. Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian Altiplano. *Dissertationes de Agricultura* 556. Faculty of Applied Biological Sciences, K.U. Leuven, Belgium.
- GARCIA, M., RAES, D., JACOBSEN, S. E., 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management* 60 (2003), 119-134.
- GEERTS, S., MAMANI, R.S., GARCIA, M., RAES D., 2006. Response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to differential drought stress in the Bolivian Altiplano: Towards a deficit irrigation strategy within a water scarce region. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Land and Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture*, Adana, Turkey.
- GEERTS, S., RAES, D., GARCIA, M., VACHER, J., MAMANI, R., MENDOZA, J., HUANCA, R., MORALES, B., MIRANDA, R., CUSICANQUI, J., TABOADA, C., 2008a. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *European Journal of Agronomy* 28, 427-436.
- GEERTS, S., RAES, D., GARCIA M., CONDORI, O., MAMANI, J., MIRANDA, R., CUSICANQUI, J., TABOADA, C., YUCRA, E., VACHER, J., 2008b. Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agricultural Water Management* 95, 909- 917.
- GEERTS, S., RAES, D., GARCIA M., MENDOZA, J., HUANCA, R., 2008c. Crop water use indicators to quantify the flexible phenology of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to drought stress. *Field Crop Research* 108, 150-156.

- GEERTS, S., RAES, D., GARCIA, M., TABOADA, C., MIRANDA, R., CUSICANQUI, J. 2008d. Potential of closing quinoa yield gaps by deficit irrigation under varying water availability in the Bolivian Altiplano. Agricultural Water Management-Manuscript Draft.
- 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, p874-880.
- GÖKÇEL F., 2008. Çukurova Koşullarında Yarı Islatmalı (PRD) ve Kısıntılı Damla Sulama Programlarının II. Ürün Mısır Verimi ve Su Kullanma Randımanına Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 68s, Adana.
- HİLLEL, D., 1977. Computer Simulation of Soil–Water Dynamics: a Compendium of Recent Work. IDRC, Ottawa, Canada, 214pp.
- 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.
- HOWELL, T.A., YAZAR, A., SCHNEIDER, A.D., DUSEK, D.A., COPELAND, K.S., 1994. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. ASAE Transactions of the ASAE, 38(6):1737-1747.
- JACOBSEN, S.E., MUJICA, A., JENSEN C.R., 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. Food Reviews International Vol. 19, 99–109.
- JACOBSEN, S.E., 2003. The worldwide potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International Vol. 19, 167–177.
- JACOBSEN, S.E., MONTEROS, C., CHRISTIANSEN, J.L., BRAVO, L.A., CORCUERA, L.J., MUJICA, A., 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy 22, 131–139.

- JENSEN, C. R., JACOBSEN, S.-E., ANDERSEN, M. N., NUNEZ, N., ANDERSEN, S. D., RASMUSSEN, L., MOGENSEN, V. O., 2000. Leaf Gas Exchange And Water Relations of Field Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) During Soil Drying. *European Journal of Agronomy* 13:11–25.
- JOHNSON, R. ve AGUILERA R., 1980. Processing Varieties of Oilseeds (Lupine and Quinoa). Report to Natural Fibers and Foods Commission of Texas, 1978-1980.
- JOHNSON D.L., 1990. New Grains and Pseudo Grains. *Advances in New Crops, Proc. of the First National Symposium New Crops: Research, Development, Economics*. Portland, Oregon, pp. 122-127.
- JOSHI, R.C., SAN MARTIN, R., SAEZ-NAVARRETE, C., ALARCON, J., SAINZ, J., ANTOLIN, M.M., MARTIN, A.R., SEBASTIAN, L.S., 2008. Efficacy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins against golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in the Philippines under laboratory conditions. *Crop Prot.* 27, 553–557.
- KANG, S., LIANG, Z., HU, W., ZHANG, J., 1998. Water Use Efficiency of Controlled Alternate Irrigation on Root-Divided Maize Plants. *Agricultural Water Management*, 38: 69-76.
- KIRDA, C., 2004. Increased Irrigation Water-Use Efficiency in Citrus, Maize and Cotton. <http://cordis.europa.eu/library/publications.htm>.
- MARTINEZ, E.A., VEAS, E., JORQUERA, C., SAN MARTIN, R., JARA, P., 2009. Re-Introduction of Quinoa into Arid Chile: Cultivation of Two Lowland Races under Extremely Low Irrigation. *J. Agronomy and Crop Science* (2009), 195, ISSN 0931-2250, p.1-10.
- 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

- OELKA, E. A., PUTNAM, D. H., TEYNOR, T.M., OPLINGER, E. S., 1992.  
Alternative Field Crops Manual.  
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/quinoa.html>
- ÖZBEK, H., DINÇ, U., KAPUR, S., 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüt ve Haritası. Ç.Ü. Zir. Fak. Yay. Adana, 23 (8): 149.
- PEARSALL, D.M., 1992. The origins of plant cultivation in South America. In: Cowan, C.W., Watson, P.J. (Eds.), The Origins of Agriculture. Smithsonian Institute Press, Washington, DC, pp. 173–205.
- PETERSEN, R.G., CALVIN, L.D., 1965. Sampling Methods of Soil Analysis (C:A: Black et. Al. Edit.), Part 1, Agronomy Series No:9, Am. Soc. Of Agr. Inc. Pub., Madison Wisconsin, USA, P:54-72.
- PULVENTO, C., RICCARDI, M., LAVINI A., D’ANDRIA, R., IAFELICE, G., MARCONI, E., 2009. Field Trial Evaluation of Two *Chenopodium Quinoa*’s Genotypes Grown in Rainfed Conditions in a Mediterranean Environment of South Italy. Journal of Agronomy and Crop Science- Manuscript Draft.
- 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., GHAI BEH 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.
- RAGAB, R., MALASH, N., ABDEL GAWAD, G., ARSLAN, A., GHAI BEH 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.

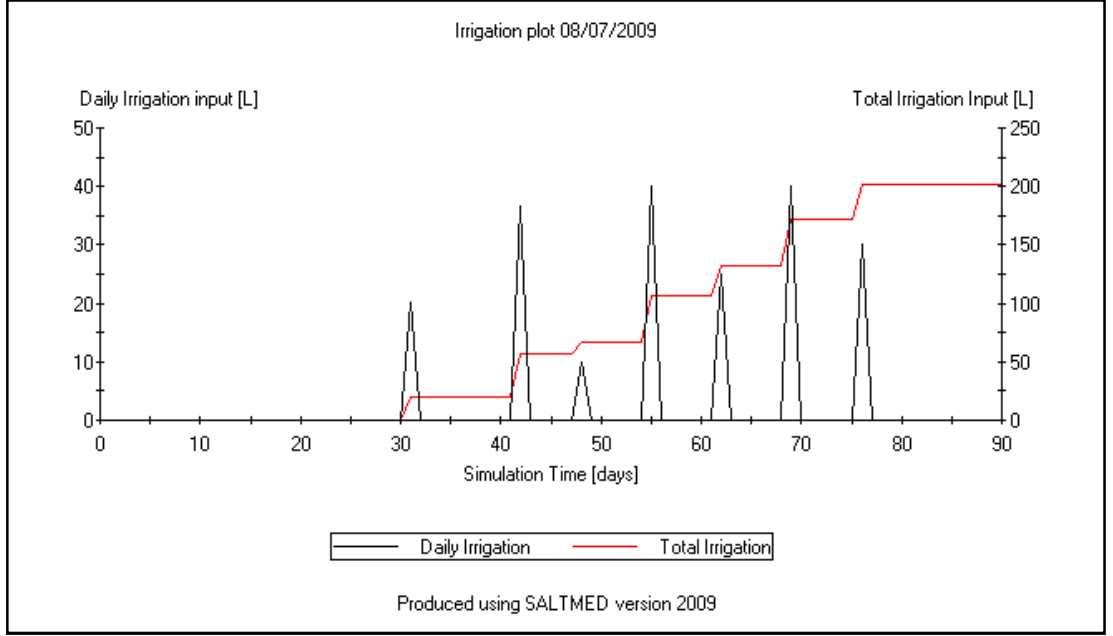
- RHODES, J., KANDIAH, A., MASHALI, A.M., 1992. The use of saline waters for crop production. Irrigation and drainage paper no. 48. Rome, Italy, 150 pp.
- STEGMAN, E.C., 1981. Corn Grain Yield as Influenced by Timing of Evapotranspiration Deficits. Irrig. Sci. 3: 75-87.
- USSL, 1954. United States Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook No: 60. USDA, (160)S.
- 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.
- WARD, S.M., 2000. Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crop. Res. 68, 157–163.
- WHITE, S., 2003. Regulated Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying. National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoombai.
- 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., SEZEN, M., GENÇEL, B., ŞENGÜL, H., ÖZEKİCİ, B., ÜLGER, A.C., 2002. Harran Ovasında Düşük Basıncılı LEPA ve Damla Sistemleriyle Pamuk ve Mısır Bitkilerinin Sulanma İlkelerinin Oluşturulması. Proje No:TOGTAG-1856. TÜBİTAK p:71.

## **ÖZGEÇMİŞ**

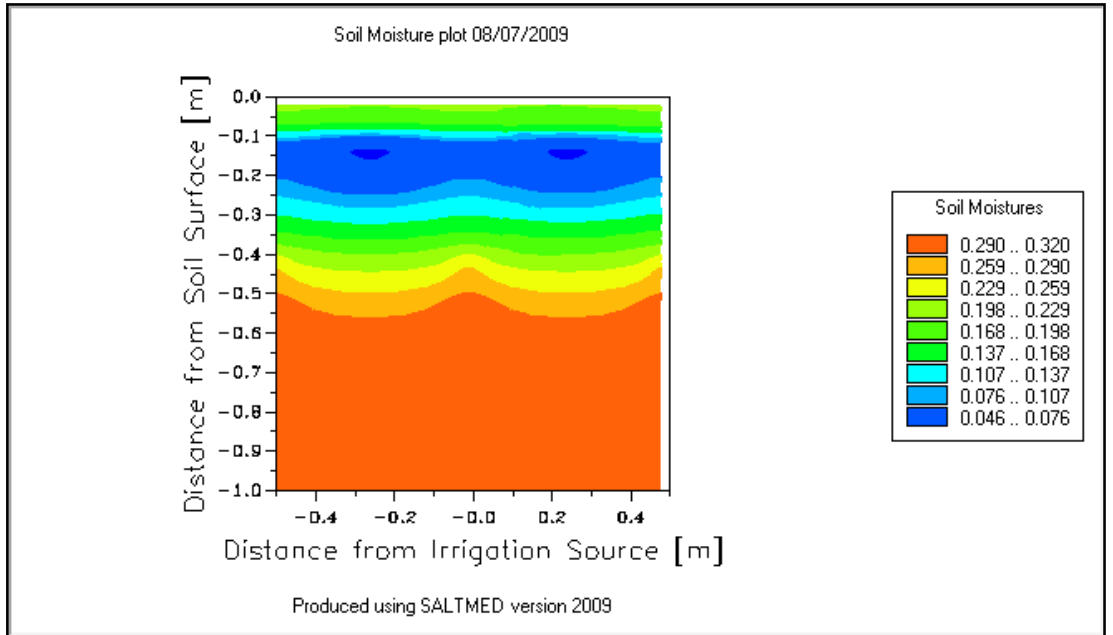
1977 yılında Niğde’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Mersin’de tamamladıktan sonra lise öğrenimini Trabzon Yomra Ev Ekonomisi Meslek Lisesi’nde tamamladı. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Halen Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Adana İl Müdürlüğü’nde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk sahibidir.

# **EKLER**

## EKLER

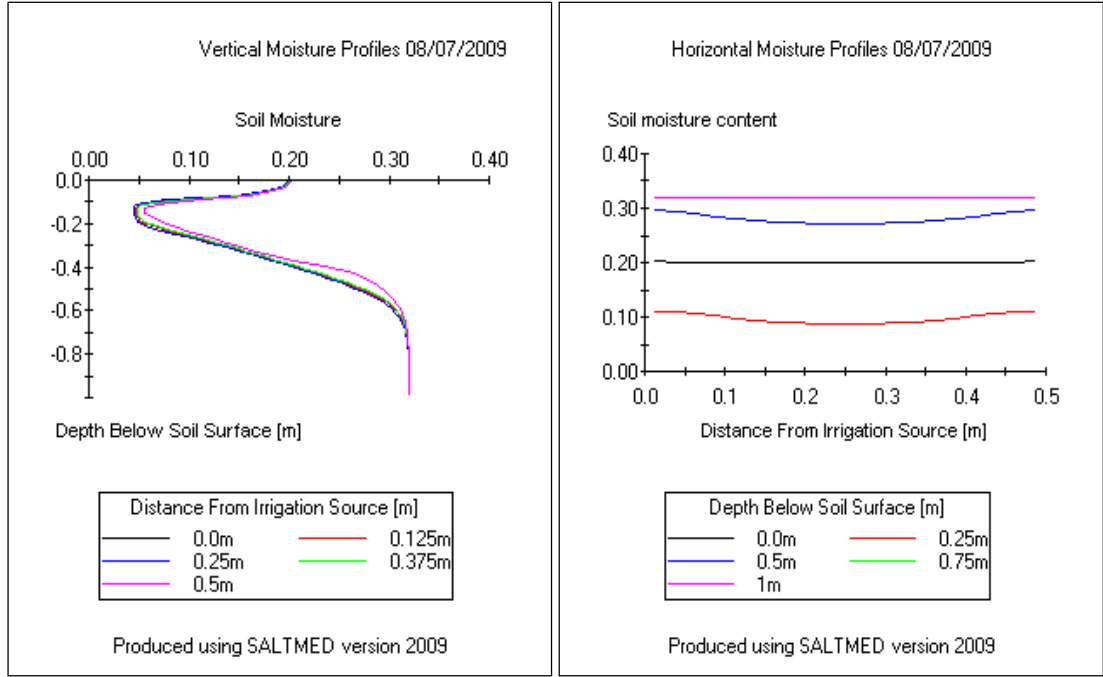


Ek Şekil 1. DI Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselleştirilmesi

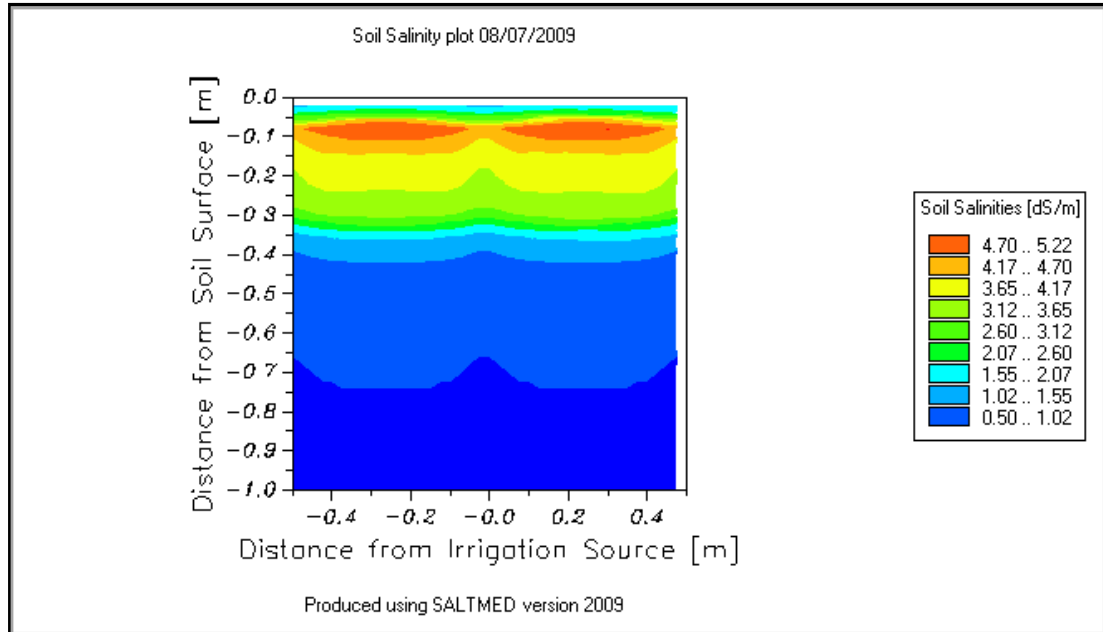


Ek Şekil 2. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Toprak Nemi

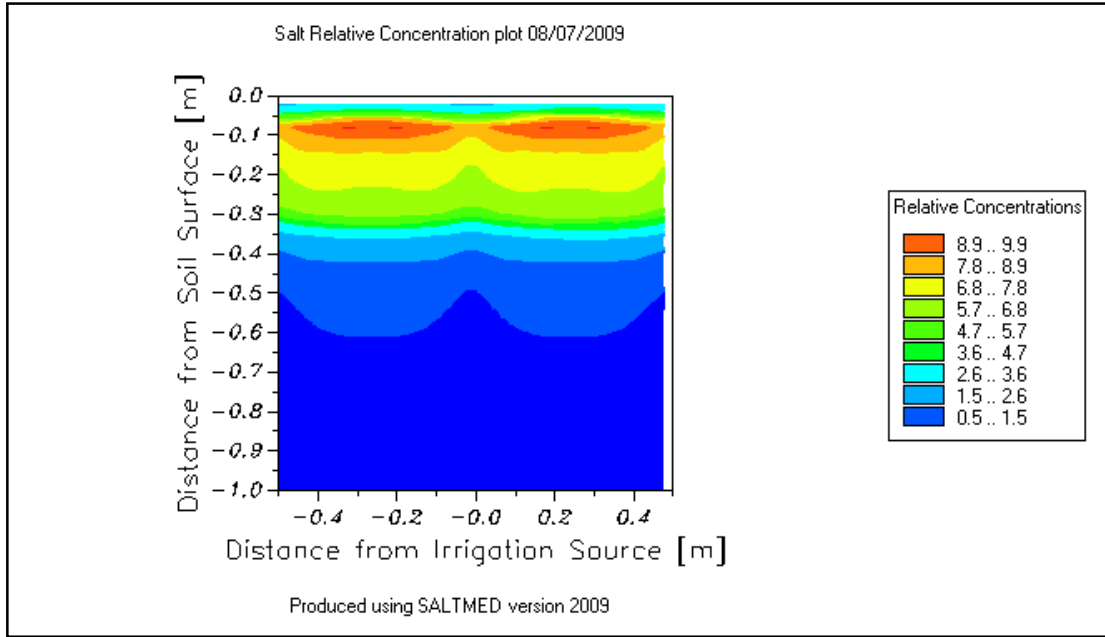




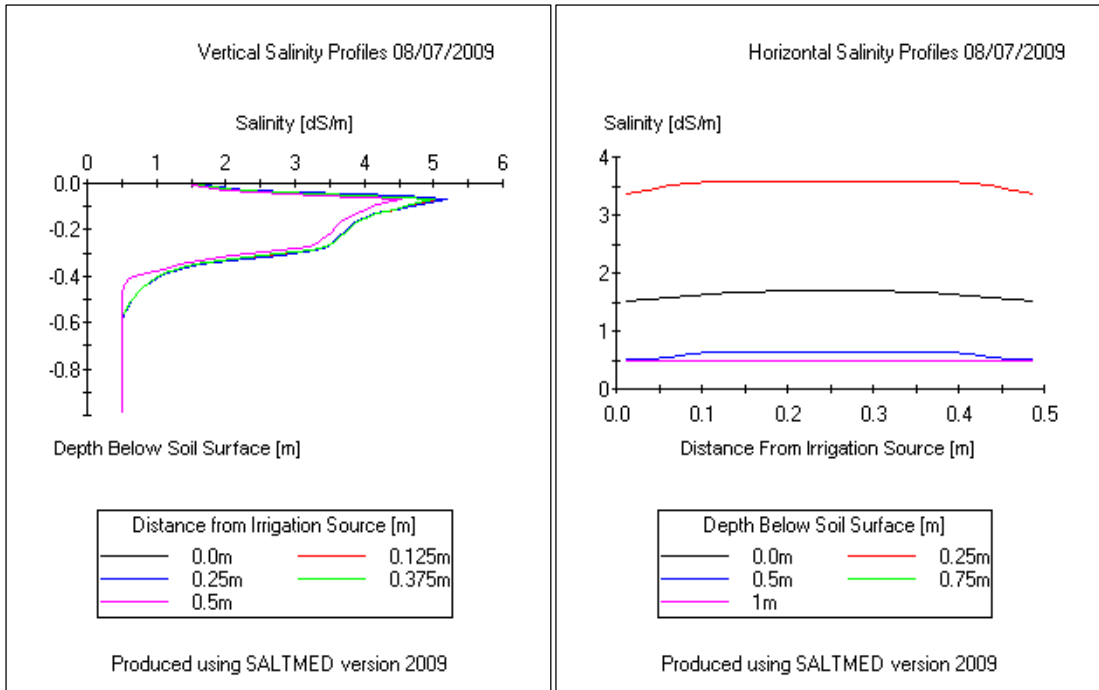
Ek Şekil 3. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği



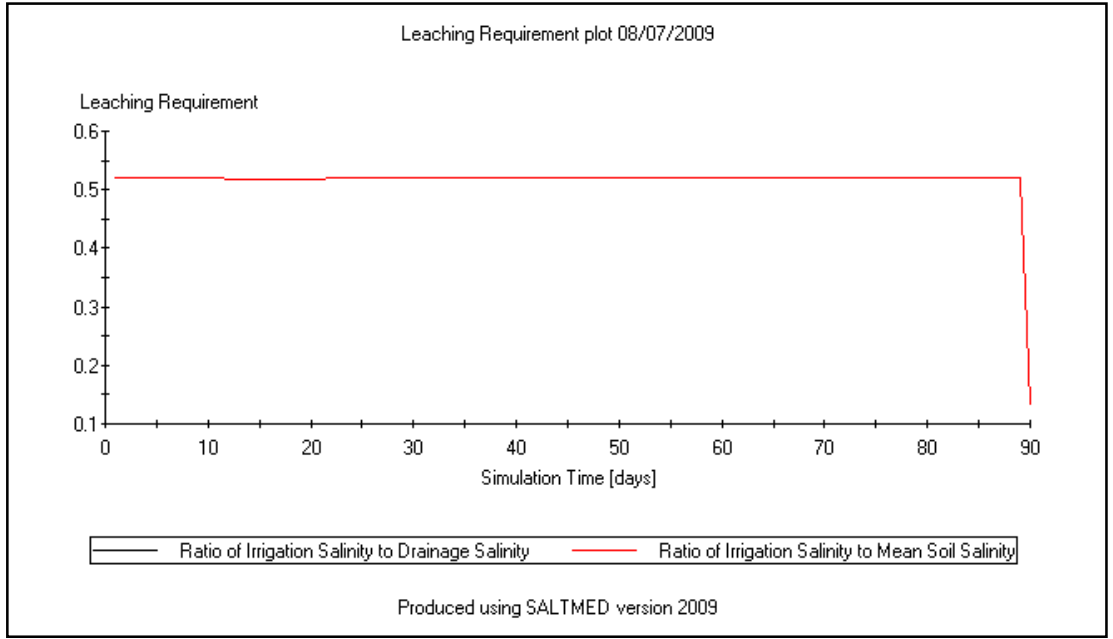
Ek Şekil 4. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı



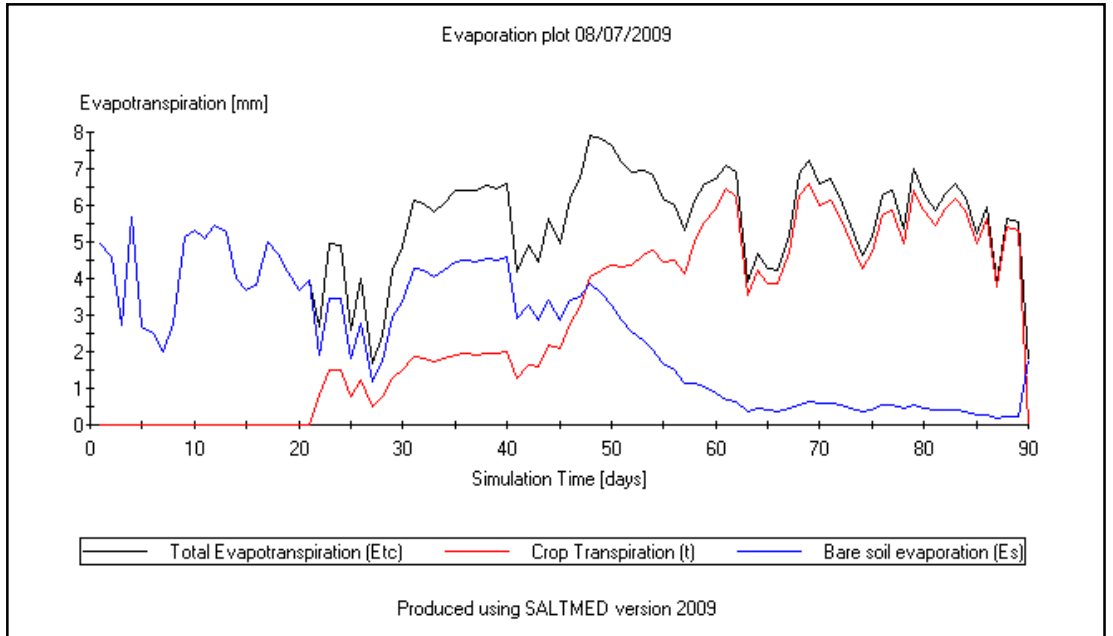
Ek Şekil 5. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu



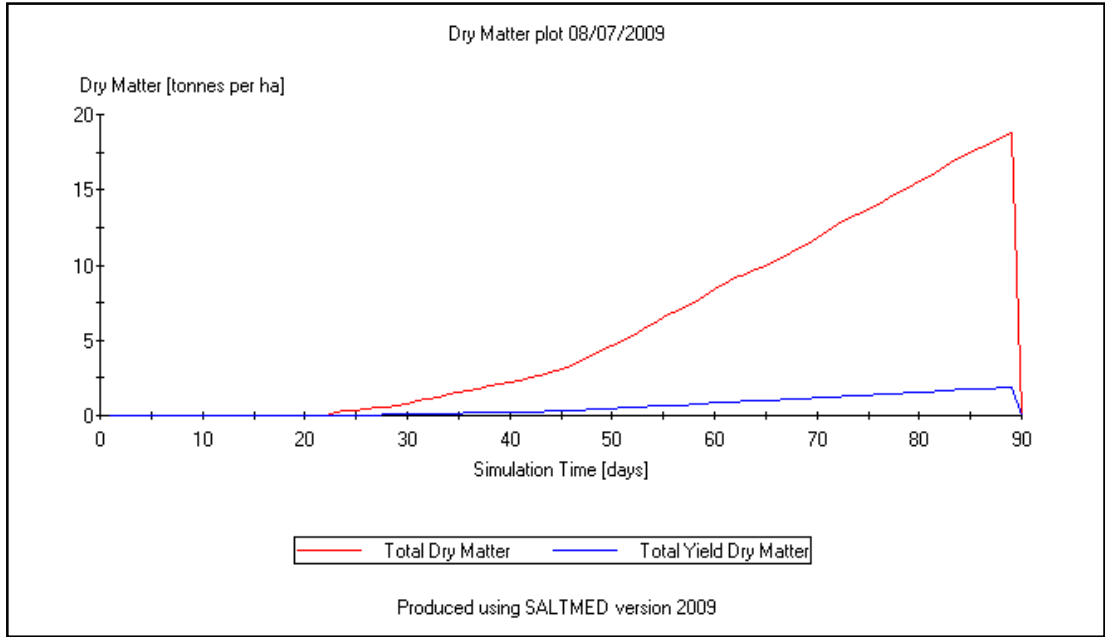
Ek Şekil 6. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı



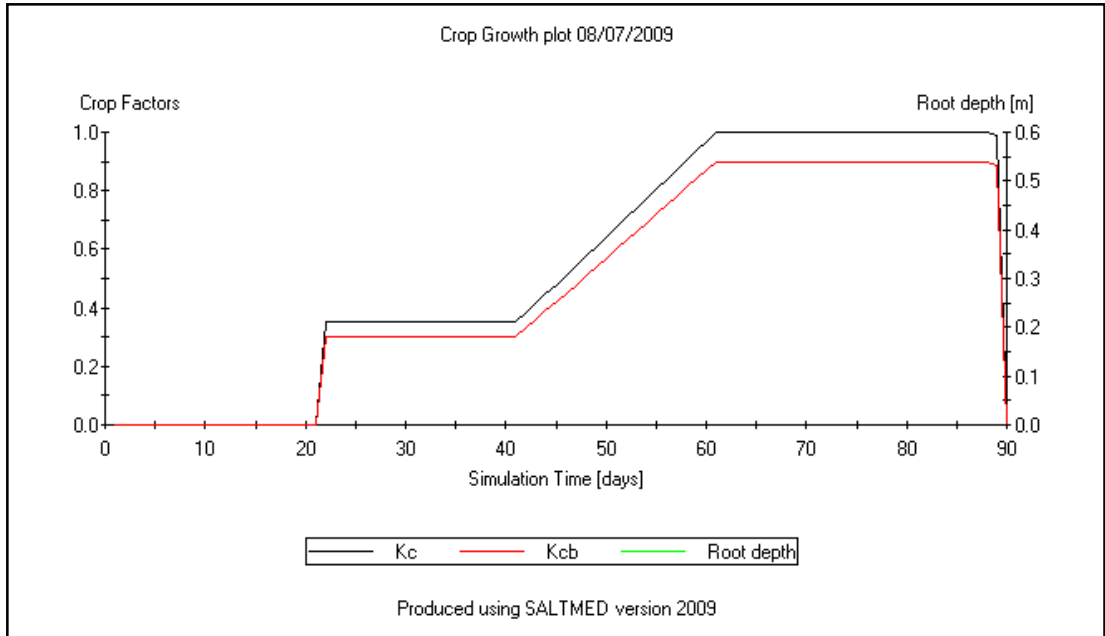
Ek Şekil 7. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi



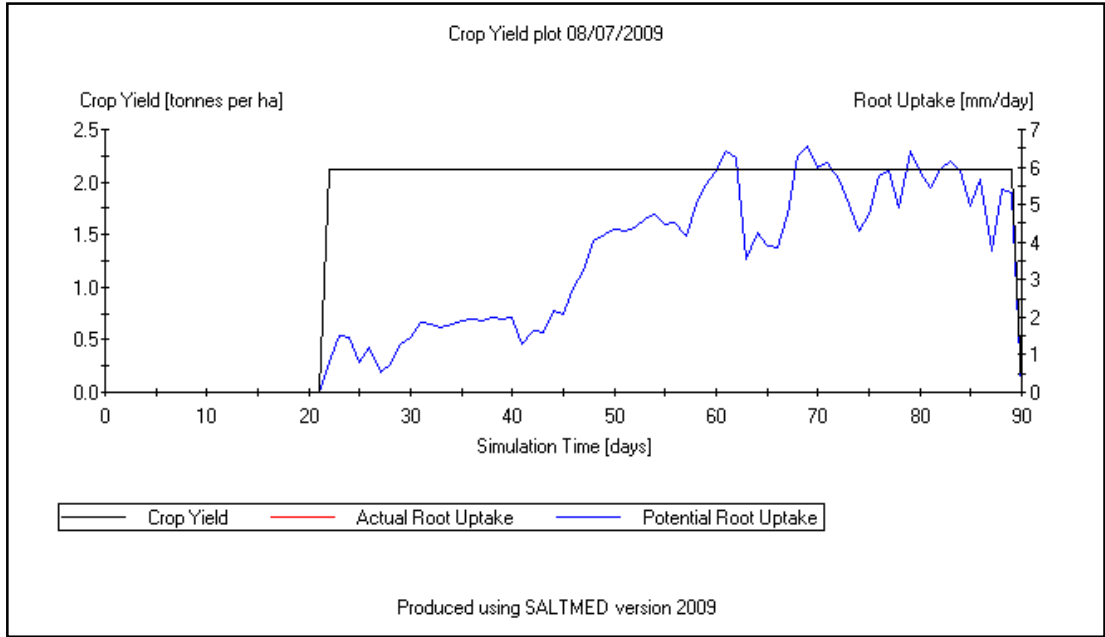
Ek Şekil 8. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaşıma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi



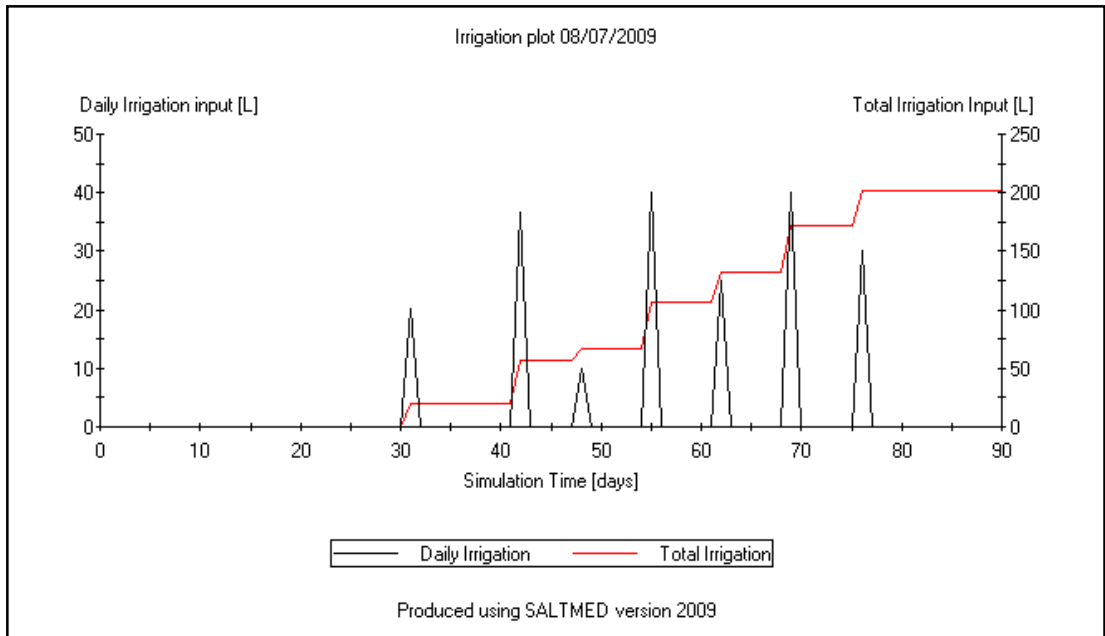
Ek Şekil 9. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi



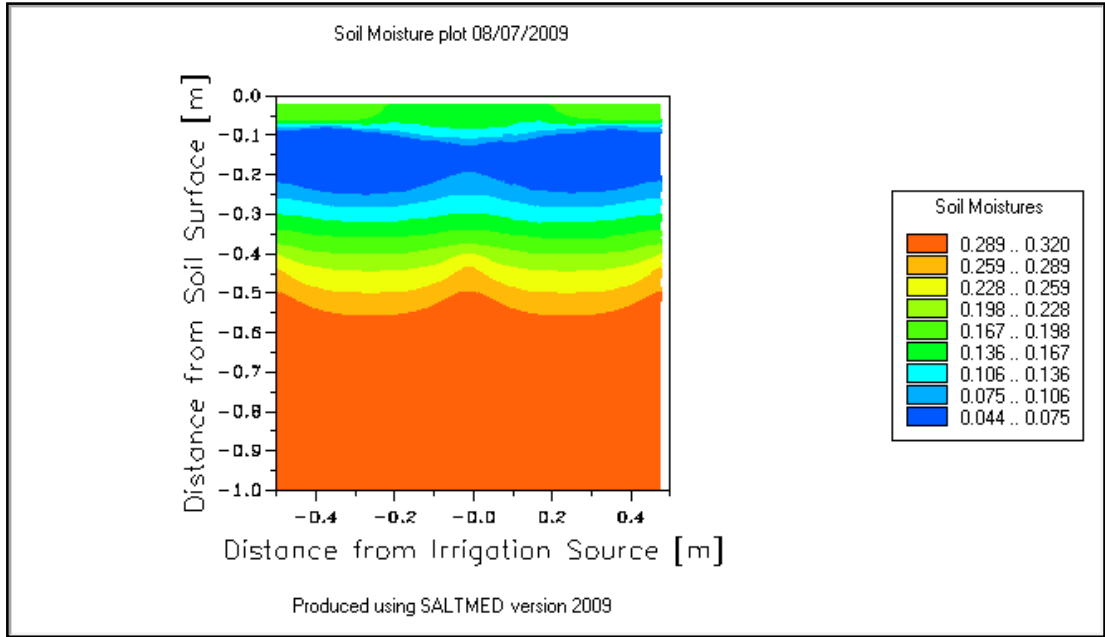
Ek Şekil 10. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi



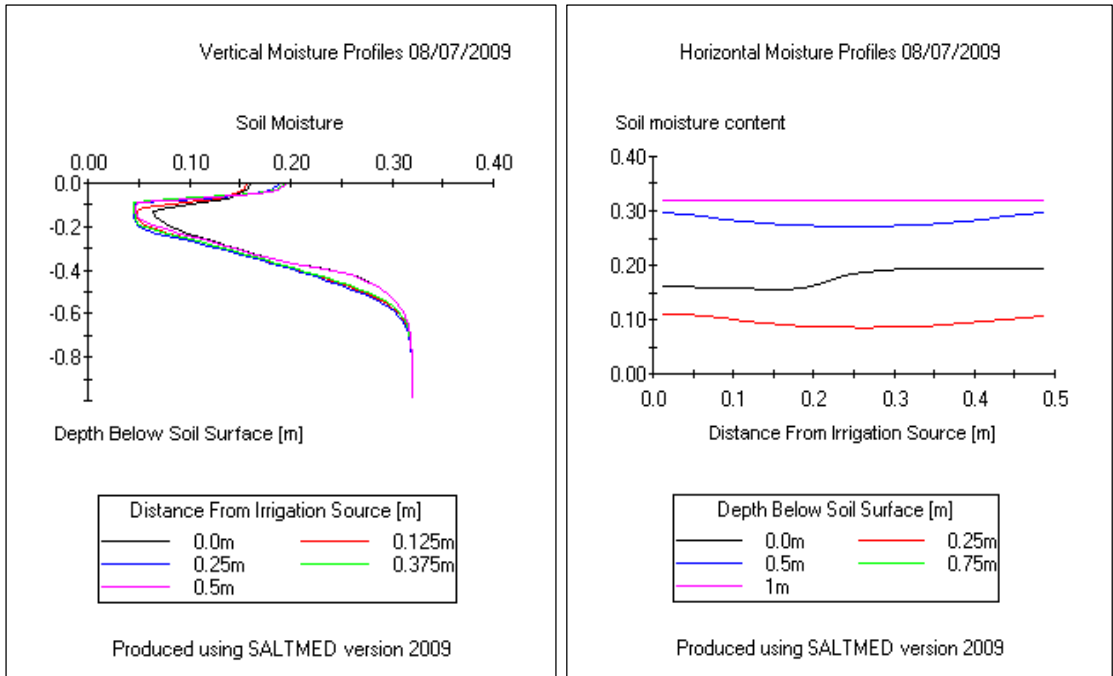
Ek Şekil 11. DI Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Toprakтан Günlük Su Alımı



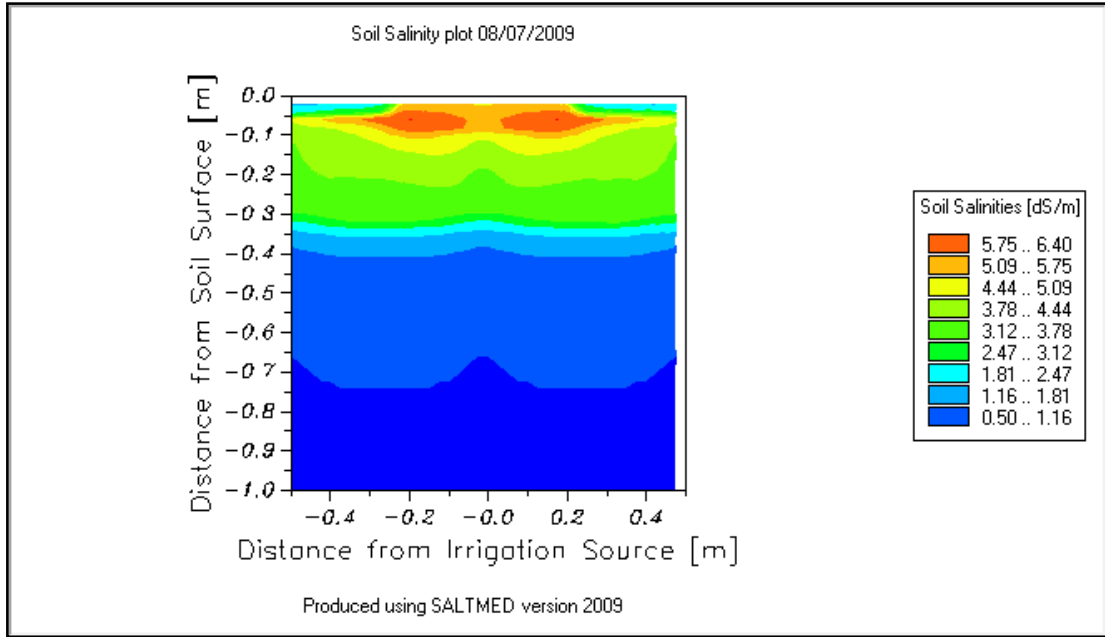
Ek Şekil 12. PRD Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafıksel Gösterimi



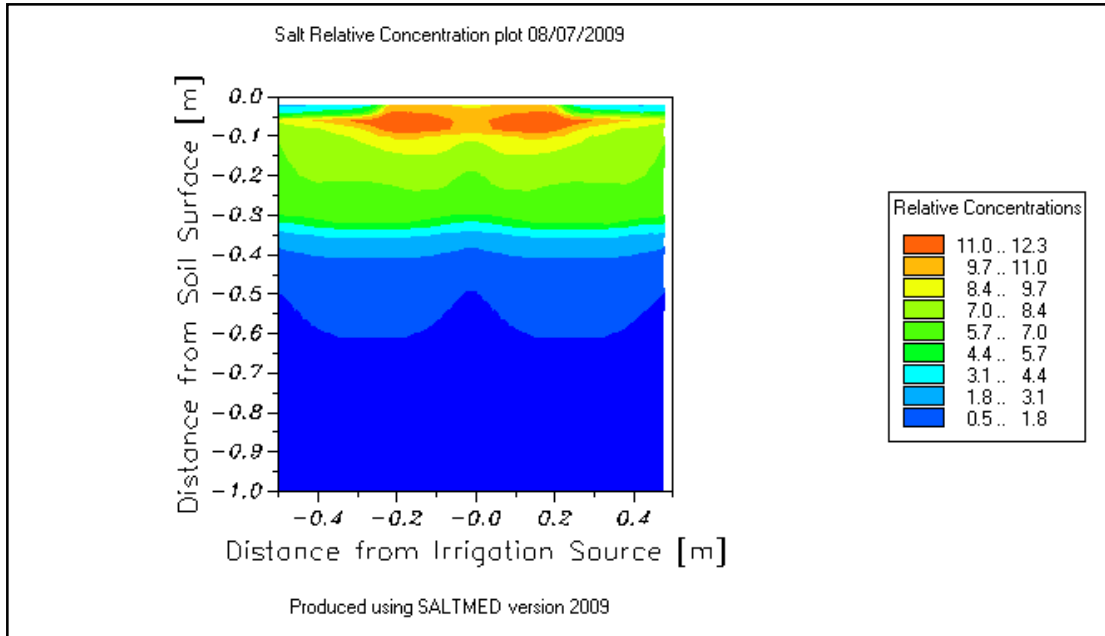
Ek Şekil 13. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Toprak Nemi



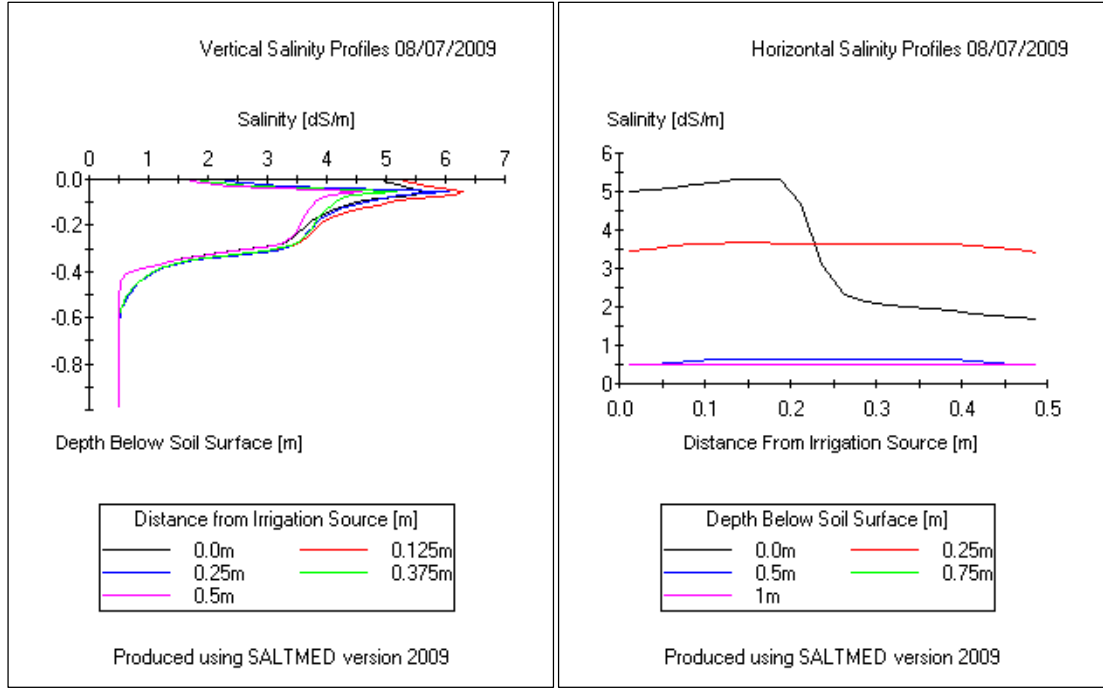
Ek Şekil 14. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği



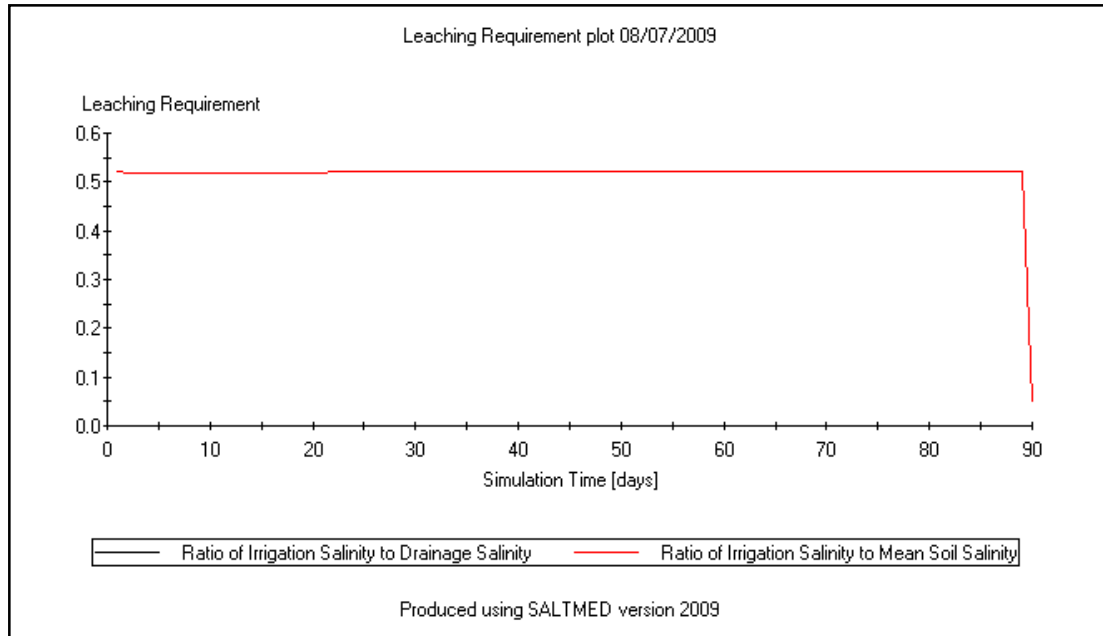
Ek Şekil 15. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı



Ek Şekil 16. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu

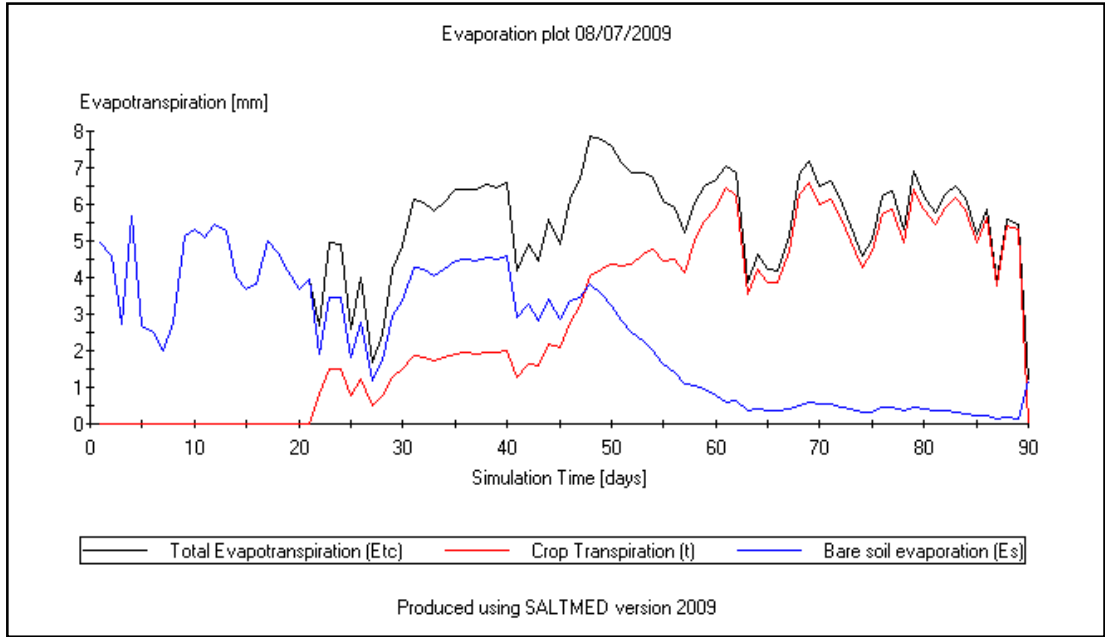


Ek Şekil 17. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı

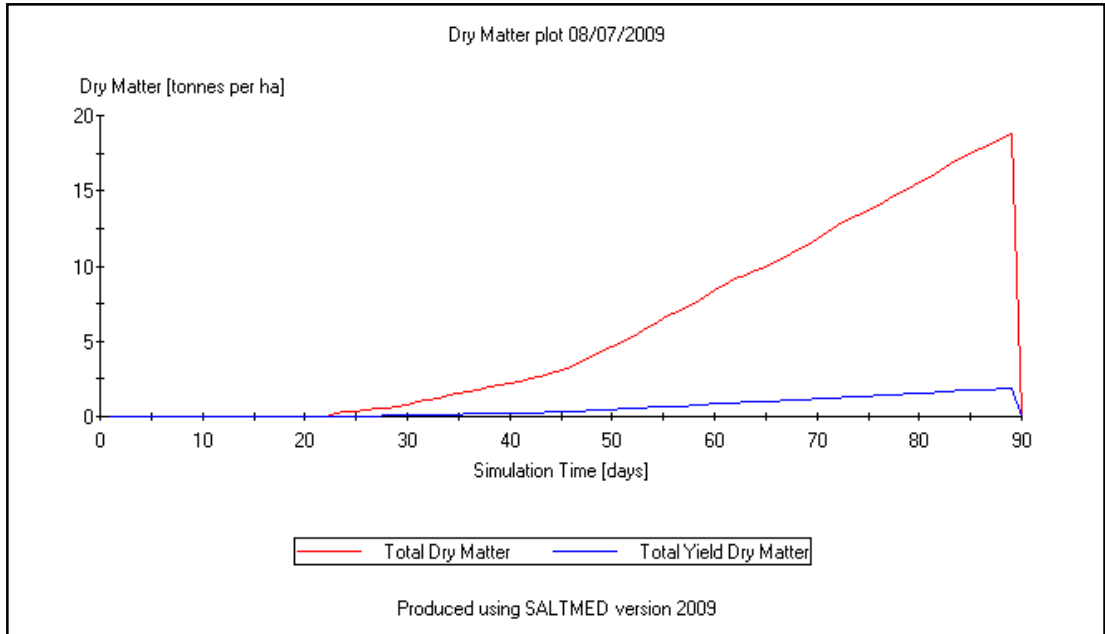


Ek Şekil 18. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi

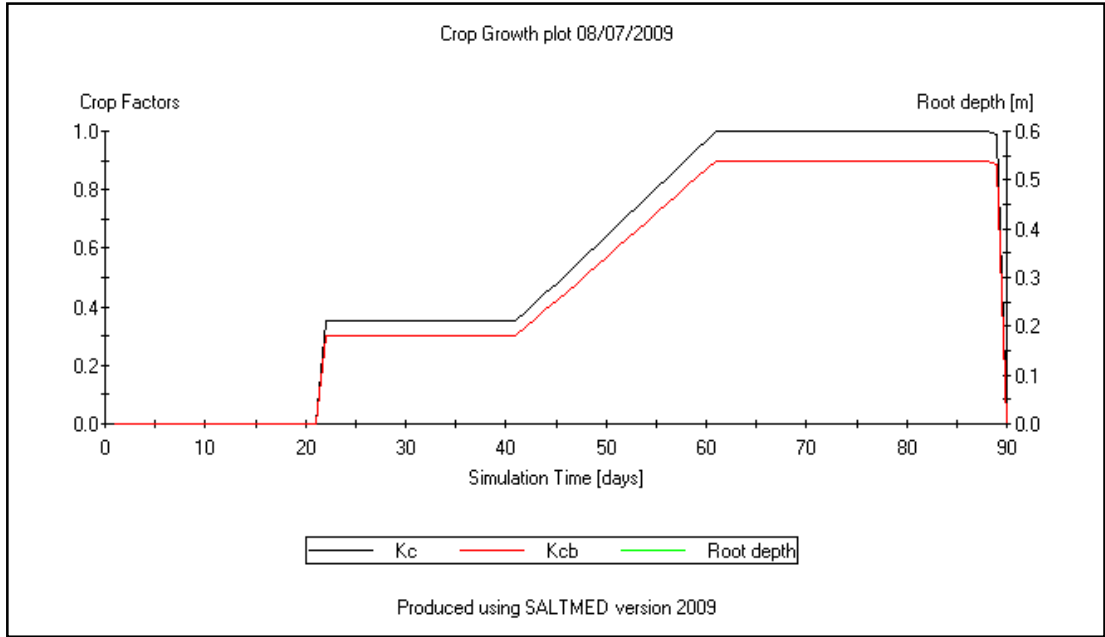




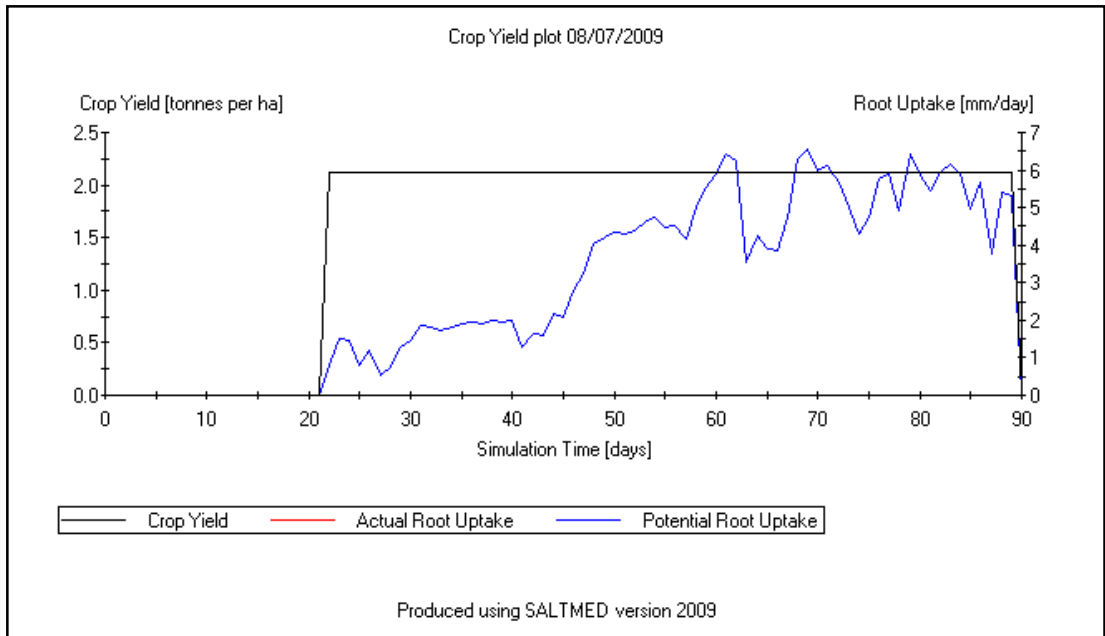
Ek Şekil 19. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaşma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi



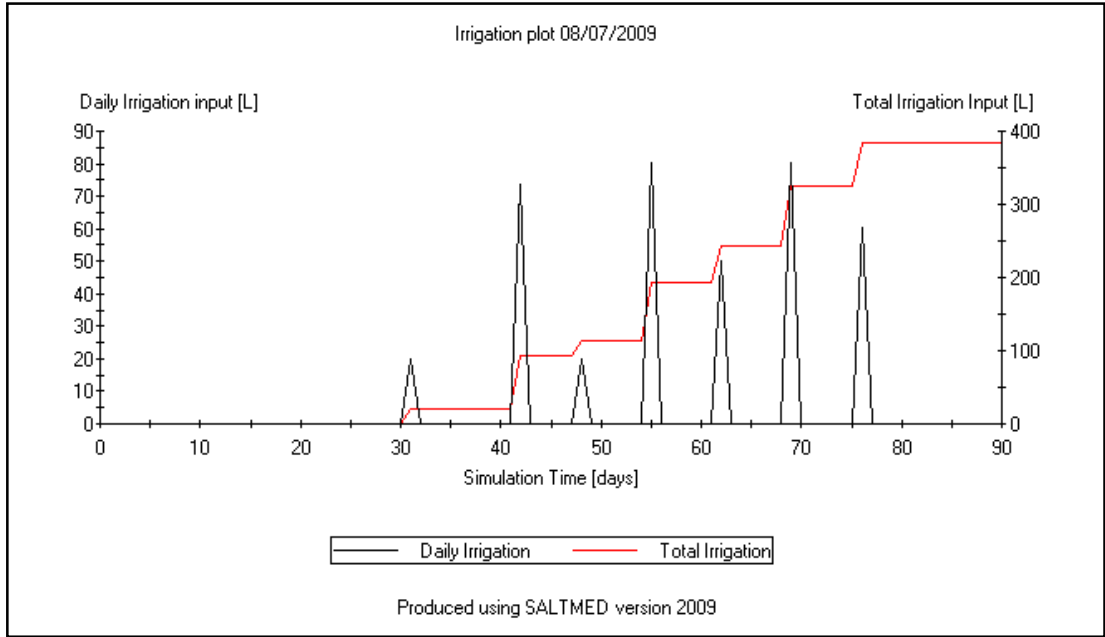
Ek Şekil 20. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi



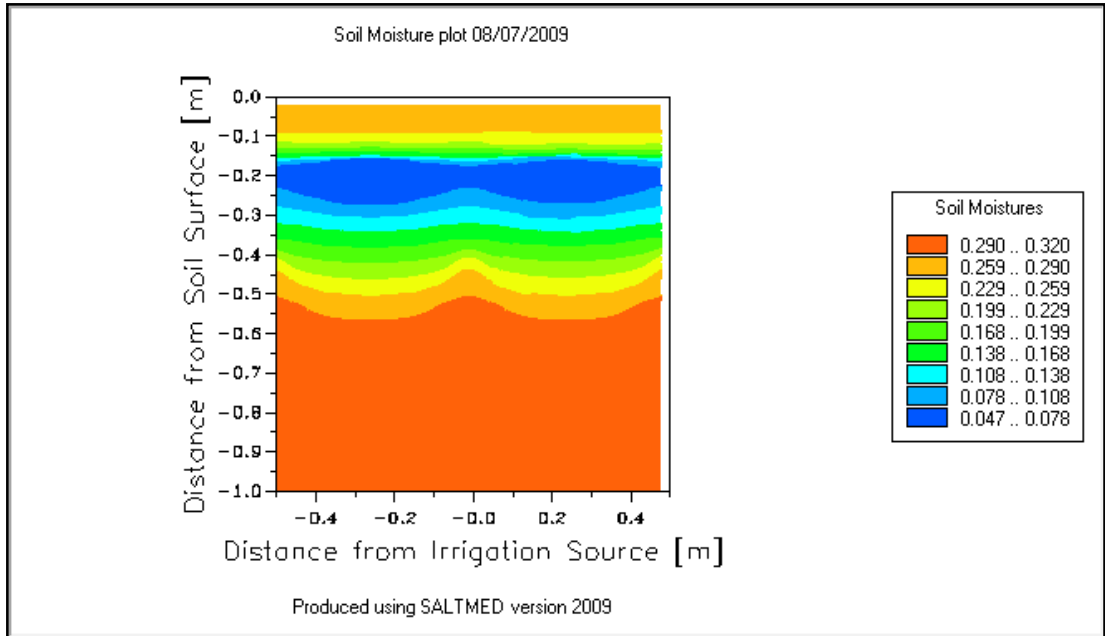
Ek Şekil 21. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi



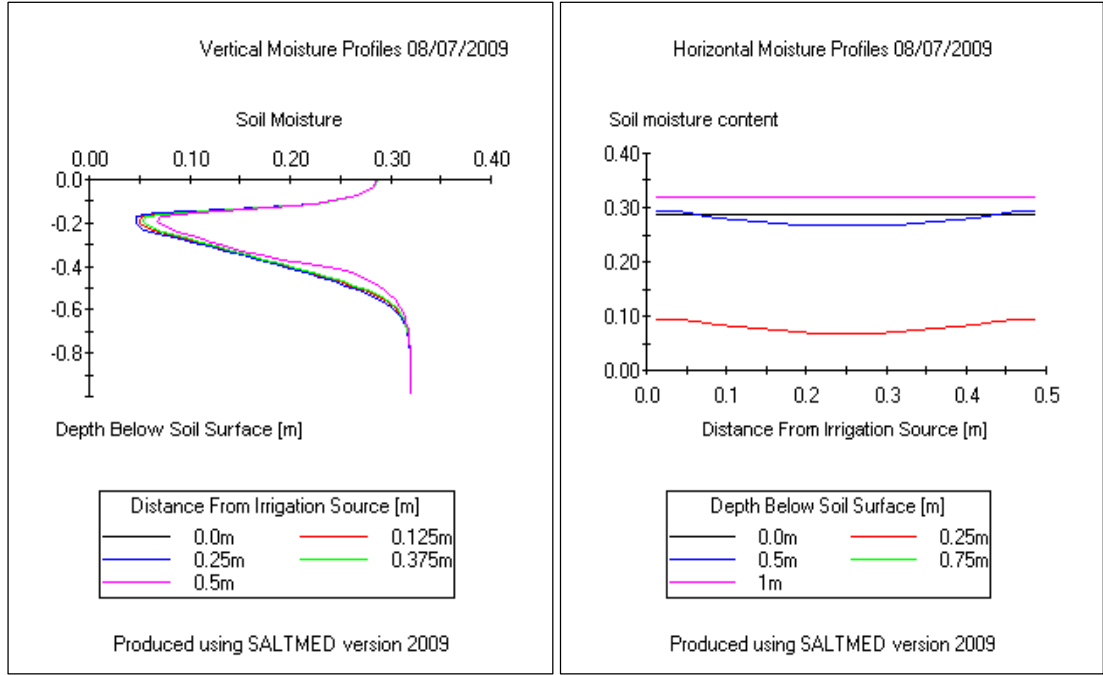
Ek Şekil 22. PRD Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Verim ve Toprakтан Günlük Su Alımı



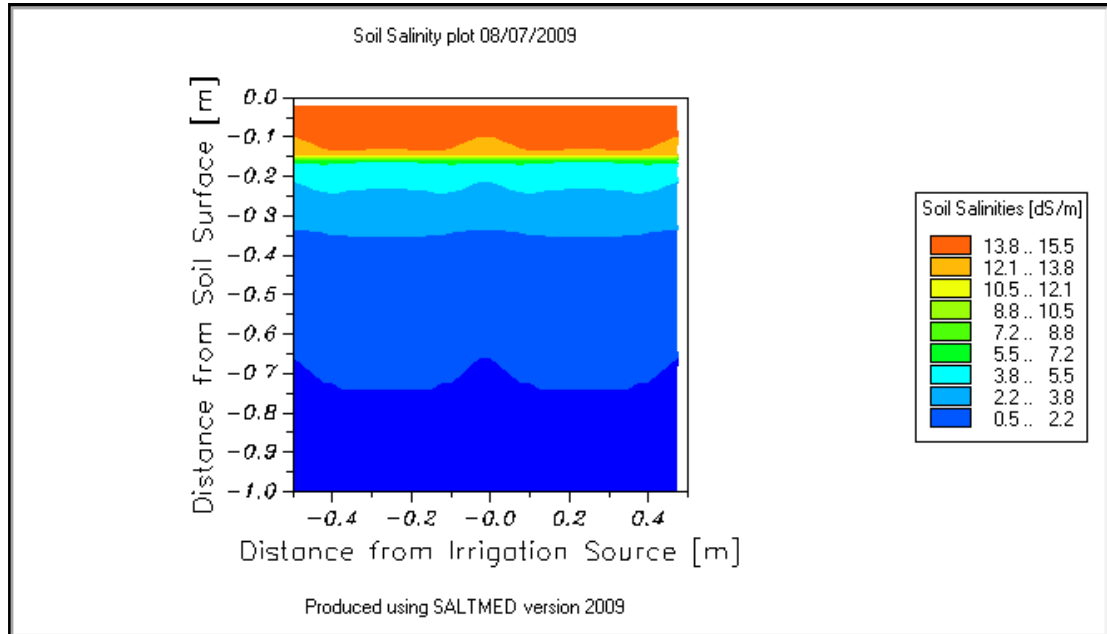
Ek Şekil 23. FIS Konusunda Uygulanan Sulamalar ve Toplam Sulama Suyu Miktarının SALTMED Modeli ile Grafikselleştirilmesi



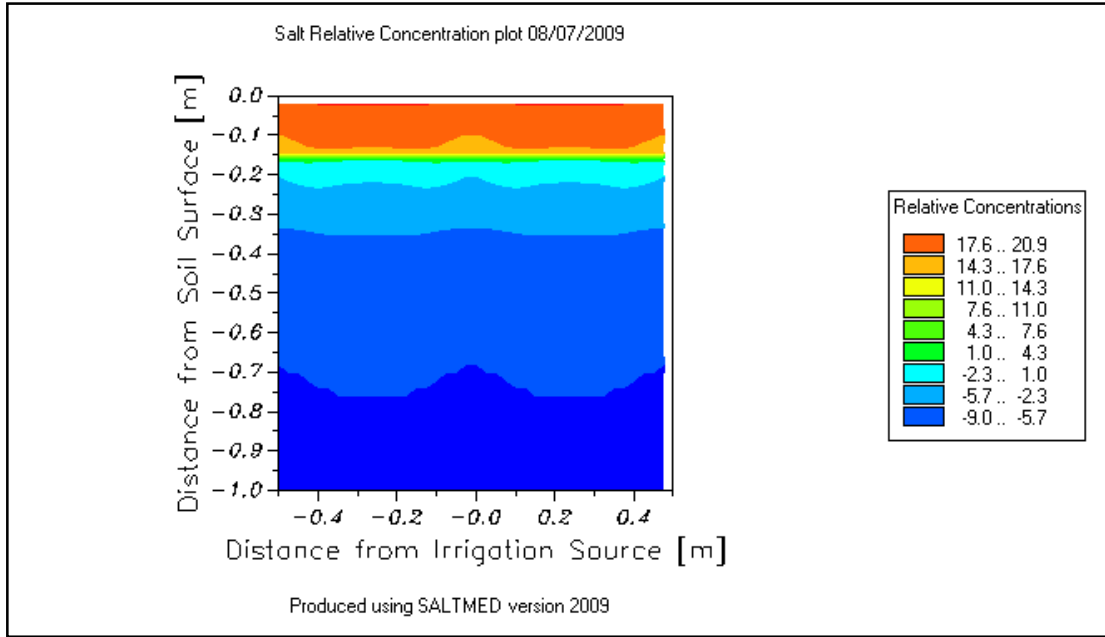
Ek Şekil 24. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Toprak Nemi



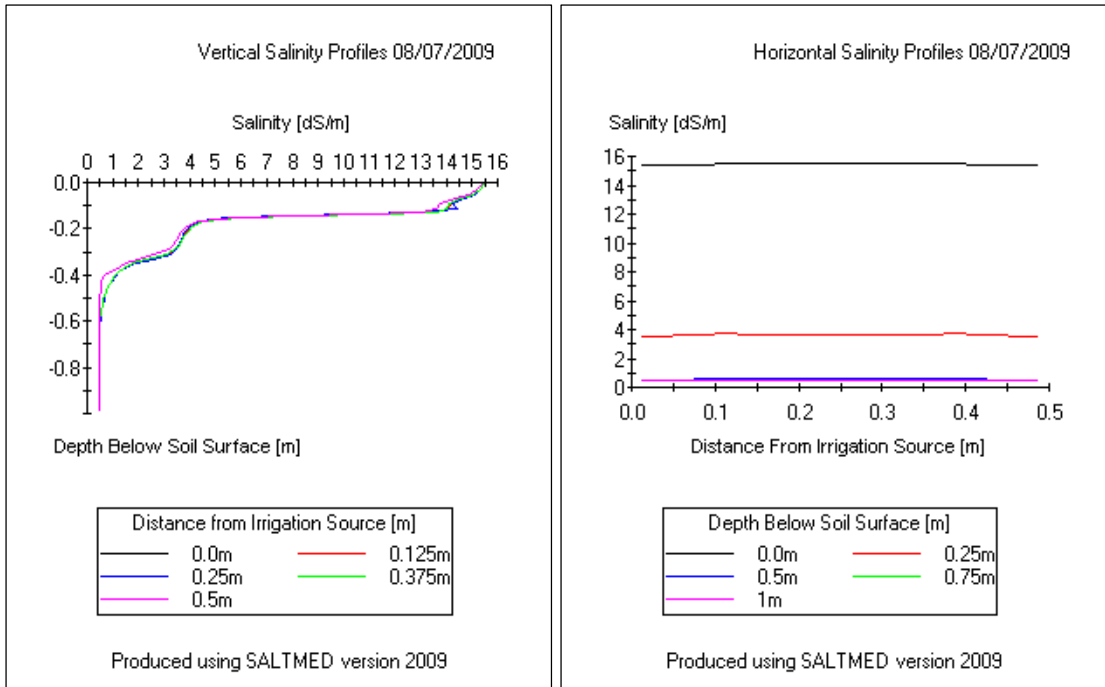
Ek Şekil 25. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasattaki Düşey ve Yatay Yönde Toprak Su İçeriği



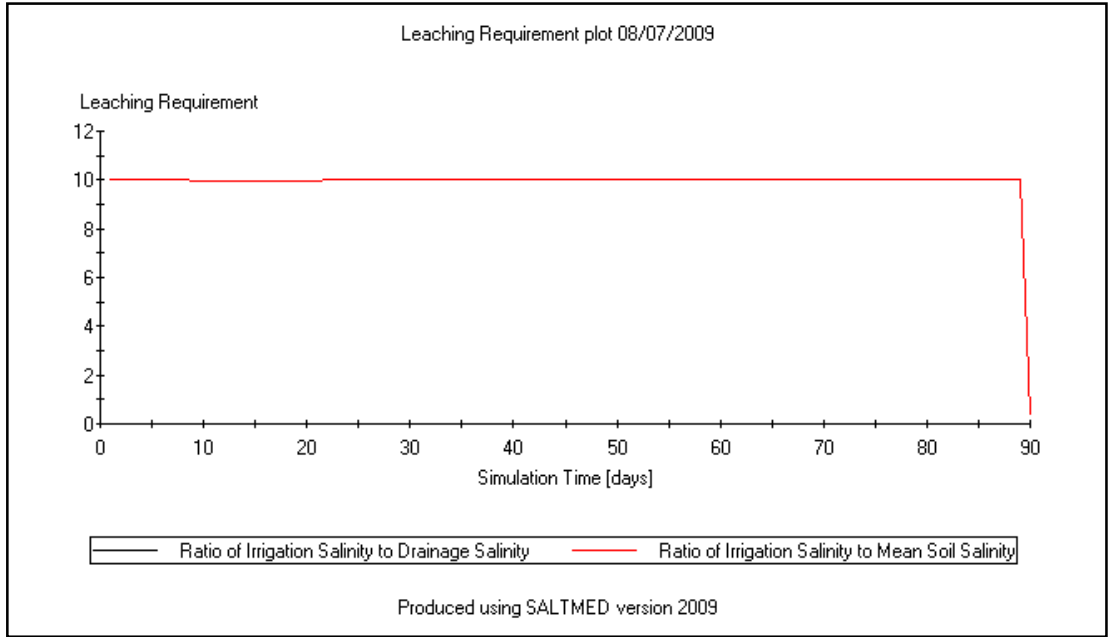
Ek Şekil 26. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Tuz Dağılımı



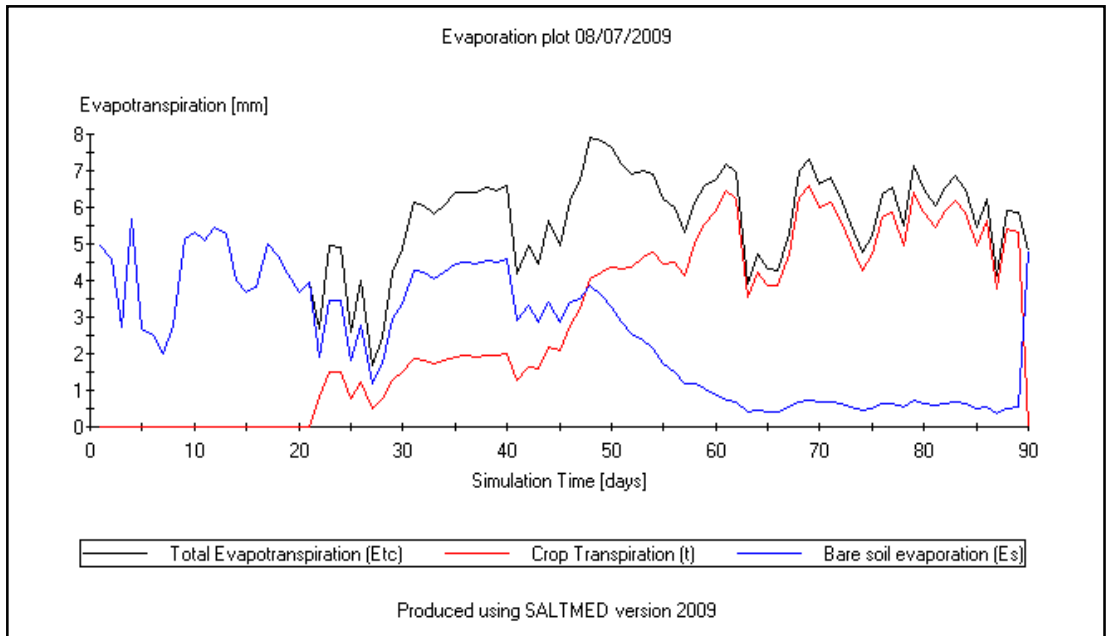
Ek Şekil 27. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Topraktaki Oransal Tuz Konsantrasyonu



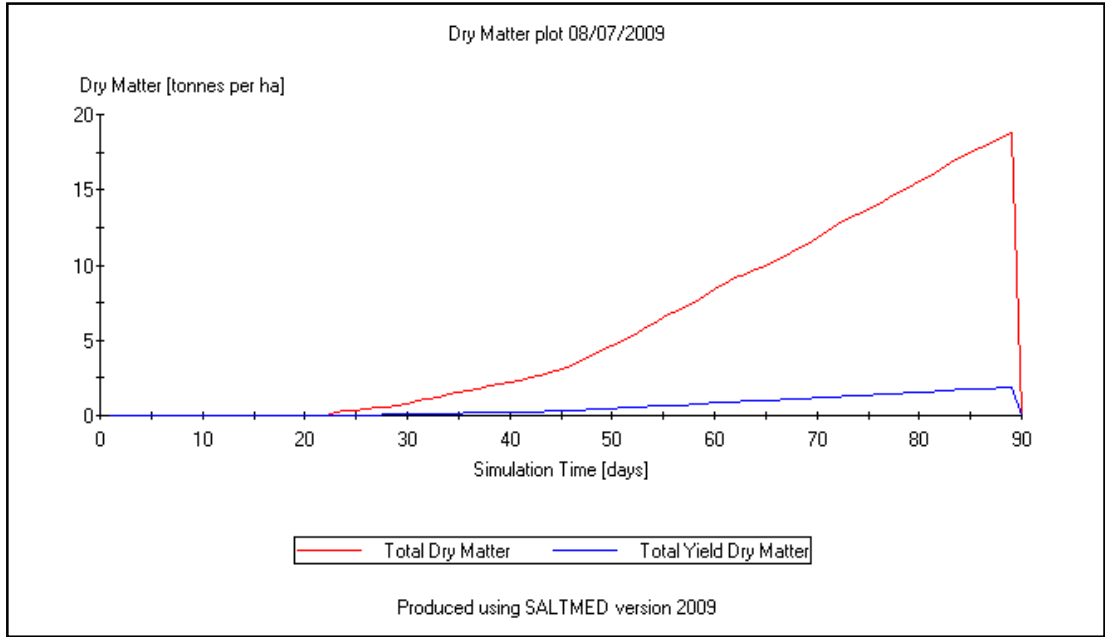
Ek Şekil 28. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Hasatta Düşey ve Yatay Yönde Topraktaki Tuz Dağılımı



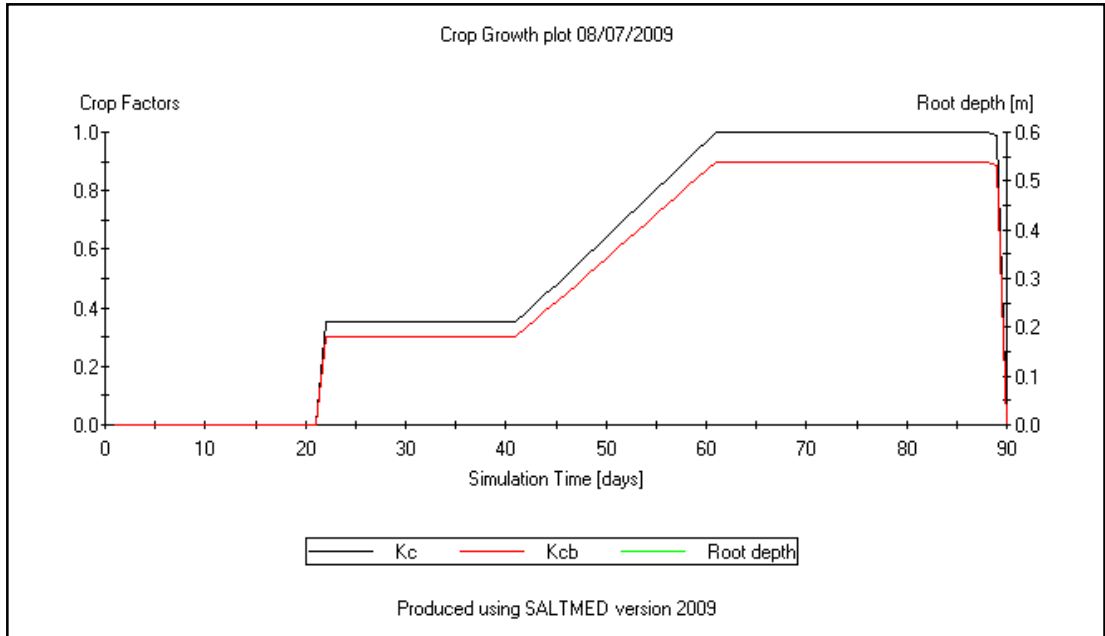
Ek Şekil 29. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Büyüme Mevsimi Boyunca Yıkama Gereksinimi



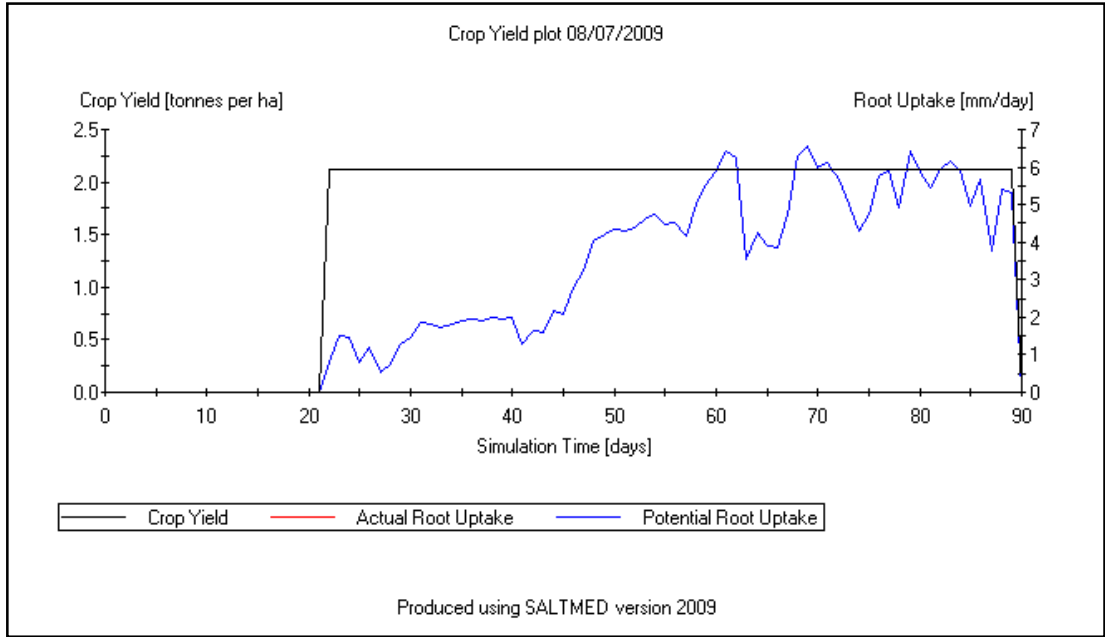
Ek Şekil 30. FIS Konusu için SALTMED Modeli ile Kestirilen Terleme, Buharlaştırma ve Bitki Su Tüketiminin (ET) Zamana Göre Değişimi



Ek Şekil 31. FIS Konusu için SALT MED Modeli ile Kestirilen Kuru Madde Veriminin Zamana Göre Değişimi



Ek Şekil 32. FIS Konusu için SALT MED Modeli ile Kestirilen Bitki Katsayısı (Kc), Bazal Bitki Katsayısı (Kcb) ve Kök Derinliği Gelişimi



Ek Şekil 33. FIS Konusu için SALTMed Modeli ile Kestirilen Verim ve Toprakta n Günlük Su Alımı



Ek Çizelge 1. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Quinoa Bitki Boyları ve Aralarındaki Farklar

Tarih	BITKİ BOYU (cm)															
	FITF				DI				PRD				FTS			
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %
10.04.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.05.09	22	24	-2	-9.1	22	24	-2	-9.1	22	24	-2	-9.1	22	24	-2	-9.1
20.05.09	54	24	30	55.6	48	24	24	50.0	49	24	25	51.0	49	24	25	51.0
27.05.09	87	65	22	25.3	85	65	20	23.5	92	65	27	29.3	98	65	33	33.7
02.06.09	115	101	14	12.2	106	101	5	4.7	111	101	10	9.0	120	101	19	15.8
10.06.09	126	142	-16	-12.7	112	142	-30	-26.8	112	142	-30	-26.8	123	142	-19	-15.4
17.06.09	130	142	-12	-9.2	113	142	-29	-25.7	116	142	-26	-22.4	127	142	-15	-11.8
24.06.09	130	142	-12	-9.2	113	142	-29	-25.7	116	142	-26	-22.4	127	142	-15	-11.8

Ek Çizelge 2. Deneme Konularına İlişkin Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Quinoa Bitkisi Yaprak Alan İndeksleri ve Aralarındaki Farklar

Tarih	Yaprak Alan İndeksi (LAD)																				
	FIF					DI					PRD					FTS					
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark %	Ölçülen	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark %	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark %	
10.04.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14.05.09	0.7	0.7	0	0.7	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	
20.05.09	1.4	0.7	0.7	1.4	50.0	1.4	0.7	0.7	1.4	50.0	1.4	0.7	0.7	0.7	1.4	0.7	1.4	0.7	0.7	50.0	
27.05.09	3.3	2.0	1.3	2.6	39.4	2.6	2.0	0.6	2.6	23.1	2.5	2.0	0.5	2.0	2.8	2.0	2.8	2.0	2.0	0.8	28.6
02.06.09	4.5	3.2	1.3	3.0	28.9	3.0	3.2	-0.2	3.0	-6.7	2.8	3.2	-0.4	3.2	3.9	3.2	3.9	3.2	3.2	0.7	17.9
10.06.09	3.3	4.5	-1.2	2.2	-36.4	2.2	4.5	-2.3	2.2	-104.5	2.1	4.5	-2.4	4.5	2.5	4.5	2.5	4.5	4.5	-2	-80.0
17.06.09	2.2	4.5	-2.3	1.8	-104.5	1.8	4.5	-2.7	1.8	-150.0	1.8	4.5	-2.7	4.5	1.7	4.5	1.7	4.5	4.5	-2.8	-164.7

Ek Çizelge 3. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Vejetatif Gelişme Döneminde Toprak Profilineki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri

Toprak Derinliği (cm)	Toprak Tuzluluk Değerleri, EC <sub>e</sub> (dS/m)			
	Vejetatif Gelişme Dönemi (27.05.2009)			
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %
0-10	0.483	2.978	-2.495	-516.6
10-20	1.645	0.530	1.115	67.8
20-30	0.449	0.500	-0.051	-11.4
30-60	0.676	0.500	0.176	26.0
60-90	0.479	0.500	-0.021	-4.4

Ek Çizelge 4. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Çiçeklenme Döneminde Toprak Profilineki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri

Toprak Derinliği (cm)	Toprak Tuzluluk Değerleri, EC <sub>e</sub> (dS/m)			
	Çiçeklenme Dönemi (02.06.2009)			
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %
0-10	3.410	3.199	0.211	6.2
10-20	1.392	0.590	0.802	57.6
20-30	1.038	0.500	0.538	51.8
30-60	2.240	0.500	1.740	77.7
60-90	0.377	0.500	-0.123	-32.6

Ek Çizelge 5. FIS Konusunda Quinoa Bitkisinin Dane Dolumu Döneminde Toprak Profilineki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri

Toprak Derinliği (cm)	Toprak Tuzluluk Değerleri, EC <sub>e</sub> (dS/m)			
	Dane Dolumu Dönemi (17.06.2009)			
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %
0-10	6.980	8.573	-1.593	-22.8
10-20	3.640	1.525	2.115	58.1
20-30	1.916	0.749	1.167	60.9
30-60	0.844	0.543	0.301	35.7
60-90	0.552	0.500	0.052	9.4

Ek Çizelge 6. FIS Konusunda Hasatta Sıra Üzerinde Toprak Profilineki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri

Toprak Derinliği (cm)	Toprak Tuzluluk Değerleri, EC <sub>e</sub> (dS/m)			
	Hasat, Sıra Üzeri (08.07.2009)			
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %
0-10	8.333	14.728	-6.395	-76.7
10-20	7.023	8.150	-1.127	-16.0
20-30	3.358	3.466	-0.108	-3.2
30-60	1.967	0.894	1.073	54.6
60-90	0.993	0.500	0.493	49.6

Ek Çizelge 7. FIS Konusunda Hasatta Sıra Arasında Toprak Profilineki Ölçülen ve SALTMED Modeli ile Kestirilen Tuzluluk Değerleri

Toprak Derinliği (cm)	Toprak Tuzluluk Değerleri, EC <sub>e</sub> (dS/m)			
	Hasat Sıra Arası 08.07.2009			
	Ölçülen	Tahmin Edilen	Fark	Fark %
0-10	3.130	14.972	-11.842	-378.3
10-20	3.411	8.250	-4.839	-141.9
20-30	2.209	3.646	-1.437	-65.1
30-60	1.502	1.180	0.322	21.4
60-90	1.351	0.500	0.851	63.0