



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAKLIK VE KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE  
ADAPTASYONDA YENİ YAKLAŞIMLAR: YÜZEY VE  
YÜZEYALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMLERİYLE  
UYGULANAN FARKLI KISINTILI SULAMA  
STRATEJİLERİNİN AMARANT (*Amaranthus cruentus*)  
BİTKİSİNİN VERİM, VERİM BİLEŞENLERİ VE SU  
KULLANIM RANDİMANLARI ÜZERİNE ETKİLERİ**

**ENGİN GÖNEN**

**DOKTORA TEZİ**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAKLIK VE KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE  
ADAPTASYONDA YENİ YAKLAŞIMLAR: YÜZEY VE  
YÜZEYALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMLERİYLE  
UYGULANAN FARKLI KISINTILI SULAMA  
STRATEJİLERİNİN AMARANT (*Amaranthus cruentus*)  
BİTKİSİNİN VERİM VE SU KULLANIM  
RANDİMANLARI ÜZERİNE ETKİLERİ**

**ENGİN GÖNEN**

**Bu tez,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında**

**DOKTORA**

**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Engin GÖNEN tarafından hazırlanan “Kuraklık ve Küresel İklim Değişikliğine Adaptasyonda Yeni Yaklaşımlar: Yüzey ve Yüzealtı Damla Sulama Yöntemleriyle Uygulanan Farklı Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Amarant (*Amaranthus cruentus*) Bitkisinin Verim, Verim Bileşenleri ve Su Kullanım Randımanları Üzerine Etkileri” adlı bu tez, jürimiz tarafından 28/04/2020 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ (DANIŞMAN) .....

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Sertan SESVEREN (ÜYE) .....

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa KIZILŞİMŞEK (ÜYE) .....

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (ÜYE) .....

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT (ÜYE) .....

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Engin GÖNEN



Bu çalışma TÜBİTAK-TOVAG tarafından 1001 projeleri kapsamında 1180832 proje no ile desteklenmiştir.

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

**KURAKLIK VE KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ADAPTASYONDA YENİ  
YAKLAŞIMLAR: YÜZEY VE YÜZEYALTI DAMLA YÖNTEMLERİYLE  
UYGULANAN FARKLI KISINTILI SULAMA STRATEJİLERİNİN AMARANT  
(*Amaranthus cruentus*) BİTKİSİNİN VERİM, VERİM BİLEŞENLERİ VE SU  
KULLANIM RANDIMANLARI ÜZERİNE ETKİLERİ  
(DOKTORA TEZİ)**

**Engin GÖNEN**

**ÖZET**

Su ve tuz stresine dayanıklı olan sebze, tahıl ve yem olarak kullanılabilen, FAO tarafından gelecek yüzyılda gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik bitkilerden olan Amaranat bitkisinin yetiştirilme olanaklarının araştırılması ülkemiz açısından son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı Akdeniz iklim koşullarında, yüzey ve yüzeyaltı damla yöntemleriye uygulanan farklı sulama rejimlerinin tahıl olarak yetiştirilen amarant bitkisinde su-verim ilişkilerinin belirlenmesi, uygun kısıntılı sulama stratejilerinin saptanması, daha yüksek verim sağlayacak sulama rejimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma 2018 ve 2019 yılı üretim sezonunda Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Lokasyonunda yürütülmüştür. Araştırmada yüzey damla (YD) ve yüzeyaltı damla (YAD) sulama metotları; beş farklı sulama rejimi (Tam sulama, TS; geleneksel kısıntılı sulama, KS75, KS50, KS25; planlanmış kısıntılı sulama, RDI) ve sulanmayan konu, RF. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseni şeklinde dört yinelemeli olarak test edilmiştir. Toprak su içerikleri Time Domain Reflectometry (TDR) yöntemiyle takip edilmiştir. Amaranat bitkisinde hem sulama yöntemlerinin hem de stratejilerinin tane verimi üzerine etkileri 0.01 önem düzeyinde farklı bulunmuştur. Her iki sulama yönteminde de en yüksek tane verimi, tam sulama konularında gözlemlenirken, bunları planlanmış kısıntılı sulama konuları izlemiştir. YAD yöntemi ile elde edilen bitki su tüketiminin, YAD yönteminin, YD yöntemine göre %20 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Çukurova koşullarında, her iki sulama yönteminde en yüksek su kullanım randımanı planlanmış kısıntılı konularından elde edilmiştir. Yaprak su potansiyeli (YSP) en yüksek değerleri, her iki sulama yönteminde de su stresi çekmeyen sulama konularında ölçülmüştür. Araştırmada, YSP ile tane verim arasında istatistiksel olarak önemli doğrusal ilişkiler saptanmıştır. Bu durum YSP değerlerinin sulama programlamasında kullanılabileceğini göstermiştir. Her iki sulama yönteminde, uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki boyu, yaprak alan indeksi ve kuru

madde verimi değerleri de artmıştır. Farklı sulama konularında en yüksek net gelir YADTS ve YDTS konularında elde edilmiştir. Genel olarak azalan sulama suyu ile net gelirden azalma meydana gelmiştir. Yapılan alışma sonucunda, yzzeyaltı damla sulama ynteminin yzzey damla yntemine göre su tasarrufu açısından daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Mümkün olduğu koşullarda tam sulama, suyun kısıtlı olduğu koşullarda ise planlanmış kısıntılı sulama seçeneği önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Amarant bitkisi, Yzzey damla sulama, Yzzeyaltı damla sulama, Su tasarrufu stratejileri, Su kullanım etkinliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Nisan / 2020

Danışman: Prof. Dr. ağatay TANRIVERDİ

Sayfa sayısı: 130

**NEW APPROACHES FOR ADAPTATION TO DROUGHT AND GLOBAL  
CLIMATE CHANGE: EFFECTS OF DIFFERENT DEFICIT IRRIGATION  
STRATEGIES APPLIED WITH SUBSURFACE AND SURFACE DRIP SYSTEMS ON  
YIELD, YIELD COMPONENTS AND WATER USE EFFICIENCY OF AMARANTH**

*(Amaranthus Cruentus)*

**Engin GÖNEN**

**ABSTRACT**

Turkey needs to investigate the growing possibilities of the Amaranth plant, which is resistant to water and salt stress. Amaranth can be used as both cereal and feed, and is one of the plants aimed at ensuring food safety by FAO in the next century. This study aims to determine the water-yield relationships, appropriate constrained irrigation strategies, and the irrigation regimes to provide higher yields in the Mediterranean climate conditions. Water and yield relationships of different irrigation regimes applied to the surface and subsurface drip methods. The study was carried out in the Alata Horticultural Research Institute Directorate, Tarsus Soil and Water Resources Research Location during the 2018 and 2019 production season. In the study, surface drip (SDI) and subsurface drip (SSDI) irrigation methods were tested for five different irrigation regimes (Full irrigation, traditionally constrained irrigation, planned constrained irrigation, and non-irrigated subject RF) randomized parcels in four blocks as a trial pattern. Soil water contents were monitored by Time Domain Reflectometry (TDR) method. In the Amaranth plant, the effects of both irrigation methods and their strategies on grain yield were different at the 0.01 significance level. In both irrigation methods, the highest grain yield was observed in full irrigation issues, followed by planned restricted irrigation issues. It has been determined that the water consumption of the plant obtained by the SSDI method is 20% less than that of the SDI method. In Çukurova conditions, the highest water use efficiency in both irrigation methods was obtained from planned constrained issues. The highest values of leaf water potential (LWP) were measured in irrigation subjects that did not suffer water stress in both irrigation methods. In the study, statistically significant linear relationships were determined between YSP and grain yield. This situation showed that LWP values could be used in irrigation programming. In both irrigation methods, as the amount of irrigation water applied increased, the plant height, leaf area index, and dry matter yield values also increased. The highest net income of different irrigation subjects was obtained in SSDI-FI and SDI-FI. In general, net income decreased by decreasing irrigation water. As a result of the study, it has been determined that the subsurface drip irrigation method is more advantageous in terms of water-saving than the surface drip method. Whenever possible, full irrigation is recommended, and when water is limited, planned restricted irrigation is recommended.

**Key Words:** Amaranth, Surface drip irrigation, Subsurface drip irrigation, Water saving strategies, Water use efficiency

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Biosystem Engineering April/2020

Supervisor: Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ

Page number: 130





## TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında engin bilgilerinden yararlandığım, desteğini ve sabrını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ'ye saygı ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Görüş ve önerileri ile çalışmama katkıda bulunan Tez İzleme Komitesinde yer alan Prof. Dr. Mustafa KIZILŞİMŞEK ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sertan SESVEREN'e; tez savunmasında verdikleri desteklerden Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ ve Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımız süresince engin bilgilerinden yararlandığım ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Attila YAZAR'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her türlü desteği veren Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında benimle birlikte özveriyle çalışan değerli arkadaşlarım Dr. Yeşim BOZKURT ÇOLAK, Mete ÖZFİDANER ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Mehmet SOLAK'a içtenlikle teşekkür ederim.

Daima desteğini hissettiğim sevgili eşim Simge GÖNEN'e, mutluluk kaynağım biricik kızım İkra Ada GÖNEN olmak üzere tüm aileme gösterdikleri fedakarlıktan dolayı teşekkür ederim.

Engin GÖNEN

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	4
2.1. Amaranat Bitkisi.....	4
2.2. Yüzey ve Yüzeyaltı Damla Sulama Yöntemi.....	13
2.3. Yaprak Su Potansiyeli ve Klorofil İçeriği .....	15
2.4. Time Domain Reflectometry (TDR) Yöntemiyle Toprak Su İçeriğinin Belirlenmesi..	17
3. MATERYAL ve METOT.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Araştırma yerinin tanımı .....	19
3.1.2. Araştırmada kullanılan bitki çeşidi ve özellikleri .....	19
3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri.....	20
3.1.4. Araştırma yerinin toprak özellikleri.....	22
3.1.5. Araştırmada kullanılan sulama suyu .....	23
3.1.6. Damla sulama sistemleri .....	23
3.1.7. Toprak hazırlığı ve fide dikim .....	25
3.1.8. Bakım ve mücadele.....	25
3.2. Metot.....	26
3.2.1. Deneme konuları ve deseni .....	26
3.2.2. Uygulanan sulama suyu miktarı: .....	27
3.2.4. Toprak suyu gözlemleri .....	28
3.2.5. Gübreleme ve fertigasyon programı .....	32
3.2.6. Bitki su tüketimi.....	34
3.2.7. Su kullanım randımanı (WUE) ve Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) .....	34

3.2.8. Verim tepki etmeni, ky .....	35
3.2.9. Yaprak su potansiyeli.....	35
3.2.10. İncelenen bitki özellikler.....	35
3.2.11. Gelişme dönemleri .....	36
3.2.12. Deneme sonuçlarının ekonomik analizi.....	36
3.2.13. İstatistiksel analizler.....	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
4.1. Amarant Bitkisinin Gelişme Dönemleri .....	38
4.2. Uygulanan Sulama Suyu Miktarları .....	41
4.3. Toprak Su İçeriği .....	44
4.4. Bitki Su Tüketimi .....	52
4.5. Verim .....	53
4.6. Amarant Tane Veriminin Sulama Suyu Miktarı ile İlişkisi.....	57
4.7. Tane Verimi - Bitki Su Tüketimi İlişkisi.....	59
4.8. Su Kullanım Randımanı ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı.....	60
4.9. Verim Tepki Etmeni (ky) .....	63
4.10. Bitki Boyu Bulguları .....	65
4.11. Yaprak Alan İndeksi Bulguları (YAI) .....	68
4.12. Kuru Madde Miktarı (Biyomas) .....	72
4.13. Salkım Uzunluğu .....	75
4.14 Hasat İndeksi .....	76
4.15. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) .....	78
4.16. Yaprak Su Potansiyeli-Tane Verim Arasındaki İlişki .....	81
4.17. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Biyomas İlişkisi .....	82
4.18. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Yaprak Alan İndeksi (YAI) İlişkisi .....	83
4.19. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Salkım Uzunluğu İlişkisi .....	84
4.20. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Bitki Su Tüketim İlişkisi.....	86
4.21. Klorofil İçeriği.....	87
4.22. Klorofil İçeriği- Tane Verim İlişkisi .....	90
4.23. Klorofil İçeriği- Maksimum Yaprak Alan İndeksi (LAI) İlişkisi.....	91
4.24. Klorofil İçeriği- Kuru Madde Miktarı (Biyomas) İlişkisi .....	92
4.25. Klorofil İçeriği- Salkım Uzunluğu İlişkisi.....	93
4.26. Klorofil İçeriği- Bitki Su Tüketimi İlişkisi.....	94
4.27. Klorofil İçeriği ile Yaprak Su Potansiyeli Arasındaki İlişki .....	95
4.28. Deneme Sonuçlarının Ekonomik Analizi .....	96

4.29. Birleştirilmiş Varyans Analizleri.....	100
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	101
KAYNAKLAR.....	105
EKLER .....	116
ÖZGEÇMİŞ .....	127



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>°C</b>	: Santigrad derece
<b>Ca<sup>++</sup></b>	: Kalsiyum
<b>Cl<sup>-</sup></b>	: Klor
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>cm<sup>2</sup></b>	: Santimetrekare
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>da</b>	: Dekar
<b>DSG:</b>	: Dikimden sonraki günler
<b>EC</b>	: Elektriksel iletkenlik
<b>ET</b>	: Evapotranspirasyon, bitki su tüketimi
<b>ET<sub>0</sub></b>	: Mevsimlik potansiyel evapotranspirasyon
<b>FAO</b>	: Gıda ve Tarım Örgütü
<b>g</b>	: Gram
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	: Bikarbonat
<b>K<sup>+</sup></b>	: Potasyum
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kPa</b>	: Kilopascal
<b>KS</b>	: Kısıntılı sulama
<b>ky</b>	: Verim tepki etmeni
<b>L</b>	: Litre
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>MPa</b>	: Megapaskal
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>N</b>	: Azot
<b>TDR</b>	: Time Domain Reflectometry
<b>YAI:</b>	: Yaprak alan indeksi
<b>YAD</b>	: Yüzeyaltı Damla Sulama
<b>YD</b>	: Yüzey damla sulama
<b>YSP</b>	: Yaprak su potansiyeli

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Deneme alanının yeri .....	19
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan A <sub>2</sub> Amarant çeşidi ve tohumu .....	20
Şekil 3.3. Araziyi temsil eden noktalardan toprak örneklerinin alınması .....	23
Şekil 3.4. Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin araziye yerleştirilmesi.....	24
Şekil 3.5. Toprak hazırlığı ve fidelerin dikilmesi.....	25
Şekil 3.6. Deneme parsellerinin yerleşim planı.....	27
Şekil 3.7. Bir deneme parselinin ayrıntılı şematik görünümü.....	27
Şekil 3.8. Toprak nem sensörlerinin yerleştirilmesi ve verilerin data loggerda derlenmesi ....	30
Şekil 3.9. Toprak nem sensörlerinin kalibrasyon işlemleri .....	31
Şekil 3.10. Kalibrasyon eğrisi ve denklemi (15 cm).....	32
Şekil 3.11. Kalibrasyon eğrisi ve denklemi (45 cm) .....	32
Şekil 3.12. İşletme birimi ve fertigasyon uygulaması .....	33
Şekil 4.1. Amarant bitkisi gelişme dönemleri (2018) .....	39
Şekil 4.2. Amarant bitkisi gelişme dönemleri (2019) .....	40
Şekil 4.3. YD konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018).....	45
Şekil 4.4. YAD sulama konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018) .....	46
Şekil 4.5. YD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018) .....	47
Şekil 4.6. YAD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018) .....	48
Şekil 4.7. YD sulama konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019) .....	49
Şekil 4.8. YAD sulama konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019) .....	50
Şekil 4.9. YD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019) .....	51
Şekil 4.10. YAD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019) .....	52
Şekil 4.11. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile sulama suyu miktarı arasındaki ilişkiler (2018) .....	58
Şekil 4.12. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile sulama suyu miktarı arasındaki ilişkiler (2019) .....	58
Şekil 4.13. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile ET arasındaki ilişkiler (2018).....	59
Şekli 4.15. Birleştirilmiş verim tepki etmeni (ky) değerleri (2018).....	63
Şekli 4.16. YD ve YAD sulama konuları için verim tepki etmeni (ky) değerleri (2018) .....	64
Şekli 4.17. Birleştirilmiş verim tepki etmeni (ky) değerleri (2019).....	64
Şekli 4.18. YD ve YAD sulama konuları için verim tepki etmeni (ky) değerleri (2019) .....	65
Şekil 4.19. YD sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2018) .....	65
Şekil 4.20. YAD damla sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2018).....	66
Şekil 4.21. YD sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2019) .....	67
Şekil 4.22. YAD sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2019) .....	67
Şekil 4.23. YD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2018).....	69
Şekil 4.24. YAD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2018).....	69
Şekil 4.25. YD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2019).....	70

Şekil 4.26. YAD sulama konularında YAİ değerlerinin zamansal değişimi (2019).....	71
Şekil 4.27. YD ve YAD sulama yöntemi-kuru madde miktarı (2018) .....	73
Şekil 4.28. YD ve YAD sulama yöntemi-kuru madde miktarı (2019) .....	73
Şekil 4.29. YD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2018).....	78
Şekil 4.30. YAD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2018).....	79
Şekil 4.31. YD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2019).....	80
Şekil 4.32. YAD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2019).....	80
Şekil 4.33. YSP ile verim arasındaki ilişki (2018).....	81
Şekil 4.34. YSP ile verim arasındaki ilişki (2019).....	82
Şekil 4.35. YSP ile biyomas arasındaki ilişki (2018).....	83
Şekil 4.36. YSP ile biyomas arasındaki ilişki (2019).....	83
Şekil 4.37. YSP ile YAİ arasındaki ilişki (2018) .....	84
Şekil 4.38. YSP ile YAİ ilişki (2019).....	84
Şekil 4.39. YSP ile salkım uzunluğu arasındaki ilişki (2018).....	85
Şekil 4.40. YSP ile salkım uzunluğu arasındaki ilişki (2019).....	85
Şekil 4.41. YSP ile ET arasındaki ilişki (2018) .....	86
Şekil 4.42. YSP ile ET arasındaki ilişki (2019) .....	87
Şekil 4.43. YD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2018).....	88
Şekil 4.44. YAD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2018).....	88
Şekil 4.45. YD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2019).....	89
Şekil 4.46. YAD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2019).....	89
Şekil 4.47. Klorofil içeriği ile verim arasındaki ilişkisi (2018).....	90
Şekil 4.48. Klorofil içeriği ile verim arasındaki ilişkisi (2019).....	91
Şekil 4.49. Klorofil içeriği ile YAİ arasındaki ilişki (2018) .....	91
Şekil 4.50. Klorofil içeriği ile YAİ arasındaki ilişki (2019) .....	92
Şekil 4.51. Klorofil içeriği ile Biyomas arasındaki ilişki (2018) .....	92
Şekil 4.52. Klorofil içeriği ile Biyomas arasındaki ilişki (2019) .....	93
Şekil 4.53 Klorofil içeriği ile salkım uzunluğu ilişkisi (2018).....	93
Şekil 4.54 Klorofil içeriği ile salkım uzunluğu ilişkisi (2019).....	94
Şekil 4.55 Klorofil içeriği ile ET ilişkisi (2018) .....	94
Şekil 4.56 Klorofil içeriği ile ET ilişkisi (2019) .....	95
Şekil 4.57 Klorofil içeriği ile YSP ilişkisi (2018).....	95
Şekil 4.58 Klorofil içeriği ile YSP ilişkisi (2019).....	96
Ek Şekil 1. YD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018) .....	123
Ek Şekil 2. YAD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018) .....	123
Ek Şekil 1. YD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018) .....	124
Ek Şekil 1. YAD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018) .....	124
Ek Şekil 5. YD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019) .....	125
Ek Şekil 6. YAD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019) .....	125
Ek Şekil 7. YD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019) .....	126
Ek Şekil 8. YAD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019) .....	126

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. ABKAEM Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Şubesi Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık, 2018 ve 2019 iklim verileri.....	21
Çizelge 3.2. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	22
Çizelge 3.3. Deneme yeri topraklarının bazı kimyasal özellikleri.....	22
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.1 Sulama yöntemi ve konularına göre amarant bitkisinin bazı gelişim dönemleri (2018).....	39
Çizelge 4.2 Sulama yöntemi ve konularına göre amarant bitkisinin bazı gelişim dönemleri (2019).....	40
Çizelge 4.3. YD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2018 yılı).....	42
Çizelge 4.4. YAD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2018 yılı).....	42
Çizelge 4.5. YD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2019 yılı).....	43
Çizelge 4.6. YAD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2019 yılı).....	43
Çizelge 4.7. Araştırmanın birinci yılına ait ET değerleri (2018 yılı).....	52
Çizelge 4.8. Araştırmanın ikinci yılına ait ET değerleri (2019 yılı).....	53
Çizelge 4.9. Araştırma yıllarında deneme konularında ortalama amarant tane verimleri.....	54
Çizelge 4.10. Farklı sulama yöntemi ve sulama konularının verime ilişkin LSD gruplandırması (2018).....	55
Çizelge 4.11. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin verime ilişkin LSD gruplandırması (2019).....	56
Çizelge 4.12. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin WUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018).....	61
Çizelge 4.13. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin WUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019).....	61
Çizelge 4.14. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin IWUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018).....	62
Çizelge 4.15 Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin IWUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019).....	62
Çizelge 4.16. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin bitki boyuna ilişkin LSD gruplandırması (2018).....	66
Çizelge 4.17. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin bitki boyuna ilişkin LSD gruplandırması (2019).....	68
Çizelge 4.18. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin maksimum YAI değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018).....	70
Çizelge 4.19. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin maksimum YAI değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019).....	71
Çizelge 4.20. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin kuru madde miktarı değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018).....	74
Çizelge 4.21. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin kuru madde miktarı değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019).....	74



Çizelge 4.22. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin salkım uzunluğu değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018) .....	75
Çizelge 4.23. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin salkım uzunluğu değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019) .....	76
Çizelge 4.24. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin hasat indeksi değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018) .....	77
Çizelge 4.25. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin hasat indeksi değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019) .....	77
Çizelge 4.26. YD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2018) ..	97
Çizelge 4.27. YAD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2018)	98
Çizelge 4.28. YD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2019) ..	99
Çizelge 4.29. YAD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2019) .....	100
Ek Çizelge 1. Amarant verim değerlerine ilişkin varyans analizi (2018) .....	116
Ek Çizelge 2. Amarant verim değerlerine ilişkin varyans analizi (2019) .....	116
Ek Çizelge 3. WUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2018) .....	116
Ek Çizelge 4. WUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2019) .....	116
Ek Çizelge 5. IWUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2018) .....	117
Ek Çizelge 6. IWUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2019) .....	117
Ek Çizelge 7. Bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi (2018) .....	117
Ek Çizelge 8. Bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi (2019) .....	117
Ek Çizelge 9. Maksimum YAI değerlerine ilişkin varyans analizi (2018) .....	118
Ek Çizelge 10. Maksimum YAI değerlerine ilişkin varyans analizi (2019) .....	118
Ek Çizelge 11. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)...	118
Ek Çizelge 12. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)...	118
Ek Çizelge 13. Salkım uzunluğu değerlerine ilişkin varyans analizi (2018) .....	119
Ek Çizelge 14. Salkım uzunluğu değerlerine ilişkin varyans analizi (2019) .....	119
Ek Çizelge 15. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)...	119
Ek Çizelge 16. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)...	119
Ek Çizelge 17. WUE değerlerine ilişkin bileşik analiz tablosu .....	120
Ek Çizelge 18. IWUE değerlerine ilişkin bileşik analiz tablosu .....	120
Ek Çizelge 19. Tane verimlerine ilişkin bileşik analiz tablosu .....	120
Ek Çizelge 20. Bitki boylarına ilişkin bileşik analiz tablosu .....	121
Ek Çizelge 21. Bitki boylarına ilişkin bileşik analiz tablosu .....	121
Ek Çizelge 22. Kuru madde miktarına ilişkin bileşik analiz tablosu .....	121
Ek Çizelge 23. Hasat indeksine ilişkin bileşik analiz tablosu .....	122
Ek Çizelge 24. YAI değerlerine ilişkin bileşik analiz tablosu .....	122

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insan nüfusunun hızla artmasıyla üretime olan talebin artması (Tanrıverdi, 2005) doğal kaynakların hızla kirlenmesi (Hamdy ve ark., 2003), küresel ısınma ve iklim değişikliğinin sebep olduğu kuraklık, yağış miktarı ve dağılımının değişmesi su kaynakları üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır (Huntington, 2006; Şenyiğit ve ark., 2016). Kuraklık, dünyanın Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü tarım alanlarında bitki gelişimini sınırlayan ve bitkisel üretimi azaltan en önemli çevresel faktördür (Baştuğ ve Büyüktaş, 2003; Snyder, 2009; Villegas ve ark., 2010; Clapp ve Helleiner, 2012; Jacobsen ve ark., 2012; Lavini ve ark., 2014; Tanrıverdi ve ark., 2017). Önümüzdeki yıllarda yağışların azalacağı ve sıcaklıkların artacağı dikkate alındığında Akdeniz gibi yarı-kurak bölgelerde su ve enerji tasarrufu sağlamak gerekli olacaktır (Çakmak ve Gökalp, 2013). Su kayıplarını minimum düzeye indiren, çevreyi kirletmeyen, ürün miktarında ve kalitede artış sağlayan basınçlı sulama yöntemleri, özellikle yüzey ve yüzeyaltı damla yöntemlerinin kullanılması kaçınılmaz olacaktır (Ceccarelli ve ark., 2007). Çukurova bölgesinde tarla bitkileri yetiştiriciliği, yüksek düzeyde buharlaşmanın olduğu dönemlerde aşırı su kayıplarına yol açan yüzey sulama yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır (Yazar ve ark., 2009). Ayrıca yağış miktarı ve bu buharlaşmayı karşılayacak su kaynaklarının yetersizliği bitkilerin su stresine maruz kalmasına ve dolayısıyla verimin düşmesine neden olmaktadır (Yazar ve ark., 2002).

Akdeniz tarımının iklim değişikliğine uyumu için; değişen çevre koşullarının olumsuz etkilerini hafifletmek amacıyla a) bitki ekim/dikim zamanlarının değiştirilmesi, b) etkili sulama ve su tasarrufu stratejilerinin kullanılması, c) toprak verimliliği yöntemi ve toprak işleme uygulamalarının azaltılması gibi sürdürülebilir tarım uygulamalarının kullanılması, d) iklim değişikliği sonucunda ortaya çıkan birçok stres faktörlerine dayanıklı kinoa ve amarant gibi alternatif bitkiler veya çeşitleri yaygınlaştırılması gibi önlemler alınmalıdır (Challinor ve ark., 2010, Jacobsen ve ark., 2012; Jacobsen ve ark., 2013). Birçok araştırmacı bu iki bitkinin abiotik stres koşullarına (kuraklık, yüksek sıcaklık ve yüksek ışık yoğunluğu) toleransının yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Pulvento ve ark., 2010, 2012, Cocozza ve ark., 2013; Riccardi ve ark., 2014; Alemayehu ve ark., 2015). Amarant yüksek besin değerleri ve ekstrem iklim ve toprak koşullarına karşı dayanıklı hem sebze hem (Tanrıverdi ve ark., 2018) hem de yem bitkisi olarak kullanılan bir bitkidir (Dumanoğlu ve Geren, 2019). Yanı sıra amarant, kinoa gibi gıda güvenliğini sağlanmasına yönelik bitkilerden birisidir (Jacobsen ve ark., 2013).

Amarant bitkisinde su yönetimi kısıtlı su kaynaklarının optimum kullanımında çok büyük öneme sahip olacaktır (Lamm ve Camp, 2007; Irmak ve ark., 2016) Damla sulama yöntemiyle sulama suyu daha randımanlı ve yüksek üniformite ile uygulanabilmekte, kullanılacak sulama suyundan da önemli ölçüde tasarruf sağlanmakta ve su kullanım randımanı da en üst düzeye çıkmaktadır (Kang ve ark., 2001). Yüzealtı damla sulama yöntemi yüzey damla sulama yönteminde kıyaslandığında buharlaşma kayıplarını en aza indirildiğinden daha da yüksek su tasarrufu sağlamak mümkün olacaktır (Camp, 1998; Ayars ve ark., 2015).

Dünya genelinde tahıl yetiştiriciliğinde sadece birkaç bitki üzerine odaklanılmaktadır. Ancak, bu bitkilerin çok yaygın olarak yetiştirilmesine rağmen küresel gıda güvenliği ve iklim değişikliği etkilerini azaltmada diğer bitkiler göz ardı edilmektedir (Jacobsen ve ark., 2013). Bugün dünyada bitki üretiminin % 75'den fazlası sadece 9 bitkiden sağlanmaktadır. Bunlardan tahıl olarak buğday, çeltik, mısır toplam üretimin yarısından fazlasını oluşturmaktadır (FAO, 2009; Schmitd ve ark., 2010). Seçilen birkaç çeşide güvenmek sürdürülebilir tarım için gelecekte ciddi tehlikelerle karşılaşılmasına neden olabilir (Frison, 2006; Raschke ve Cheema, 2008). Dünyada en çok üretimi yapılan başlıca bitkilerin küresel gıda ihtiyacını karşılayamaması, değişen iklim koşullarında yetiştirilen bu bitkiler üzerine baskıyı azaltmak ve hızla artan dünya nüfusunun gelecekte gıda ihtiyacının güvenilir bir şekilde sağlamak için acil olarak alternatif bitkilerin incelenmesine ihtiyaç vardır (Alemayehu ve ark., 2015; Ramos-Diaz ve ark., 2019). Amarant ve kinoa gibi potansiyel olarak yeteri kadar yararlanılmayan türler bulunmaktadır (Jacobsen ve ark., 2003; Jacobsen, 2003). Ek olarak amarant yüksek genetik çeşitliliği sayesinde marjinal topraklara kolay uyum sağlayabilmektedir (Ecker ve ark., 2010; Emire ve Areg, 2012; Rastogi ve Shukla, 2013). Amarant yüksek sıcaklıklara, kuraklığa, verimsiz topraklara dayanıklı olması ve başlıca hastalık problemlerinin olmaması gibi özelliklere sahip olduğu için çeşitli yetiştirilme koşullarına kolay uyum sağlayabilmektedir (Jacobsen ve ark., 2003a,b). Daha fazlası amarant diğer bitkiler ile karşılaştırıldığında iklim değişikliklerinden daha az etkilenen, beslenme açısından istenen özelliklere sahip güvenilir bir tahıl olarak dikkat çekmektedir (Rastogi ve Shukla, 2013). Amarant bu sayede tarımsal açıdan sorunlu bölgelerdeki kırsal nüfusun gıda ve beslenme ihtiyacını karşılamaya hazır bir bitkidir (Alemayehu ve ark., 2015).

Özellikle, su kaynaklarının kısıtlı olduğu ve kullanılabilir suyun giderek azaldığı ülkemizde farklı bitki su stresi düzeylerinde elde edilecek verim ve kalite, su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde ve yöntem kullanımına karar vermede oldukça önemlidir

(Tanrıverdi ve Değirmenci, 2011). Bu amaçla toprak su içeriğinin doğru bir şekilde belirlenmesi sürdürülebilir toprak ve su kaynaklarının yöntemi açısından oldukça önemlidir. Toprak su içeriğinin belirlenmesinde suyun kütlesinin belirlenmesi prensibine dayanan direkt (gravimetrik) yöntemler veya toprak su içeriğine bağımlı herhangi bir toprak özelliğinin ölçülmesi prensibine dayanan indirekt yöntemler kullanılmaktadır (Payero ve ark., 2006; Zhan ve ark., 2015). Direkt yöntemin en önemli dezavantajı işçilik ve zaman kaybıdır. Gravimetrik toprak nem içeriğinin bir diğer dezavantajı nemin anlık olarak değil belli bir süreç sonucunda (en az bir günlük) ortaya çıkacak olmasıdır. Bu nedenle, birçok araştırmacı indirekt yöntemlerin içinde anlık sonuç alınabilen ve tarlada oluşabilecek tahribatı en aza indirilmesi gibi avantajları olan Time Domain Reflectometry (TDR) aletinin güvenilir ve doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır (Tanrıverdi ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2017; Mu ve ark., 2020).

Yapılan bu çalışmanın amacı Akdeniz bölgesinde tam, geleneksel ve planlanmış kısıntılı sulama stratejileri altında amarant su-verim ilişkilerinin belirlenmesi, bitkiye dayalı sulama programlarının oluşturulması (yaprak su potansiyeli, klorofil) ve birim sulama suyu ile daha fazla kaliteli ürünü verebilecek sulama programlarının saptanması amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca araştırma konularına ilişkin su kullanım randımanı da belirlenmiştir. Ülkemizde amarant bitkisinin su-verim-atmosfer ilişkilerinin araştırıldığı bu çalışma bir ilk özelliği taşımaktadır. Bu konuda Ülkemizde yapılan kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Küresel iklim değişikliğine adaptasyonda önemli adımlardan biri de kuraklığa dayanıklı ve besin değeri yüksek ürünlerin yetiştirilmesidir. Çalışmada, yüzeyaltı ve yüzey damla sulama yöntemi ile farklı sulama programları altında yetiştirilen amarant bitkisinde sulama zamanı planlamasında ve bitki su stresi seviyesinin belirlenmesinde bitki-toprak-atmosfer ölçümlerini kapsayan yeni teknolojiler kullanılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Amaranat Bitkisi

Amarant (*Amaranthus* spp.) C4 fotosentez yoluyla kuraklığa toleranslı (Mlakar ve ark., 2012), tuzluluğa ise orta derece dayanıklı bir bitkidir (Quispe ve ark., 1999, El Yousfi ve ark., 2012). Amaranat tohumları, yüksek protein ve yağ içeriğine sahip olması insan beslenmesi için uygun amino asit yapısını sağladığından oldukça önemlidir (Pospíšil ve ark., 2006). Özellikle lizin içeriği diğer tahıl tohumlarından çok daha yüksektir (Gimplinger ve ark., 2008). Amaranat yüksek besin değerlerine sahip, farklı çevrelere geniş uyum sağlayabilen, marjinal topraklar ve yarı kurak bölgelerde yetiştiriciliği yapılabildiği için umut verici bir bitki olarak kabul edilmektedir (Berghofer ve Schoenlechner, 2002; Mlakar ve ark., 2010).

Dünya’da amaranat Hindistan, Çin, Güneydoğu Asya, Meksika, Güney Amerika And Dağları yaylalarında, ABD’de ve Rusya’da ticari olarak üretimi yapılmaktadır. Tahıl amaçlı amaranat yetiştiriciliğinin en fazla olduğu ülkeler, ABD, Çekya, Avusturya, Slovakya, Almanya, Macaristan, Rusya, Polonya, İtalya ve Slovenya’dır (Berghofer ve Schoenlechner, 2002; Anonim, 2014). Ülkemizde ise tarım amaçlı yetiştiriciliği yapılamamaktadır ancak yabancı ot olarak tarlalarda kendiliğinden yetişmektedir (Ergun ve ark., 2014).

Amarant türleri kendi başına dik durabilen veya yerde sürünen, tüy veya diken taşıyabilen ve boyu 2 m’nin üzerine çıkabilen bitkilerdir (Ergun ve ark., 2014). Amaranat bitki türlerinin gövde yüzeyinde genellikle dikine uzayan küçük oluklar mevcuttur (Anonim, 2010). Tohum amaçlı yetiştirilen türlerde çiçek, yaprak ve gövde renkleri farklılık gösterebilir çoğunlukla kestane rengi veya koyu kırmızı renklerde olmaktadır. Tahıl amaranat kırmızı köklü horozibiği bitkisine benzetilmekte olup aslında birbirlerinden tamamen farklı türlerdir. Tahıl amaranat bitkisi geniş renkli başçıklar taşır ve ayçiçeği gibi sert ve tüylü bir gövdeye sahiptir. Tahıl amaranat bitkileri 1.5 – 2.1 m boyunda, tüylü sert bir gövdeye sahip olup, yaprak boyutları farklılık göstermekle beraber renkleri yeşil, mor veya kırmızı olabilir ve ayrıca yaprak uzun bir yaprak sapı taşımaktadır (O’Brien ve Price, 2008). Tahıl için yetiştirilen bitkilerin taneleri oldukça küçük olup 1 gramında yaklaşık 2000 tohum bulunabilmektedir (Spehar ve ark., 1998; Mlakar ve ark., 2010). Tohumların renkleri, beyaz-gri arasında değişken renklerde (Aufhammer ve ark., 1995; Putnam ve ark., 2014). Amaranat uygun olmayan iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olabilen bir bitkidir ayrıca

kuraklığa yüksek ve tuzluluğa orta tolerans gösterebilmektedir (Jiayi ve ark., 1989; Putnam, 1990; Omami, ve ark., 2006; Abbasi ve ark., 2012).

Amarant gelişimi ışık miktarı ve sıcaklığın artmasıyla paralellik göstermektedir (Anonim, 2010). Tohumların çimlenmesi için 18-25°C toprak sıcaklığına ve 25°C'nin üzerinde hava sıcaklığına ihtiyaç duymaktadır. Düşük sıcaklıklarda ve güneşlenmenin kısa olduğu dönemlerde ise bitkiler hızlı bir şekilde generatif devreye geçtiği için verimde azalmalar meydana gelebilmektedir (Putnam ve ark., 2014).

Amarant tane verimi toprak nemi, toprak yapısı, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, iklim, bitki yoğunluğu, ekim tarihi ve gübre miktarı gibi etkenlere bağlı olarak büyük değişkenlik gösterebilmektedir (Brenner ve ark., 2000; Gimplinger ve ark., 2008). Tane verimi kurak bölgelerde 45-70 kg/da iken sulama yapılan veya yüksek yağış alan bölgelerde ise 90-200 kg/da seviyesine ulaşabilmektedir (Williams ve Brenner, 1995). Dünyanın çeşitli bölgelerinde amarant tane verimi değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

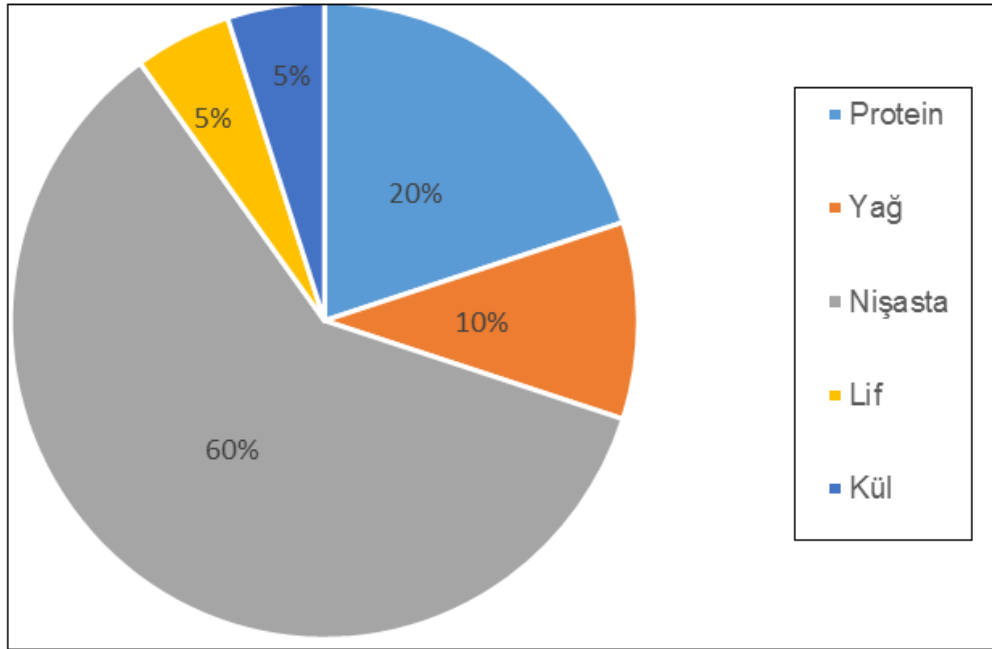
Çizelge 1.1. Dünya'nın çeşitli bölgelerinde yetiştirilen tane amarant verim değerleri

Ülke	Verim (kg/da)	Kaynak
Almanya	210-330	Kaul ve ark., 2005
Amerika	70-500	Myers, 1996
Danimarka	100	Jacobsen ve ark., 2002
Hırvatistan	130-260	Pospasil ve ark., 2006
İtalya	120-670	Alba ve ark., 1997
Kenya	50-150	Brenner ve ark., 2000
Meksika ve Peru	460-720	Brenner ve ark., 2000
Nijerya	40-150	Olaniyi, 2007
Uganda	80-250	Brenner ve ark., 2000

Amarant taneleri düşük karbonhidrat içeriğine sahiptir ve protein, lizin, kalsiyum, demir ve fosfor bakımından mısır, çavdar buğday ve pirinçten daha zengindir (Sakhare ve ark., 2017). Genel olarak tahılların çoğunda bulunmayan lizin ve metionin tahıl amarantının yüksek besin kalitesini daha fazla arttırmaktadır (Caselato-Sousa ve Amaya-Farfan, 2012). Amarant diğer tahıllara göre karşılaştırılması Çizelge 1.2'de verilmiştir. Amarant tanelerinin besin içeriği ayrıca Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. Amaranın diğer tahıllar ile karşılaştırılması (100 g) (Rastogi ve Shukla, 2013)

Tahıl Çeşidi	Amarant	Mısır	Çavdar	Kara Buğday	Pirinç
Protein (%)	145	9	13	12	7
Lizin (%)	0.9	0.25	0.4	0.6	0.4
Karbonhidrat (g)	63	74	73	72	71
Kalsiyum (mg)	162	20	38	33	41
Demir (mg)	10	2	3	3	3.3
Fosfor (mg)	455	256	376	282	372



Şekil 1.1. Amaran tanelerinin besin içeriği (Berghofer ve Schoenlechner, 2002)

Amarant taneleri proteinin sindirilebilirliği yaklaşık olarak % 90 civarındadır ve genelde diğer tahılların az miktarda taşıdığı lizin amino asidi (0.34 g Lys/g N) bakımından oldukça zengindir. Amaranat yine diğer tahılların yeterli miktarda taşımadığı yüksek miktarda kükürtlü triptofan amino asidi içermektedir. Amaranat tohumu iyi bir demir (72-174 ppm), kalsiyum (1300-2850 ppm), sodyum (160-480 ppm), magnezyum (2300-3360 ppm) ve çinko (36.2-40 ppm) kaynağıdır (Becker ve ark., 1981). Ayrıca 100 g amaranat ununda 0.19-0.23 mg riboflavin, 4.5 mg C vitamini, 1.17-1.45 g niyasin, 0.07-0.1 mg tiyamin ve diğer mikro besin elementleri bulunmaktadır (Becker ve ark., 1981). Tohumda bulunan yağların %76'sı

doymamış yağ asitlerinden teşekkül etmekte olup doymuş/doymamış yağ oranı 0.29 ile 0.43 arasında değişmektedir (Becker ve ark., 1981; Plate ve Areas, 2002).

Bitkinin hem fide hem de tohumdan yetiştiriciliği yapılabilir. Tohumların, toprak tekstürüne ve nemine göre en fazla 1.25 cm derinliğe ekilmelidir. Kaymak tabakası oluşan topraklarda çıkış oranı % 50'lere kadar düşebilmektedir (Putnam ve ark., 2014). Tohumları çok küçük olması nedeniyle üniform bir ekim sağlanması zor olabilmektedir. Küçük, hassas fidelerin hızlı çimlenmesi, çıkış göstermesi ve erken büyümesi için yeterli nem şarttır (Anonim, 2010). Fide gelişimi tamamlandıktan sonra amarantın kuraklığa dayanıklılığı oldukça iyidir. Amarant drenaj problemi olan taban suyu yüksek alanlarda yetiştirilmesi zor olan bu problemi tolare edemeyen bir bitkidir. Ayrıca eren fide döneminde yabancı otlarla mücadelede zorlanabilmektedir (Anonim, 2011).

Ekim sıklığı yetiştirime amacına göre farklılık göstermektedir. Sebze olarak yetiştiriciliği yapılacak olan bitkilerin yaprak ve sürgün ucu birden fazla hasat yapıldığı durumlarda bitkiler arası mesafe 15-30 cm olması önerilmiştir (O'Brien ve Price, 2008). Tahıl olarak kullanılacak bitkilerde ise toprak tekstürü ve nemine bağlı olarak 1.2-3.5 kg/ha tohum ekilmesi tavsiye edilmektedir (O'Brien ve Price, 2008). Bitkiler arasında mesafe az olduğu zaman amarant bitkileri yüksek bir rekabete girmekte, bunun neticesinde daha zayıf gelişme gösteren ve küçük tohum başlıkları içeren bitkiler oluşmaktadır (Putnam ve ark., 2014).

Amarant bitkisi gübrelemesinde normal gelişmesi ve büyümesi için en önemli elementlerden birisi azottur. Azot gereksinimi çeşide ve toprak yapısına göre değişmekle beraber dekara 5-20 kg arasında değişmektedir (Anonim, 2010).

Çukurova koşullarında 2008-2013 yılları arasında Avrupa Birliği 7. Çerçeve araştırma projesi (SWUP-MED) kapsamında 5 farklı amarant çeşidinin (A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>14</sub>) adaptasyonu ile ilgili olarak yürütülen çalışmada A<sub>2</sub> ve A<sub>14</sub> çeşitlerinin verim ve verim bileşenleri bakımından diğer çeşitlere kıyasla daha ümitvar çeşitler olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2013).

Patel ve ark. (2005), kumlu tınlı toprak koşullarında dört farklı sulama programı (2, 4, 6 ve 7 kez sulama) ve dört farklı azot dozu (0, 20, 40 ve 60 kg/ha) uygulamasının tane amarantı üzerine etkisini araştırmışlardır. Sulama konularının tane verime üzerine 0.01 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklı olduğunu ve en yüksek verimi 6 kez sulama yapılan konuda elde etmişlerdir. Farklı gübre dozları ile verim arasında doğrusal bir ilişki olduğunu gübre miktarı (0-60 kg/ha) arttıkça verimin arttığını tespit etmişlerdir. Farklı sulama ve gübre dozları



interaksiyonunda en yüksek verimin 6 kez sulama konusunda 60 kg/ha azot dozunda 235 kg/da elde etmişlerdir.

Okunade ve ark. (2009), amarant bitkisinde, dört farklı sulama yönteminin (tava, yağmurlama, damla ve cazibe) yetiştiricilik, verim ve ekonomikliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, Nijerya'nın Obafemi Awolowo Üniversite'sinde yaptıkları çalışmada, amarant verim değerleri damla ve yağmurlama sulama konularının amarant verim değerlerinin tava ve cazibe ile sulanan konulara göre daha yüksek olduğunu; ayrıca, damla sulama konusunda su kullanım randımanının yağmurlamaya göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Lavini ve ark. (2016), İtalya'nın Napoli kentinde abiotik stres (tuzluluk ve kuraklık) koşullarında amarant bitkisinin niceliksel ve niteliksel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada üç farklı sulama konusu ile iki farklı sulama suyu tuzluluk seviyesi birlikte incelenmiştir. Sulama konuları, tam sulama konusu ile tam sulamanın %50'si ve 25'i konuları oluşturmuştur. Tuzluluk seviyeleri ise 0.64 ve 22 dS/m olarak seçilmiştir. Araştırmacılar, %50 kısıntılı sulama konusunda hem sulama hem de tuzlu su uygulamalarında önemli miktarlarda verim azalmaları olmadığını belirtmişlerdir. Kuraklığın artmasıyla kül miktarının azaldığını ancak hem tuzluluğun hem de kuraklığın protein miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Jafari ve ark. (2014), Tebriz Üniversitesi'nde yürüttükleri çalışmalarında farklı sulama suyu miktarının (buharlaştırma kabından eksilen I<sub>1</sub>: 70 ve I<sub>2</sub>: 140 mm su miktarı) ve bitki yoğunluklarının (4, 8 ve 12 bitki/ m<sup>2</sup>) amarant bitkisinin yaprak alanı indeksi, yaprak alan oranı, spesifik yaprak alanı ve yaprak ağırlık oranı üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, farklı sulama suyu miktarı ve bitki yoğunlukları ile yaprak alanı indeksi, yaprak alan oranı, spesifik yaprak alanı ve yaprak ağırlık oranı arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunmuştur. Tüm konularda kısıntılı sulama uygulamaları ile değerlerin azaldığını belirlemişlerdir. Optimum yoğunluk, yaprak alanı indeksi, yaprak alan oranı, spesifik yaprak alanı ve yaprak ağırlık oranı değerlerini arttırmak için tam ve kısıntılı sulama konularında 8 bitki/m<sup>2</sup> konusunu önermişlerdir.

Şelçuk, (2011), Akdeniz iklim koşullarında Adana ilinde 2010 yılında yapılan bir çalışmada sulanan ve sulanmayan farklı amarant genotiplerinin verim ve verim öğelerine etkisini araştırdığı çalışmada tane amarant genotiplerinde tane verimi, verim ve hasat indeksi değerlerinde, yağışa bağlı (sulanan) koşullarda, sulananlara oranla, sırası ile %56, 43 ve 20 düzeyinde düşüşler olduğu saptamıştır. Sulama yapılmayan koşullarda, tane verimi ile tane

ağırlığı, biyolojik verim, hasat indeksi, salkım ağırlığı, sap ağırlığı ve sap kalınlığı ile pozitif, spesifik yaprak ağırlığı ile negatif yönlü önemli korelasyonlar saptanmıştır.

Mlakar ve ark. (2012), sera ortamında G6 amarant çeşidinde yaptıkları çalışmada büyüme mevsimi boyunca kuraklığın, tahıl verimini %51, biyokütle verimini ise %50 azalttığını tespit etmişlerdir. Çiçeklenme döneminde su eksikliğinin büyüme periyodunda önemli olduğunu ve çiçeklenmenin verimi etkilediğini bildirmişlerdir.

Gimplinger ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada farklı bitki yoğunluklarının amarant bitkisinin morfolojik, biyolojik, tane üretimi ve verim üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma 2002, 2004 ve 2005 yıllarında Doğu Avusturya'da yarı kurak bir bölgede gerçekleştirilmiştir. İki farklı amarant çeşidinde (*Amaranthus cruentus* ve *Amaranthus hypochondriacus*) 5 farklı bitki yoğunluğunda (8, 17, 35, 70 ve 140 bitki/m<sup>2</sup>) elle seyreltme yaparak sıra arası mesafeyi 37.5 cm olarak ayarlamışlardır. Genotipler ve yıllar ortalaması olarak en yüksek verim değerleri sırasıyla 8, 15, 32, 54, 89 bitki/m<sup>2</sup> yoğunluklarında elde edilmiştir. Bitki örnekleri morfolojik özellikler, tane verimi ve kuru madde değerleri için elle hasat edilmiştir. Bitki popülasyonu arttıkça dal sayılarında azalmalar olmuştur. Farklı dikim yoğunlukları bin tane ağırlığını etkilememiştir. Tane veriminde en yüksek verim 8 bitki/m<sup>2</sup> bitki yoğunluğunda 270 g/bitki elde edilmiştir. Bitki yoğunluklarında 70 bitki/m<sup>2</sup> konusunda ve üzeri konularda azda olsa verimde azalmalar olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak düşük yoğunluğunda amarant üretiminde yüksek tane verimi elde edilmiştir. Yine de hasat değerleri karşılaştırıldığında 50 bitki/m<sup>2</sup>'den fazla bitki yoğunluğunun daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Henderson ve ark. (2000), Kuzey Dakota'da dört farklı amarant çeşidi K283, K343, K432 ve MT-3 amarant çeşidi üç farklı bitki yoğunluğu (74 000, 173 000 ve 272 000 bitki/ha) ve iki farklı sıra aralığı (30 ve 76 cm) kullanılarak yapılan bir çalışmada tane verimi, biyomas, bitki boyu, hasat indeksi, hasat edilen bitki yoğunluğu ve bitki örtüsü değerleri ölçülmüş ve çalışma sonucunda verim, bitki ölümü ve hasat zorlukları düşünüldüğünde en uygun 173 000 bitki/ha bitki yoğunluğunda, 76 cm sıra aralığında yetiştirilen K283 ve MT-3 genotip çeşidini önermişlerdir. Johnson ve Henderson (2002) aynı çalışmada tane amarant çeşitlerinin su kullanım randımanı ile topraktaki kullanılabilir su miktarının farklı düzeylerinin verim, biyomas, su kullanım etkinliği, bitki boyu ve hasat indeksi gibi agronomik özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar amarant bitkisinin su stresine tepki olarak kök derinliğini artırarak adaptasyon sağladığı, bu yönüyle Kuzey Dakota'nın kurak alanları için potansiyel bir bitki olabileceğini bildirmişlerdir.

Schahbazian ve ark. (2006), İran'ın kurak ve yarı kurak alanlarında amarant yetiştirme olanaklarını araştırmışlardır. Çalışmada, *A. hypochondriacus* türlerinin tane protein oranı *A. cruentus* türlerine göre daha yüksek bulunmuş, hasat indeksini en yüksek *A. cruentus* türlerinde saptanmıştır. Araştırmacılar kurak alanlar için gelişimi hızlı ve tane verimi yüksek olan *A. cruentus* İran'ın kurak ve yarı-kurak alanları için daha uygun olabileceğini bildirmişlerdir.

Olaniyi ve ark. (2008), tane amarantın yetiştiriciliğinde azot gübrelemesinin, bitki gelişimine, tane verimine ve tane kalitesine etkisini araştırdıkları tarla çalışmasında, azotu dekara 0, 1.5, 3, 4.5 ve 6 kg olarak uygulamışlar ve çalışma sonucunda azot miktarındaki artışın, bitki boyunda, yaprak ve sap ağırlığında artış sağladığını, tane veriminin ve kalitesinin azotu dekara 4.5 kg'a kadar yapılan artışla birlikte arttığını, sonraki azot artışlarının tane verimini ve kalitesini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Rana ve ark. (2017), 2012-2013 yıllarında Hindistan'nın Dahot bölgesinde yaptıkları çalışmada kritik dönemlerde uygulanan sulama suyunun ve farklı demir (Fe) uygulamalarının Amarant tane kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sulama suyu 4 farklı kritik dönemde (I<sub>1</sub>: yapraklanma dönemi, I<sub>2</sub>: yapraklanma + çiçeklenme, I<sub>3</sub>: yapraklanma + çiçeklenme + tane oluşum, I<sub>4</sub>: 0.8 IW) yapılmıştır. Ayrıca 4 farklı Fe uygulaması (F<sub>0</sub>:0 kg /da, F<sub>1</sub>:1 kg/da, F<sub>2</sub>:-0.5 % FeSO<sub>4</sub> ve F<sub>3</sub>: 0.5 kg/da + 0.5 % FeSO<sub>4</sub>) uygulanmıştır. Çalışmada en yüksek su kullanım etkinliği (WUE) değerleri I<sub>1</sub> konusunda elde edilirken sulama uygulamalarının amarant tanelerinin protein içeriğine etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Oliver ve ark. (2017), Brezilya'da yaptıkları bir çalışmada; amarant (*Amaranthus cruentus*), kinoa (*Chenopodium quinoa*) ve inci darısı (*Pennisetum glaucum*) bitkisinde farklı sulama düzeylerinin bitkilerin gelişme dinamikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmayı az yağışlı bir kış döneminde yapmışlardır. Bitkilere 4 farklı sulama düzeyi (düşük: 217, orta düşük: 386, yüksek orta: 563 ve yüksek: 647 mm) uygulamışlardır. Sulamalar yağmurlama sulama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bitkilerden yaprak alanı, bitki boyu, gövde ağırlığı, yaprak sayısı ve yaprak kuru ağırlıklarını haftalık olarak ölçmüşlerdir. Araştırma sonucunda, amarant bitkisinin en yüksek biyokütle üretimini, en yüksek su seviyelerinde gösterme eğiliminde olduğu ve denemeye alınan bitkiler içerisinde sulamaya en duyarlı bitkinin amarant olduğu belirlenmiştir.

Ogunlela ve Sadiku (2017), farklı sulama düzeylerinin amarant bitkisinin verim ve su kullanım etkinliği üzerine etkilerini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Saksılarda yürütülen çalışma 4 farklı sulama (elverişli nemin tarla kapasitesine çıkarmak için gerekli

olan suyun % 100, 75 ve 50'sinin) konusundan oluşmuş ve toprak nem sensörleri kullanarak otomatik sulama sistemi ile sulanmıştır. Çalışma sonucunda su kullanım randımanlarının 1.39-2.43 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği ve verim değerleri ile sulama konuları arasında istatistiksel farkın bulunmadığı belirlenmiştir.

Ejjeji ve Adeniran (2010), tane amarant yetiştiriciliğinde farklı sulama uygulamalarının tane verim ve kuru madde miktarı üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada üç farklı sulama konusu (toprak neminin tarla kapasitesine tamamlandığı konu (I<sub>100</sub>), I<sub>100</sub> konusuna uygulanan suyun %75 ve 50'sinin uygulandığı (I<sub>75</sub> ve I<sub>50</sub>) kısıntılı sulama) ele alınmıştır. Çalışmada gerçek bitki su tüketimi (ET<sub>a</sub>) tartılı lizimetre kullanarak potansiyel bitki su tüketimi ise (ET<sub>p</sub>) pan buharlaşma metodu kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda farklı sulama uygulamalarının toplam bitki, gövde, yaprak ve kök ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli olduğu en yüksek verim I<sub>100</sub> konusunda 229 kg/da olarak alındığı ve toprak neminin amarant tane verimi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir.

Arku ve ark. (2012), Nijerya'nın kuzey-doğusunda damla sulama yöntemiyle sulanan amarant bitkisinin su ihtiyacı ve sulama zamanını Penman–Monteith yöntemi ile CROPWAT 8.0 programı kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada amarant bitkisinin sulama suyu ihtiyacının % 30, 60 ve 100 bitki örtü yüzdesine göre sırasıyla en yüksek Mayıs ayında 0.7, 1.8 ve 2.3 l/gün en düşük ise aralık ayında yine sırasıyla 0.4, 1.0 ve 1.3 l/gün olduğu; sulama süresinin ise en fazla Mayıs ayında günde sırasıyla 1.4, 3.7 ve 3.9 saat ve en kısa aralık ayında sırasıyla 0.3, 0.7 ve 0.9 saat olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Pulvento ve ark. (2015b), 2009 ve 2010 yıllarında İtalya'nın güneyinde amarant bitkisinde yaptıkları arazi çalışmalarının sonuçlarını kullanarak SALTMED modelini kalibre etmeye çalışmışlardır. Çalışmada toprak su içeriğini TDR yöntemiyle belirlenmiştir. Modelde tane verimi, kuru madde miktarı ve toprak nem içeriği değerleri girdi olarak kullanılarak elde edilen model çıktılarının arazi çalışmaları ile uyumlu olduğu ve amarant bitkisinin Akdeniz bölgesinde yetiştiriciliğinin model kullanılarak optimize edildiğini bildirmişlerdir.

Yarnia ve ark. (2019), amarant bitkisinde farklı ekim tarihleri, ekim aralıkları ve sulama düzeylerinin bitki verim ve verim bileşenleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 4 farklı ekim sıklığı (5, 10, 20, 30 adet/m<sup>2</sup>), 6 farklı ekim zamanı (5-20 Nisan, 5-20 Mayıs, 4-19 Haziran) ve 3 farklı sulama düzeyi (50, 120 ve 170 mm buharlaşma kapından buharlaşan su) 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu, bitki kuru ağırlığı, bitki başına verim ve bitki başına yaprak alanı değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonuçları, ekim tarihi geciktikçe bitkide bitki başına verim, yaprak sayısı, yaprak alan, kuru madde miktarı ve bitki boyunun

azaldığını göstermiştir. Bitki yoğunluğu arttıkça bitki başına yaprak sayısı, verim, yaprak alanı ve kuru madde miktarı azalmış ancak bitki boyu artmıştır. Ayrıca ekim tarihi ve sulama seviyeleri intresksiyonuna bakıldığında en yüksek verim 5 Nisanda ekilen ve 50 mm buharlaşma değerinde sulama yapılan konudan elde edildiği, en düşük ise 19 Haziranda ekilen 170 mm buharlaşma düzeyinde sulanan konudan elde edildiği saptanmıştır.

Cahaudhari ve ark. (2009), farklı su stresi ve azot uygulamalarının amarant bitkisinin verim ve verim bileşenleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada su stres konuları (su stresi olmayan konu, aktif vejetatif dönemde stres ve tane dolumuna kadar olan dönemde stres) azot uygulamaları ise (sıvı ve toz olarak 4 ve 6 kg/da) oluşmaktadır. Verim su stresi olmayan konuda su stresi konularına göre % 16.6-22.1 daha fazla alınmıştır. En az su kullanım etkinliği ve maksimum sulama suyu miktarı sırasıyla 0.53 kg/m<sup>3</sup> ve 246 mm ile su stresi olmayan konudan elde edilmiştir.

Ribeiro ve ark. (2018), kurak ve yarı kurak bir bölge olan Afrika'nın Güney Mozambik bölgesinde kurak ve yağışlı dönemlerde yürütülen çalışmada iki farklı amarant çeşidinde farklı su düzeylerinin (elverişli nemin %20, 50 ve 80'nin) tane protein içeriğine, minimum sıcaklık ve gün uzunluğunun çiçeklenme zamanı üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar çalışma sonucunda, salkım ve boğum uzunluklarının, sap ve tahıl verimlerinin, toprak su içeriği azaldığında düştüğünü ancak, çiçeklenme zamanı ve tane ham protein içeriği, su eksikliğinden etkilenmediğini gün uzunluğu arttıkça çiçeklenme başlangıcını önemli ölçüde geciktirdiğini en yüksek verim ve hasat indeksi değerleri gün uzunluğu 12 saat/gün üzerinde olduğu *A. tricolor* çeşidinde elde edildiğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra elverişli nemin % 80'i uygulandığında, her iki türde de tüm yıl boyunca üretimi yapılabileceğini belirlenmiştir.

Jamalluddin ve ark. (2018), amarant bitkisinde kuraklık stresini belirlemek amacıyla buharlaşma etkinliğini saptamaya çalışmışlardır. Çalışmada dokuz farklı amarant çeşidinin sulama yapılmayan (RF) ve tam sulama yapılan (TS) ortamlarda yetiştiriciliği yapılmıştır. Araştırmacılar, çalışma sonucunda buharlaşma etkinliği değerlerinin RF konularında TS'ye göre daha yüksek olduğunu TS ve RF konularında buharlaşma etkinliği değerleriyle verim arasında yüksek korelasyon olduğunu ve genotipler arasında kuraklığa dayanıklılık ve büyüme oranı açısından büyük farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Dumanoğlu ve Geren (2019), farklı azot ve fosfor uygulamalarının Amarant verimi üzerindeki etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma beş farklı azot (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da) ve üç farklı fosfor (0, 5, 10 kg/da) seviyelerinde açık koşullarda saksılarda yapılmıştır.

Sonuçta en yüksek tane veriminin 10 kg/da P ve 15 kg/da N uygulaması konusunda elde edildiği bildirilmiştir..

Silva ve ark. (2019), Brazilya'da iki farklı amarant çeşidinde farklı sulama uygulamalarının bitki boyu, kuru madde miktarı, verim, bin tane ağırlığı ve hasat indeksi üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar su kısıtının bitkide sürgün sayısını azalttığını ancak kök gelişimini arttırdığını gözlemlemişler ve *Amaranthus cruentus* türünde 86 günlük yetiştirme süresinde en yüksek verimi 209 kg/da olarak su kısıtı olmayan uygulamadan elde etmişlerdir.

## 2.2. Yüzey ve Yüzeyaltı Damla Sulama Yöntemi

Camp ve ark. (2000), yüzeyaltı damla sulama yönteminin geçmişi, mevcut durumu ve geleceğini inceledikleri araştırmada, yöntemin avantaj ve dezavantajlarını belirtmişlerdir. Yüzeyaltı damla sulama yönteminin ilk kullanımının 1959 yılında başladığı, fakat bir takım dezavantajlarının ortaya çıkmasından dolayı, en hızlı gelişimin ise damla sulama boru ve damlatıcı üretimindeki gelişmelerden sonra son 20 yıl içerisinde ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Başlangıçta, ekonomik değeri yüksek olan sebze ve meyvelerde kullanılan yüzeyaltı damla sulama yöntemleri günümüzde pamuk, mısır, yonca gibi bitkilerin sulanmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalarda özellikle, bitki verimi ve su kullanımı açısından damla sulama yöntemini de içerisine alan diğer sulama yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek değerlerin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Ayrıca, bitki besin elementlerinin direkt kök bölgesine uygulanması, toprak yüzeyinde otlama sorununun azalması, kuru üst toprak sayesinde hasat gibi tarımsal işlemlerin kolay yapılması en önemli avantajları olarak vurgulanmıştır. Diğer yandan, ilk yatırım masraflarının yüksek olması, damlatıcıların kökler tarafından tıkanması ile sulama uygulamalarının izlenmesi aşamalarında ortaya çıkan sorunlar ise dezavantajları olarak belirtilmiştir.

Lamm ve ark. (2010), yüzeyaltı damla sulama (YAD) yönteminde toprak yüzeyi kuru kalırken, alan boyunca kök bölgesini eşit ıslatır; bu nedenle, yabancı ot gelişimi, buharlaşma azalır ve derine sızma ortadan kalkar. Bütün bu faydalar tarımın sürdürülebilirliği, toprak ve su koruma ve su kullanım randımanını arttırmak için katkıda bulunabilir (Provenzano, 2007). YAD yöntemi kullanılarak 30'dan fazla bitki üzerinde yürütülen çalışmalardan elde edilen sonuçlar genelde anılan yöntemin önemli verim artışları sağladığı ve yüzey damla sulamaya göre daha fazla su tasarrufu yapıldığı ortaya konulmuştur.

Phene ve Beale (1976), Güney Carolina’ da tatlı mısırdaki yapılan çalışmada yüzeyaltı damla sulama yönteminde diğer sulama yöntemlerine göre %12 ile 14 arasında bir verim artışı olduğunu bildirmişlerdir.

Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinin mısır bitkisi üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan çalışmada sulama aralığı, miktarı ve uygulama yönteminin verim ve verim bileşenleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tane verimi değerleri 840 kg/da (susuz) ile 1310 kg/da (haftalık tam sulama) arasında değişmiştir. Deneme konularına ilişkin verimlerde önemli farklılık olmamasına karşılık genelde yüzey damla sulama konularında daha yüksek verim elde edildiği belirtilmiştir (Howell ve ark., 1995; Howell ve ark., 1997).

Wu ve ark. (2019), Çin’in kuzeyinde mısır yetiştiriciliğinde farklı sulama stratejilerinin killi ve kumlu topraklarda verim, su ve gübre kullanım randımanları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada beş sulama yöntemi geleneksel (yağışa dayalı, RF), damla sulama (YD), yüzey damla fertigasyon (YDF), fertigasyon artı plastik malç ve yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle fertigasyon (YADFP) kullanmışlardır. YDF uygulamasıyla tane verimini (kumlu toprakta % 41 ve kil toprakta % 17), kısmi gübre kullanımı ve NPK alımını YD’den daha büyük oranda arttırmıştır. YDF ile su kullanımı her iki toprak içinde artış göstermiştir. YDF ve YADF konuları mısır verim, su ve gübre kullanım randımanları açısından ekonomik olarak önermişlerdir.

Lamm ve Trooien (2003), Amerika Birleşik Devletleri Kansas Bölgesinde yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile yetiştirilen mısır bitkisinde lateralleri iki bitki sırasına ve 40-45 cm’lik derinliklere yerleştirmişlerdir. Araştırma sonunda, sulama suyu kullanım açısından yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile yaklaşık %35-55’ lik bir tasarrufun olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile nitrat gübrelemesinin daha randımanlı olduğu açıklanmıştır.

Vories ve ark. (2009), ABD’de yürüttükleri çalışmada, mısır bitkisini yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile üç farklı sulama seviyesinde yetiştirmişlerdir. Araştırmada, yüzeyaltı damla sulama lateralleri 30 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, en yüksek mısır veriminin, yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile günlük bitki su tüketiminin %60’ının uygulandığı deneme konusundan elde edildiği açıklanmıştır.

Valentin ve ark. (2020), İspanya’da mısır bitkisinde farklı sulama yöntemleri ve stratejilerinin bitki su verim ilişkilerini incelemişlerdir. Çalışmada yüzey damla sulama yönteminde iki farklı lateral aralığında (1.5 ve 0.75m), yüzeyaltı damla sulama ve

yağmurlama sulama yöntemleri kullanılmıştır. Tüm konularda sulamalar tahmini bitki su ihtiyacının tamamlanmasıyla yapılmıştır. En yüksek sulama suyu miktarı yağmurlama sulama yönteminde 743 ve 722 mm sırasıyla 2014 ve 2015 yıllarında elde edilmiştir. En düşük sulama suyu miktarı ise yüzeyaltı damla sulama yönteminde aynı yıllarda sırasıyla 534 ve 495 mm olarak elde edilmiştir. Sulama yöntemlerinin mısır verimi üzerine istatistiksel olarak etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek sulama suyu kullanım randımanı yüzeyaltı damla sulama yönteminde elde edilmiş ve sonuç olarak mısır veriminde önemli bir düşüş olmadan sulama suyu miktarından önemli kazançlar sağlayan yüzeyaltı damla sulama yönteminin kullanılmasının kısıtlı su kaynaklarının kullanımını açısından önemli olacağı bildirilmiştir.

Yazar ve ark. (2018), Çukurova Bölgesinde kinoa bitkisinde farklı sulama yöntemi (yüzey (YD) ve yüzeyaltı (YAD) damla sulama) ve sulama stratejilerinin (Tam sulama (TS), %75 kısıntılı sulama (KS75), %50 kısıntılı sulama (KS50), kısmi kök kuruluğu (PRD50), planlanmış kısıntılı sulama (RDI) ve sulama yapılmaya (RF)) verim ve su kullanım randımanı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada yüzeyaltı damla sulama (YAD) uygulamasında TS konusunda 92 mm, KS75 konusunda 69 mm, KS50 ve PRD konularında ise 46 mm sulama suyu uygulanmıştır. Yüzeyaltı damla sulama RDI konusunda, yüzey damla sulama RDI konusunda olduğu gibi kısıntı uygulanamamış ve toplam 92 mm sulama suyu verilmiştir. YAD konularına uygulanan sulama suyu miktarı YD konularına göre yaklaşık %11 daha az olmuştur.

### **2.3. Yaprak Su Potansiyeli ve Klorofil İçeriği**

Cocozza ve ark. (2013), tarafından İtalya'da, 2009-2010 yıllarında yapılan araştırmada kuraklık ve tuzluluk stresinin amarant bitkisi gelişiminde ve yaprakta oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği gibi fizyolojik parametrelerde düşüşe neden olduğu ancak verimde önemli bir etki yaratmadığı belirtilmiştir. Araştırmada kuraklık ve tuzluluk stresi nedeniyle bitkide yaprak su potansiyelinin -0.8 MPa düzeyinden -1.2 MPa seviyesine düşmesinin stoma iletkenliğinin de ani bir şekilde düşmesine neden olduğu saptanmıştır.

Liu ve Stützel (2002), Hanover'de bulunan bir araştırma enstitüsünde yürüttükleri çalışmada farklı amarant çeşitlerinin kuraklığa dayanıklılıklarını incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, çalışmada kontrol (su stresine girmeyen) ve stresli konu olarak iki konu seçmişler ve toprak su içeriklerini amarant yetiştiriciliği boyunca TDR yöntemiyle izlemişlerdir. Öğlen saat 11:00'da yapılan ölçümlerde *Amaranthus cuneatus* türünde yaprak su potansiyeli değerleri kontrol konusunda -0.7 ile -0.5 MPa arasında değişirken stres konusunda



ise -2.9 ile -1 MPa arasında değişmiş ve sonuç olarak yaprak su potansiyeli değerlerinin amarant bitkisinde önemli bir kuraklık stres göstergesi olduğu bildirilmiştir.

Umebese ve ark. (2009), Nijerya'da *Amaranthus hybridus* amarant türü ve *Lycopersicum esculentum* domates türünde farklı salisilik asit ve su stresi uygulamalarının bitkilerin yaprak su potansiyeli içeriğine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada iki farklı salisilik asit (1 ve 3 mM SA) ve bitki gelişme dönemlerinde 7 günlük su stresi uygulamaları ayrıca stres uygulanmayan kontrol konusu test edilmiştir. Araştırma sonuçlarında amarant bitkisinde kontrol konusunda gelişme dönemlerine göre yaprak su potansiyeli değerleri -1.80 ile -0.70 MPa arasında değişim gösterirken su stresi uygulanan konuda ise -2.68 ile -1.62 MPa arasında değişmiştir. Sonuçta araştırmacılar toprakta oluşan su eksikliğinin yaprak su potansiyelini azalttığını ancak salisilik asit miktarı arttıkça yaprak su potansiyelinin yükseldiğini bildirmişlerdir.

Slabbert ve Krüger (2011), Kuzey Afrika'da iki farklı amarant türünde (*Amaranthus hypochondriacus* ve *Amaranthus hybridus*) farklı su stres koşullarına tepkilerini incelemişlerdir. Çalışmada yaprak su içeriği, klorofil florans ve yaprak su potansiyeli ölçümleri yapılarak bitkinin su stresine tepkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Yaprak oransal su içeriği değerleri her iki amarant türünde de %87-97 arasında değişmiştir. Su stresinin 14. gününde *Amaranthus hypochondriacus* türünde yaprak oransal su içeriği %32 değerine düşerken *Amaranthus hybridus* türünde %65 değerine düşmüştür. Su stresinin 17. gününde ise yaprak oransal su içeriklerinin sırasıyla %33 ve %67 değerlerine düştüğü belirlenmiştir. Yaprak su potansiyeli değerleri ise kontrol uygulamalarında -0.5 MPa değerlerinden su stresinin 10. gününden itibaren *A. hypochondriacus* çeşidinde -1.12, *A. hybridus* çeşidinde ise -1.0 MPa değerlerine düşmüştür. Su stresinin 12. gününde ise söz konusu değerler sırasıyla -2.37 ve -2.87 MPa olarak gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, yaprak su potansiyeli ölçümlerinin amarant bitkisinde su stresinin belirlenmesinde hızlı bir yöntem olduğu ve yaprak su potansiyeli değerlerinin bitki çeşidine göre farklılık gösterebileceği bildirilmiştir.

Hura ve ark. (2007), Polonya'da yaptıkları çalışmada mısır, soya fasülyesi, tritikale ve amarant bitkilerini farklı gelişme dönemlerinde su stresine maruz bırakarak bitki tepkilerini araştırmışlardır. Çalışmada iki farklı sulama konusu (IR: elverişli su içeriğinin %70'i tüketilince tarla kapasitesine getirilen konu ve D: hasada kadar toprak su içeriğinin %30-35 civarında tutulduğu konu) denenmiştir. IR konusunda bitki başına mısırdan 105, Tritikaleden 37.5, soyadan 29.5 ve amarantdan 177.7 g verim elde edilirken stres konusunda ise mısırdan 85.4, tritikaleden 14, soyadan 22.7 ve amarantdan 54.5 g elde edilmiştir. Yaprak su

potansiyeli değerleri IR konusunda amarant bitkisinde -0.95 ile -0.71 MPa, Tritikalede -1.52 ile -0.96, soyada -1.30 ile -0.84 ve mısırdada ise -1.45 ile -0.69 MPa arasında değişmiştir. Sonuçta araştırmacılar toprak su eksikliğinde oluşan bitki stresinden en fazla mısır ve soya bitkilerinin etkilendiğini bildirmişlerdir.

#### **2.4. Time Domain Reflectometry (TDR) Yöntemiyle Toprak Su İçeriğinin Belirlenmesi**

Toprak su içeriğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler, suyun kütlesinin belirlenmesi prensibine dayanan direkt yöntemler ve toprak su içeriğine bağımlı herhangi bir toprak özelliğinin ölçülmesi prensibine dayanan indirekt yöntemler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Muñoz-Carpena, 2006).

Tarımsal üretimde toprak neminin belirlenmesi daha çok ölçümün yapıldığı ortam ile karşılaştırılabilir, sağlam ve süreklilik arz eden ve en önemlisi toprak nemini doğru ve hassas bir şekilde ölçen nem sensörleri ile yapılmalıdır (Chow ve ark., 2009). Laboratuvarda toprak neminin standart ve hassas bir şekilde belirlenmesinde kullanılan yöntem direkt yöntem olarak adlandırılır. Ağırlık esasına göre toprak nem içeriğini belirleyen bu yöntem yüksek bir hassasiyet özelliğine sahip olmasına rağmen zaman alıcı, toprağı tahrip edici ve ayrıca nem tayini için laboratuvara ihtiyaç duymaktadır (Varble ve Chavez, 2011). Ortama zarar vermeden toprak nemini belirleyen teknikler ise indirekt ortamın elektriksel özelliğini ölçme prensibine dayanmaktadır. Bu dolaylı teknikler ya zaman ya da frekans esaslıdır. TDR (Zaman esaslı yansıma ölçer) bu alanda kullanılan aletlerin başında gelmektedir. TDR ikili veya üçlü yapıdaki çubuklar vasıtasıyla toprak nemini ölçer. TDR verilen bir sinyalin ortamda bulunan çubuklardan geçerek tekrar başlangıç noktasına geri dönüş zamanına dayanmaktadır (Rao ve Singh, 2011).

Rezaei ve ark. (2012), toprak nem sensörlerin yerleştirildiği toprak derinliğinin önemli olduğunu ve toprak yüzeyinden itibaren 20-50 cm derinliğe yerleştirilen sensörlerin genellikle iyi bir performans verdiği ancak toprak yüzeyine yakın ve derin katmanlara yerleştirilen sensörlerin iyi performans vermediğini bildirmişlerdir. Bunun nedeni olarak da bu katmanlardaki büyük nem içeriği değişimini göstermiştir.

Tarıverdi (2005), tarımsal sulamada TDR'ın kullanılması için TDR cihazını farklı bünyeye sahip topraklar için kalibre etmiştir. Araştırma verileri, Wiggins, Colorado'da 2002 yılı yetişme döneminde bir mısır tarlasından toplanmıştır. TDR ve toprak örneği alma yöntemi kullanılarak elektriksel iletkenlik haritaları esas alınarak seçilmiş 15 çalışma noktası için hacimsel su içeriği değerlerini tespit edilmiştir. Sonuç olarak TDR aletinin kullanımının

güvenilir ve doğru sonuçlar vermesi nedeni ile toprak su içeriğinin ölçülmesinde kabul edilebilir bir yöntem olduğu araştırmacı tarafından ortaya konmuştur.

Tülün, (2005), Çukurova bölgesinde yaygın olan toprak tekstür sınıfları (C, CL, SiC, SCL, L, SL, S) için TDR (Time Domain Reflectometry) aletinin kalibrasyonu ile ilgili bir çalışma yürütmüştür. Farklı toprak bünyelerine ait alanlardan alınan örnekler, alındıkları yerlerdeki hacim ağırlıklarına uygun şekilde kasalara yerleştirildikten sonra, söz konusu kasalardan çeşitli zaman dilimlerinde (farklı toprak su içeriklerinde), TDR aleti ile alınan ölçümler ve eşzamanlı alınan gravimetrik örnekler kullanılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, gerçek toprak su içerikleri ile TDR aletinin ölçümlerinin uyumlu seyir izlediği ancak, toprak su içeriğinin doygunluk düzeylerine yaklaşması durumunda, aletin uyumlu sonuçlar vermediği, ayrıca toprakta % kil ve organik madde içeriğindeki artışın TDR'nin ölçümlerindeki hatayı artırdığı belirlenmiştir.

Chandler ve ark. (2004), toprak nem sensörleri kalibrasyon çalışmalarının, toprak profili boyunca farklı derinliklerde ve aynı arazide farklı lokasyonlarda her bir farklı alet tipi için ayrı ayrı yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, çalışmalarında, TDR'dan ölçülen toprak su içeriği ile gravimetrik esasa göre belirlenen toprak su içeriği arasında çok güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu, farklı her toprak bünyesi için cihaz kalibrasyonunun yapılması gerektiği ve sensör hassasiyetini görmek amacıyla özellikle çok farklı toprak nem koşullarında bu çalışmaların test edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma yerinin tanımı

Araştırma Aşağı Seyhan Sulama Alanının Tarsus Ovası kısmında ve Tarsus'un yaklaşık 10 km Güneydoğusunda enlem 36.894885°; boylam 34.960193°; rakım 14 m'da yer alan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu Merkez İşletmesinde yürütülmüştür (Şekil 3.1). Aşağı Seyhan Ovası; Çukurova'nın en geniş ve verimli deltasıdır. Ovanın kapladığı 210.000 ha'lık alanın 181.000 ha'lık kısmı sulanabilir niteliktedir. Araştırmanın yürütüldüğü Tarsus ovası, Aşağı Seyhan ovasını kuzeyden güneye kat eden Seyhan nehrinin sağ sahilinde kalmaktadır. Tarsus Ovasının toplam alanı ise yaklaşık 80.000 ha'dır (Anonim, 2012).



Şekil 3.1. Deneme alanının yeri

##### 3.1.2. Araştırmada kullanılan bitki çeşidi ve özellikleri

Araştırmada kullanılan bitki materyali, AB 7. Çerçeve Projesi (SWUP-MED Projesi) (Anonim, 2013) kapsamında Çukurova Üniversitesinde yapılan araştırmalar sonucunda önerilen 5 farklı amarant çeşidiyle 1 yıl önce yapılan ön çalışma sonucunda en yüksek verim alınan *A<sub>2</sub> Amaranthus cruentus* L. çeşidi tercih edilmiştir. *A<sub>2</sub>* amarant çeşidi hem tahıl hem de sebze olarak yetiştiriciliği yapılan bir çeşittir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan A<sub>2</sub> Amaranth çeşidi ve tohumu

### 3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü bölgede yazları kurak ve sıcak kışları ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi görülmektedir. Alata BKAE Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Merkez İşletmesinde bulunan iklim istasyonu verilerine göre, yörenin uzun yıllık yağış ortalaması 616 mm'dir. Yılın en yağışlı geçen ayları Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, en kurak ayları ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Toplam yağışın %54'ü kış aylarında düşmektedir. Yağışın büyük bir bölümü yağmur şeklindedir. Bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması 17.8 C°'dir. En sıcak ay ortalaması Ağustos'da 33 C°, en soğuk ay ortalaması Ocak'ta 8.9 C°'dir. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması % 70.6'dır. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık buharlaşma ise 1487 mm'dir. En fazla buharlaşma 216 mm ile Temmuz ayında olmaktadır. Araştırmanın yürütüleceği yıllara ilişkin iklim verileri (ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları; yağış, solar radyasyon, rüzgâr hızı, oransal nem) araştırma alanında kurulu olan otomatik kayıt alan iklim istasyonundan; uzun yıllık ortalama iklim verileri ise Alata BKAE Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Şubesi Meteoroloji İstasyonundan sağlanmıştır. Alata BKAE Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Şubesi Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık, 2018 ve 2019 iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir

Çizelge 3.1. ABKAEM Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Şubesi Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık, 2018 ve 2019 iklim verileri

YIL	İKLİM PARAMETRELERİ	AYLAR					
		Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Uzun Yıllık (1950-2019)	Max. Sıcaklık, °C	20.0	24.3	28.0	31.0	32.6	33.0
	Min Sıcaklık, °C	6.8	10.5	14.6	18.5	21.3	21.1
	Ortalama Sıcaklık, °C	12.8	16.8	20.9	24.5	26.9	27.2
	Yağış, mm	136.3	117.4	78.6	60.0	39.5	30.0
	Buharlaşma, mm	89.2	120.6	166.6	197.8	216.4	197.8
	Oransal Nem, %	69.8	71.0	71.0	72.0	75.3	75.0
2018	Max. Sıcaklık, °C	30.3	32.7	35.8	37.9	33.5	43.0
	Min Sıcaklık, °C	7.3	7.0	12.1	17.3	18.6	21.0
	Ortalama Sıcaklık, °C	16.1	18.6	22.9	25.3	27.6	28.2
	Yağış, mm	34.8	50	16.2	2.4	0	0
	Buharlaşma, mm	98.1	145.6	138.1	145.2	203.8	220.4
	Oransal Nem, %	71.8	66.7	68.8	75.9	77.5	74.2
	Rüzgar Hızı, m/sn	2.1	1.8	1.2	1.5	1.1	0.8
2019	Max. Sıcaklık, °C	22.3	29.8	31.2	32.2	33.3	32.3
	Min Sıcaklık, °C	6.9	9.5	14.4	18.5	20.8	13.1
	Ortalama Sıcaklık, °C	16.3	22.5	25.7	27.1	27.9	25.6
	Yağış, mm	75.3	2.8	0.2	18.8	0	14.4
	Buharlaşma, mm	102.8	171.1	162.9	175.0	206.3	151.8
	Oransal Nem, %	70.5	64.4	75.5	76.8	76.2	69.2
	Rüzgar Hızı, m/sn	0.9	1.0	0.9	2.0	1.9	1.9

### 3.1.4. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Deneme yeri toprakları Arıklı toprak serisinde yer almaktadır. Anılan toprakların tüm katmanlarında kum oranları düşük olup kil oranı üst toprakta daha fazladır. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Toprak Laboratuvarında yapılan analiz sonucunda deneme alanı toprakları, profil boyunca kısmen homojenlik göstermekte sitli-killi (SiC) ve siltli-killi-tın (SiCL) bünyede sahip olduğu görülmektedir. Elektriksel geçirgenlik değerine ( $EC_{25 \times 10^3}$ ) bakıldığında tuzluluk sorununun olmadığı anlaşılmaktadır. Deneme alanı topraklarının su tutma kapasitesi yüksek, kireç içeriği oldukça fazla, alt katmanlara doğru kireç oranında belirgin bir artış izlenmektedir. Deneme alanı toprak örneklerinin alınması için 90 cm derinlikte açılan profilden 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.3). Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2-3'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı ( $g/cm^3$ )
0-30	7.5	46.4	46.1	SiC	31.44	18.98	1.3
30-60	12.0	42.1	45.9	SiC	30.79	18,69	1.32
60-90	12.1	37.8	50.0	SiCL	30.07	18.05	1.44

Çizelge 3.3. Deneme yeri topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	EC dS/m	pH	Kireç % $CaCO_3$	Yarayışlı		Organik Madde (%)
				$P_2O_5$ kg/da	$K_2O$ kg/da	
0-30	0.6	7.8	28.25	3	141.99	1.26
30-60	0.5	8.0	32.01	0.7	55.13	0.64
60-90	0.5	8.1	33.27	0.8	40.74	0.51

Anılan çizelgelerde görüldüğü gibi katmanlara göre toprağın pH'sı 7.8-8.1; Elektriksel iletkenlik (EC) içeriği 0.6-0.5 dS/m; hacim ağırlığı  $1.36-1.44 g/cm^3$ ; tarla kapasitesi % 30.07-31.44; solma noktası ise % 18.05-18.98 arasında değişmektedir. Ayrıca 60 cm profil derinliğindeki tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri yapılan laboratuvarında yapılan analiz sonuçlarına göre sırasıyla derinlik olarak 244 ve 148 mm ve kullanılabilir su miktarı 96 mm olarak belirlenmiştir.





Şekil 3.3. Araziyi temsil eden noktalardan toprak örneklerinin alınması

### 3.1.5. Araştırmada kullanılan sulama suyu

Araştırmada kullanılan sulama suyu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonunda bulunan derin kuyudan sağlanmıştır. Kuyudan alınan sulama suyu örnekleri USSS (1954)'de verilen esaslardan, abak ve çizelgelerden yararlanarak laboratuvarında analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.4'de verilmiştir. Anılan kuyu suyu analiz sonuçlarına göre T<sub>3</sub>A<sub>1</sub> (yüksek tuzlu, az sodyumlu) sınıfındadır. EC değeri 1.467 dS/m, pH'si ise 7.31'dir.

Çizelge 3.4. Denemede kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Elektriksel İletkenlik (EC 10 <sup>6</sup> 25 °C) dS/m	pH	Kasyonlar					Anyonlar				
		Ca <sup>++</sup> me/lt	Mg <sup>++</sup> me/lt	Na <sup>+</sup> me/lt	K <sup>+</sup> me/lt	Top.	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> me/lt	Cl <sup>-</sup> me/lt	SO <sub>4</sub> me/lt	Top.	SAR
1.467	7.31	4.80	3.80	7.47	0.04	16.1	4.03	6.30	5.77	16.1	3.60

### 3.1.6. Damla sulama sistemleri

Denemede yüzey ve yüzeyaltı damla sulama sistemleri kullanılmıştır. Damla sulama sistemi denetim biriminde; kum-çakıl filtre, disk filtre, manometre, su sayacı, vanalar ve bağlantı parçaları; gübre tankı ve gübre enjeksiyon sistemi yer almaktadır.



Deneme alanı topraklarının su alma hızının ve katsayıları deneme alanında açılan profillerin hemen yanında değişken seviyeli çift silindir infiltrometre ile Güngör ve Yıldırım (1989)'a göre infiltrasyon testleri yapılarak belirlenmiştir.

Yüzey damla sisteminde iletim sisteminde PE borulardan oluşan ana hat, manifold ve lateraller kullanılmıştır. Lateraller 16 mm çapında olup üzerinde 40 cm aralıklarla içten geçik (in-line) damlatıcıları kullanılmıştır. Damlatıcı debisi 100 kPa işletme basıncında 2 L/h tercih edilmiştir. Lateraller her bitki sırasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.4).

Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateraller bitki sırası hizasında toprak yüzeyinin 25 cm altına yerleştirilmiştir (Burt ve Styles. 2007; Lamm ve Camp., 2007). Lateraller çizel ile açılarak izlerin temizlenmesiyle oluşturulan yüzlek arkların içine yerleştirilmiştir. Bu sistemde ana hat ve manifold borular deneme alanında toprak yüzeyine yerleştirilmiştir. Lateraller 16 mm çapında olup üzerinde 40 cm aralıklarla içten geçik (in-line) damlatıcıları kullanılmıştır. Damlatıcı debisi 100 kPa işletme basıncında 2 l/h'tir. Lateraller her bitki sırasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.4).

Manifold çıkışlarına hava tahliye vanası yerleştirilmiştir. Yüzeyaltı lateraller antisifon özelliklidir. Yüzeyaltı damla sisteminde lateral sonlarına 40 cm derinliğinde trençerle yıkama manifoldu açılarak ve lateral çıkışları bu yıkama manifoldu içinde yer almıştır.



Şekil 3.4. Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin araziye yerleştirilmesi

### 3.1.7. Toprak hazırlığı ve fide dikim

Deneme yeri toprak hazırlığı olarak sonbaharda derin sürüm, ilkbaharda sırasıyla çizel, kültüvator, rotovator gibi toprak işleme aletleriyle işlendikten sonra tapan ile düzeltilip, lister ve tava makinesi ile toprak ekime hazır hale getirilmiştir. Parselasyonu takiben fideler araştırmanın ilk yılında 4 Mayıs 2018 tarihinde ikinci yılında ise 22 Nisan 2019 tarihinde sıra aralığı 70 cm, sıra üzeri 20 cm olacak şekilde parsellere dikilmiştir (Şekil 3.5). Her bir parsel 6 bitki sıra içermiştir. Fidelerin dikim işlemleri tamamlandıktan sonra ilk can suları verilmiştir.



Şekil 3.5. Toprak hazırlığı ve fidelerin dikilmesi

### 3.1.8. Bakım ve mücadele

Fideler dikildikten sonra tutmayan fidelerin değiştirilmesi için 7-10 gün boyunca yeni dikim yapılmıştır. Araştırmanın ilk yılında boğaz doldurma ve ot çapası işlemleri 2, 12 ve 28 Mayıs, 10 ve 22 Haziran 2018 tarihlerinde yapılmıştır. Deneme süresince karşılan zararlı ve hastalıklarla gerekli mücadeleler yapılmıştır. Amaran fidelerinin dikiminden itibaren deneme alanları takip edilerek, gerektiği durumlarda kültürel ve kimyasal mücadele yapılmıştır. Farklı sulama yöntem ve stratejilerinde ortaya çıkabilen hastalıklar kayıt edilmiştir. 28 Mayıs ve 16 Haziran 2018 tarihlerinde yeşil kurt, yaprak galleria sineği, kırmızı örümcek, zenk, beyaz sineğe karşı çeşitli insektisit ilaçlaması yapılmıştır.

Araştırmanın ikinci yılında boğaz doldurma ve ot çapası işlemleri 04, 14 ve 30 Mayıs, 10, 20 ve 29 Haziran 2019 tarihlerinde yapılmıştır. Deneme süresince karşılan zararlı ve

hastalıklarla mücadele için 6 ve 24 Mayıs, 14 ve 30 Haziran 2019 tarihlerinde yeşil kurt, yaprak biti, yaprak galleria sineği, kırmızı örümcek, beyaz sineğe karşı çeşitli insektisit ilaçlaması yapılmıştır.

### **3.2. Metot**

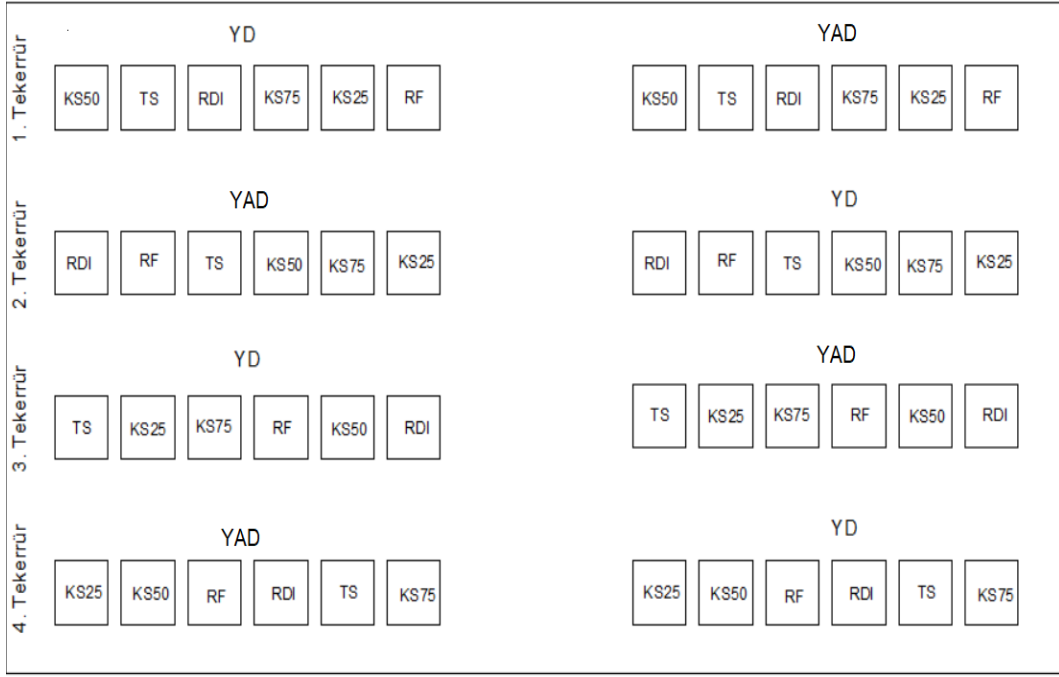
#### **3.2.1. Deneme konuları ve deseni**

Çalışma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre dört yinelemeli olarak yürütülmüştür. Sulama yöntemleri ana parsellere, sulama stratejileri ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Deneme parsellerinin yerleşim planı Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Her bir parsel 6 bitki sırası içermektedir. Parsel boyu 6 m, eni 4.2 m olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bir parselin ayrıntılı boyutları Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Her iki sulama yönteminde de damla sulama lateralleri her bir bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.7).

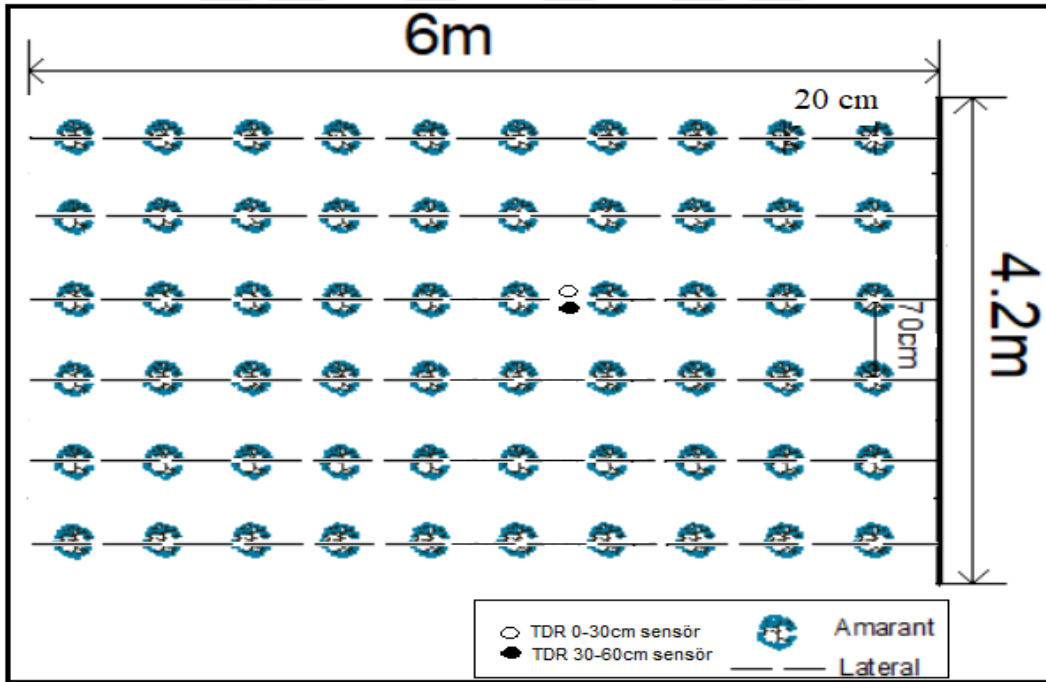
Deneme Konuları;

Araştırmada iki farklı sulama yöntemi, yüzey damla (YD) ve yüzeyaltı damla (YAD) ve 6 farklı sulama konusu ele alınmıştır. Bu konular aşağıda açıklanmıştır:

- Tam sulama konusu (TS); 60 cm'lik toprak profilindeki kullanılabilir nemin %50'si tüketildiğinde tarla kapasitesine getirildiği konu;
- Kısıntılı sulama (KS25); TS konusuna uygulanan suyun %25'inin uygulandığı konu;
- Kısıntılı sulama (KS50); TS konusuna uygulanan suyun yarısının uygulandığı konu;
- Kısıntılı sulama (KS75); TS konusuna uygulanan suyun %75'inin uygulandığı konu;
- Planlanmış Kısıntılı Sulama (RDI); Vejetatif büyüme döneminden çiçeklenme başlangıcına dek %50 kısıntılı sulama, fizyolojik olgunluğa dek ise tam sulama uygulanan konu.
- Sulama yapılmayan tanık konu (RF).



Şekil 3.6. Deneme parsellerinin yerleşim planı



Şekil 3.7. Bir deneme parselinin ayrıntılı şematik görünümü

### 3.2.2. Uygulanan sulama suyu miktarı:

Konulu sulamalara deneme parsellerinde üniform bitki topluluğu sağlandıktan sonra tam sulama konusunda 60 cm toprak derinliğinde bulunan kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde tarla kapasitesine getirilerek başlanmıştır. Diğer konulara yukarıda tanımlanan

oranlarda sulama suyu uygulanmıştır. Sulamalar taneler fizyolojik olgunluğa ulaştığında (Jacobsen, 2003) son verilmiştir.

Örtü yüzdesi (P) tüm konularda 1 (%100) olana kadar ölçülerek belirlenmiş, örtü yüzdesi %100'e ulaşıncaya tüm konularda eşit alınmıştır.

Tam sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı (Eşitlik 1):

$$I = A \times \Delta s \times P \quad (1)$$

Burada

I; uygulanan sulama suyu miktarı, litre

A; parsel alanı, m<sup>2</sup>

$\Delta s$ ; 60 cm toprak derinliğindeki eksik toprak nemi, mm

P; Örtü yüzdesi, %

Islatılan alan yüzdesi, deneme süresince örtü yüzdesi izlenerek her sulama öncesi belirlenmiştir. Örtü genişliğinin sıra arası uzaklığa oranlanmasıyla örtü yüzdesi hesaplanmıştır.

#### 3.2.4. Toprak suyu gözlemleri

Amarant bitkisinin etkili kök derinliği 60 cm olduğundan (Pulvento ve ark., 2015a) toprak su içeriği her konuda iki parselde TDR aleti kullanılarak deneme süresince günlük olarak 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde hacimsel olarak veri kaydedicilerde depolanmıştır (SM150T toprak nem sensörü ve GP2 datalogger; Delta-T Devices-UK). SM150T toprak nem sensörleri her konuda iki parselde 3. bitki sırasının ortasında lateral altında iki bitki arasında olarak şekilde 15 ve 45 cm derinliklere yerleştirilmiştir (Şekil 3.8). Ayrıca, tam sulama konusunda toprak nemi 4 ve 6 gün aralıklarda 0-30 ve 30-60 cm toprak katmanlarında ve diğer sulama konularında ise dikimde ve hasatta toprak su içerikleri gravimetrik olarak izlenmiştir.

TDR aletinin yardımıyla dielektrik sabitesi (Ka) 60 cm'lik derinliğe kadar hacimsel su içeriği değerlerinin saptanmasında kullanılmıştır. TDR aleti kendi içerisinde hacimsel su içeriği değerini hacimsel su içeriği ve dielektrik ilişkisini kullanarak vermektedir.

TDR kalibrasyonu için çevrim denklemleri ( $y=ax+b$ ) oluşturulmuştur. Gravimetrik yöntem ile toprak örneklerinin deneme alanından alınarak laboratuvar ortamına taşınması ve tartılması sonrasında 105 °C'de 24 saat (tamamen kuruyuncaya kadar) bekletilerek fırınlama

işlemi ve tartılması ile toprak su içeriklerini (VWC) belirlenmiştir. Ağırlık esasına göre (kütle esası) göre toprak su içeriği (Eşitlik 2):

$$P_w = \frac{YA - KA}{KA} \times 100 \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

$P_w$  = Ağırlık esasına (kütle esasına göre) göre toprak su içeriği,

$YA$  = Toprağın yaş ağırlığı,

$KA$  = Toprağın kuru ağırlığı.

Bu ifadeyle toprağın içerdiği su miktarı ağırlık esasına göre belirlenmektedir; Ağırlık esasına göre su içeriği ( $P_w$ ) aşağıdaki formül kullanılarak hacimsel su içeriği ( $P_v$ ) elde edilmiştir;

$P_v$  = gravimetrik nem içeriği ( $P_w$ ) x hacim ağırlığı ( $g/cm^3$ )/suyun yoğunluğu ( $g/cm^3$ ).

TDR yönteminin çalışma prensibini Jones ve ark, (2002) eşitlik 3 ile açıklamışlardır;

$$\varepsilon = \left( \frac{ct}{2L} \right)^2 \quad (3)$$

Burada;

$\varepsilon$ =dielektrik sabite.

$c$ =ışığın boşluktaki hızı ( $3 \times 10^8$  m/s) ,

$t$ = Sinyalin ortamdaki hareket hızı,

$L$ =elektrod uzunluğu

Eşitlikten de anlaşılacağı gibi ölçümün temeli toprak su içeriğine bağlı olarak, toprak dielektrik sabitesinin ( $\varepsilon$ ) değişmesi ile izah edilmiştir. Dielektrik sabite ve hacimsel su içeriği arasında ilişkiyi ise ( $P_v=f[\varepsilon]$ ; 3. dereceden polinom) olarak belirtmişlerdir.





Şekil 3.8. Toprak nem sensörlerinin yerleştirilmesi ve verilerin data loggerda derlenmesi

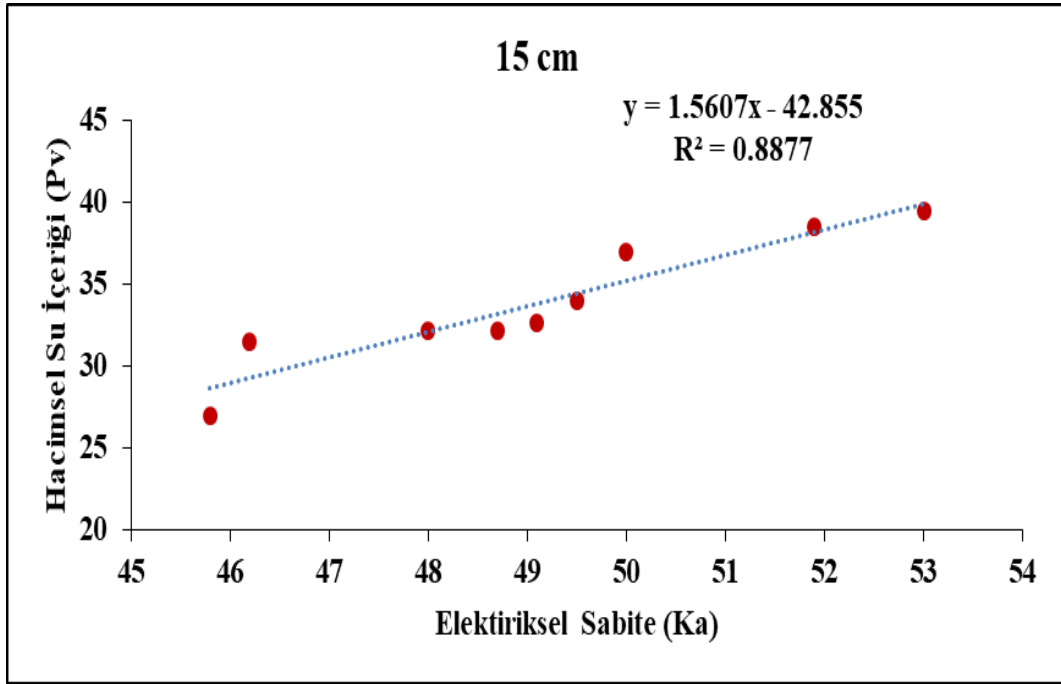




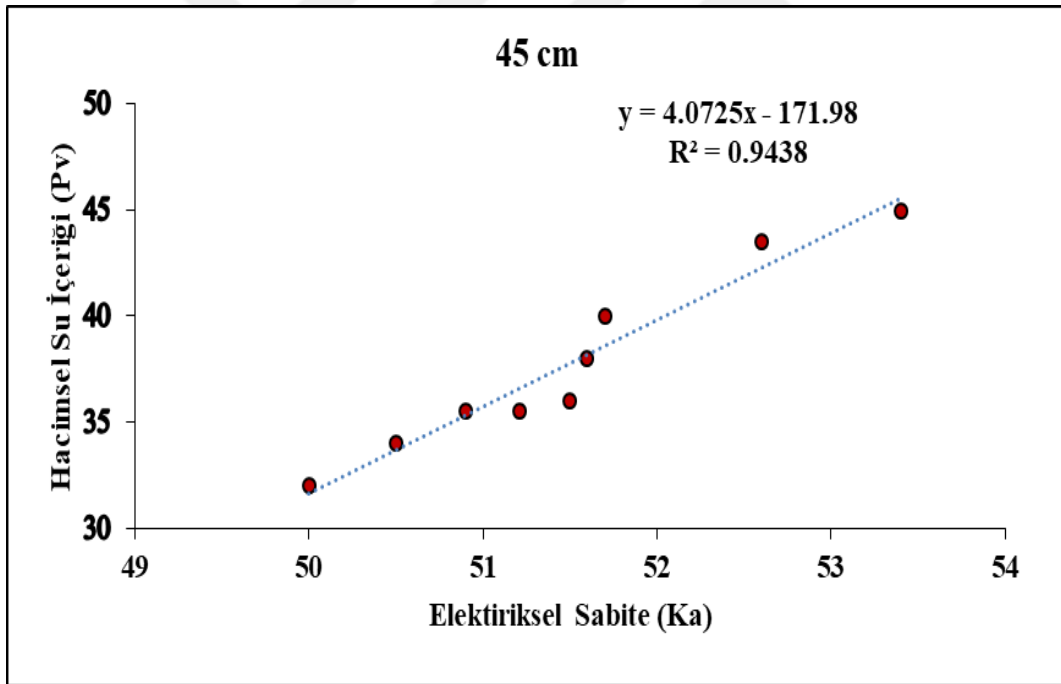
Şekil 3.9. Toprak nem sensörlerinin kalibrasyon işlemleri

TDR kalibrasyonu için deneme alanında denemelere başlamadan önce 2 x 2 m boyutlarında parsel oluşturulmuş ve parsel ortalarına 45 cm derinliğe nem sensörleri yerleştirilmiştir. Parseli doyma noktasına getirecek şekilde su uygulanmıştır. Parselde sensörlerin hemen yanından düzenli olarak bozulmamış toprak örnekleri alınarak hem su içeriği hem de hacim ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Sayım oranlarına karşı hacimsel su içerikleri grafiklenerek deneme alanı topraklarının 15 ve 45 cm'lik derinlikleri için TDR kalibrasyon eğrisi ve denklemi çıkarılmıştır. Her bir katman için belirlenen kalibrasyon eşitlikleri şekil 3.10- 3.11'de verilmiştir.





Şekil 3.10. Kalibrasyon eğrisi ve denklemi (15 cm)



Şekil 3.11. Kalibrasyon eğrisi ve denklemi (45 cm)

### 3.2.5. Gübreleme ve fertigasyon programı

Amarant fideleri deneme parsellerine dikilmeden hemen önce tüm parsellere 15-15-15 kompoze gübresinden 7.5 kg/da N; 7.5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; ve 7.5 kg K<sub>2</sub>O gelecek şekilde bitki sıralarında banda verildikten sonra toprağa karıştırılmıştır.

Dikimden üç hafta sonra başlamak üzere geriye kalan N miktarı ve diğer besin elementleri parsellere her sulamada bir 2.5 kg üre (%46 N) suda çözünerek fertigasyonla uygulanmıştır (Şekil 3.12). Denemede fertigasyonla uygulanan N miktarı 15 kg/da olmuştur.

Fertigasyonda sabit gübre dozu ayarlayabilmek için enjeksiyon pompası (Dijital doz pompası veya dozaj pompası) kullanılmıştır. Gübre uygulama hızı eşitlik 4 ile belirlenmiştir (Keller ve Bliesner, 1990).

$$qc = \frac{Fr A}{c tr Ta} \quad (4)$$

Eşitlikte;

qc: Sıvı gübre çözelti tankından sisteme uygulanan gübreleme hızı, L/h

Fr: Her sulamada. uygulanması gereken bitki besin elementi miktarı, kg/da

A: Sulanan parsel alanı, da

c: Gübre çözeltisindeki bitki besin elementinin gerçek konsantrasyonu, kg/L

tr: Gübreleme süresinin sulama süresine oranı,

Ta: Sulama süresi, h.



Şekil 3.12. İşletme birimi ve fertigasyon uygulaması

### 3.2.6. Bitki su tüketimi

Mevsimlik bitki su tüketimi ( $ET$ ) su bütçesi eşitliği ile belirlenmiştir. Amaran bitkisinin etkili kök derinliği 60 cm olarak alınmış ve bu derinlik için  $ET$  Eşitlik 5 ile hesaplanmıştır (Jensen ve ark., 1990).

$$ET = I + R - DP - RO \pm \Delta S + Cp \quad (5)$$

Burada;

$ET$ : sulama aralığındaki bitki su tüketimi, mm;

$I$ : uygulanan sulama suyu, mm;

$R$ : yağış, mm;

$DP$ : derine sızma, mm;

$RO$ : yüzey akış, mm;

$Cp$ : Kapılar yükselme.

$\Delta S$ ; Yetiştiriciliğin başlangıç ve bitiş aralığında etkili kök bölgesindeki toprak suyu değişimidir, mm. Bu değer indirek yöntemlere göre daha güvenilir olduğunda direk yöntemle belirlenmiştir.

Her bir parselin etrafı toprak seddelerle çevrildiğinden yüzey akış önlenmiştir. Aşırı yağış söz konusu olduğunda yağıştan kaynaklanan derine sızma kayıpları hesaba katılmıştır.

### 3.2.7. Su kullanım randımanı (WUE) ve Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE)

Su kullanım randımanı aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir (Howell, 2001).

$$WUE = Y/ET \quad (5)$$

Burada  $WUE$  = Su kullanım randımanı,  $kg/m^3$

$ET$  = Evapotranspirasyon, mm

$Y$  = Konulardan elde edilen verim,  $kg/da$ .

Sulamanın etkisini belirlemek için sulama suyu kullanım randımanı ( $IWUE$ ) aşağıdaki eşitlikte hesaplanmıştır (Howell, 2001).

$$IWUE = (Y_i - Y_o)/I \quad (6)$$

Burada;  $IWUE$  = Sulama suyu kullanım randımanı,  $kg/m^3$

$Y_i$  = Sulama konulardan elde edilen verim,  $kg/da$

$Y_o$  = Sulama yapılmayan tanık konudan elde edilen verim,  $kg/da$

I = Uygulanan sulama suyu miktarı, mm.

### 3.2.8. Verim tepki etmeni, $k_y$

Son yıllarda bu ilişkileri belirlemek için birçok model geliştirilmiştir. Bunlar içerisinde Stewart eşitliği en yaygın kullanılan modellerden birisidir (Doorenbos ve Kassam, 1979). Bu model oransal su tüketimi eksikliği ile oransal verim azalışı arasındaki ilişkiye dayanmaktadır (Eşitlik 8).

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = k_y \left( 1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \quad (8)$$

Bu eşitlikte.

$Y_a$ = gerçek verim, kg/da.

$Y_m$ =maksimum verim, kg/da.

$ET_a$ =mevsimlik gerçek su tüketimi, mm.

$ET_m$ =mevsimlik maksimum su tüketimi, mm.

$k_y$ =verim tepki etmenini göstermektedir.

Çalışmada, parsellerden elde edilen verim ile mevsimlik su tüketimleri arasındaki ilişkiler regresyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

### 3.2.9. Yaprak su potansiyeli

Yaprak su potansiyeli portatif basınç odacığı (pressure chamber, PMS Instrument Company Model 615) aygıtı ile gün ortasında (12.30 -14.30 arasında) sulama öncesi haftada bir olarak iki yinelemede yapılmıştır. Bu amaçla her parselde bir bitkide tam gelişmiş, güneşe bakan iki yaprakta ölçüm yapılarak ve bunların ortalaması gün ortası yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır. Yaprak su potansiyeli ölçümünde yaprak ayası basınç odacığına sap dışarıda kalacak şekilde yerleştirilmiş ve aygıtın basınç kaynağından yaprak ayası üzerine basınç uygulanarak sapın dışarıda kalan ucunda su damlası belirinceye dek basınç artırılarak uygulanmış ve yaprak sapı ucunda su kabarcığı belirdiği andaki değer yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır.

### 3.2.10. İncelenen bitki özellikler

#### 3.2.10.1. Çıkış ve olgunluk arası ölçüm ve incelemeler

- Bitki Boyu (cm): Çıkıştan sonra fizyolojik olgunluğa kadar geçen sürede. her parselde işaretlenmiş 3 bitkinin haftada bir kez toprak yüzeyi ile bitkinin en üst ucu arasındaki uzunluk olarak bitki boyları ölçülerek ve ortalamaları alınmıştır.
- Salkım (Panikül) Uzunluğu (cm): Çiçeklenme başlangıcı ile fizyolojik olgunluğa

kadar geçen sürede, belirli zaman aralığında parselde 10 bitkide, çiçek salkımının çıktığı boğum ile salkım ucu arasındaki uzunluk olarak belirlenmiştir.

- Klorofil İçeriği (SPAD): Çiçeklenme döneminde gelişimini tamamlamış en genç yapraklarda klorofil içeriği (SPAD meter; Minolta SPAD-502, Tokyo, Japan) ile haftada bir sulama öncesi SPAD birimi olarak ölçülmüştür.
- Yaprak Alan İndeksi: Yaprak alanı taşınabilir bitki tac analizörü (Li-Cor 2000) ile haftalık olarak ölçülmüştür. Bitki tacı analizörü yaprak alan indeksini balık-gözü denilen optik sensörle (148°'lik görüş açısı) radyasyon ölçümlerinden tahmin etmektedir. Tacın üstünde ve altında yapılan ölçümlerden bitki tacının 5 açıdan ölçülen ışık intersepsiyonunu "bitki tacında radyasyon transferi modelinde" kullanarak yaprak alan indeksi (LAI) tahmin edilmektedir.
- Kuru Madde Miktarı (Biyomas): Her bir parselde 3 bitki toprak yüzeyinden kesilerek örnekler alınmıştır. Deneme parsellerinden alınan bitki örnekleri etüve 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye dek kurutulmuştur. Elde edilen kuru ağırlıklar örneğin alındığı alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı hesaplanmıştır.

### 3.2.10.2. Olgunlukta ölçüm ve incelemeler

- Tane Verimi (kg/da): Parsellerde bitkilerin olgunlukta hasadından sonra elde edilen ürünün verimi olarak belirlenmiştir.
- Hasat İndeksi (%): Biyolojik verimin saptanmasından sonra Beadle (1985) tarafından birim alandan elde edilen tane ağırlığının toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlanan hasat indeksi (HI) aşağıdaki Eşitlik 9 belirlenmiştir.

$$HI=Y/DM \quad (9)$$

Eşitlikte;

HI= Hasat indeksi, %

Y= Birim alanda elde edilen tane verimi, kg/m<sup>2</sup>;

DM= Birim alandan elde edilen toprak üstü toplam kuru madde ağırlığıdır, kg/m<sup>2</sup>'dir.

- Hasat: Herbir parselde yeralan 6 bitki sırasından kenarlardan birer sıra ve başlardan 1.0 m değerlendirme dışı bırakılarak 2.80 m x 4 m=11.2 m<sup>2</sup> alandaki bitkiler hasat edilmiştir.

### 3.2.11. Gelişme dönemleri

Amarant bitkisinin gelişme dönemlerinin (vejetatif, çiçeklenme, tane dolumu, fizyolojik olgunluk) başlama ve bitiş tarihlerini belirlemede, parsellerdeki bitkilerin %50'sinin anılan döneme geldiği tarih esas alınmıştır.

### **3.2.12. Deneme sonuçlarının ekonomik analizi**

Deneme sonuçlarının ekonomik analizinde genellikle kullanılan yöntemler Fayda/Masraf Analizi ile Kısmi Bütçeleme (Partial Budgeting) yöntemleridir. Amaranın tek yıllık bir ürün olması, yöntemin sade ve etkili olması nedenleriyle bu araştırmada deneme sonuçlarının ekonomik analizinde “Kısmi Bütçeleme” yönteminden yararlanılmıştır. Yöntem yeni üretim tekniğinin ya da her hangi bir kararın yol açacağı ek faydalarla ek maliyetleri karşılaştırma esasına dayanmaktadır (Sezen ve ark., 2011).

Bu araştırmada Akdeniz iklim koşullarında yetiştirilen amarant bitkisinin, yüzeyaltı ve yüzey damla sulama yöntemlerinde farklı sulama düzeyinin verime etkileri araştırıldığından, sulama yöntem ve düzeylerinin yol açtığı verim farklılıklarının parasal değerleri (Brüt Üretim Değeri Artışı), sulama yöntemlerinin yapılan yetiştiriciliğe göre getirdiği ek maliyetlerle karşılaştırılmıştır. Sulama dışındaki tüm masraflar sabit tutulacağından ek masraflar yalnızca sulama giderleri ile ilgili olmuştur.

### **3.2.13. İstatistiksel analizler**

Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde ise JMP paket programı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD yöntemi uygulanmıştır. Su verim ilişkilerinin belirlenmesinde MS Office Excel uygulaması kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

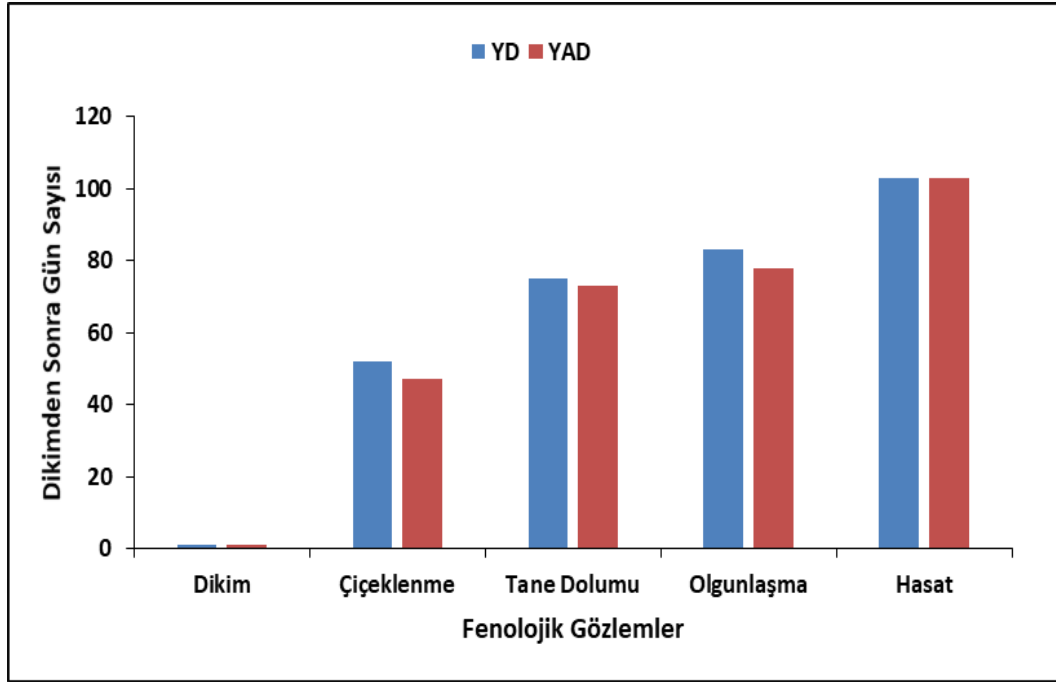
### 4.1. Amaran Bitkisinin Gelişme Dönemleri

Amarant bitkisinin gelişme dönemlerinin başlama ve bitiş tarihlerini belirlemede anılan bitkilere ve parsellerin genel durumlarına bakılarak karar verilmiştir. Buna göre bitki gelişim dönemleri erken vejetatif gelişme, geç vejetatif gelişme, çiçeklenme, tane dolumu ve olgunlaşma dönemleri şeklinde ayrılmıştır. Amaran tohumları viyollerde ve kontrollü ortamda çimlendirilmiştir. Deneme yıllarına göre tam sulama konularında amaran bitkisinin gelişme dönemleri Şekil 4.1 ve 4.2.'de, sulama konularına göre gelişim dönemleri ise Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Amarant tohumları ilk yıl 25.03.2018, ikinci yıl ise 10.03.2019 tarihinde serada viyollere ekilmiştir. Viyollerde ilk çıkışlar 01.04.2018 ve 21.03.2019 tarihinde gözlenmiştir. Amaran fideleri araziye dikimi ilk yıl 04.05.2018, ikinci yıl ise 22.04.2019 tarihinde bitki boyu 10-12 cm boylanınca yapılmıştır. Hasat tarihlerine bakıldığında denemenin ilk yılında 15.08.2018 ikinci yılında ise 10.08.2019 tarihinde yapılmıştır.

Her iki deneme yılında da bitki gelişimleri YAD sulama yönteminde YD yöntemine göre daha erken gözlemlenmiştir. Her iki yılda da bitki gelişimleri dikimden sonra gün sayısı olarak birbirlerine benzerlik göstermiştir. Araştırmada her iki yılında konular arasında gelişme dönemleri bakımından önemli farklılıklar görülmemekle beraber, kontrol konusunda ve özellikle su kısıntısının yoğun uygulandığı RF parsellerinde vejetatif dönemi takiben herbir gelişme dönemine ulaşım daha erken olmuştur. Bunun nedeni, vejetatif dönemde konulu sulama uygulamalarına başlanması ile birlikte belirtilen dönemlerde aşırı hava sıcaklığı yanı sıra uygulanan sulama suyunun bitki gereksinimi sağlayamamasından kaynaklanmıştır.

Araştırmanın ilk yılında gelişme dönemi uzunluğu TS konularında 103 gün olarak belirlenmiştir. Burada söz konusu olan büyüme mevsimi uzunluğu fidelerin tarlaya dikiminden hasada dek geçen toplam süreyi temsil etmektedir. Tohum aşamasından fide aşamasına dek serada geçen süre ise 39 gündür. Dolayısıyla bitkinin toplam büyüme mevsimi uzunluğu 142 gündür (39+103 gün). Denemede mevsim başlangıcı, gelişme, mevsim ortası ve mevsim sonu dönem uzunlukları tam sulama için sırasıyla 39, 46, 31 ve 25 gün olarak saptanmıştır (Şekil 4.1). RF konusunda büyüme dönemi uzunluğu 90 gün, KS25 konusunda 95 gün, KS50, KS75 ve RDI konularında ise sırasıyla 98, 100 ve 101 gün olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).



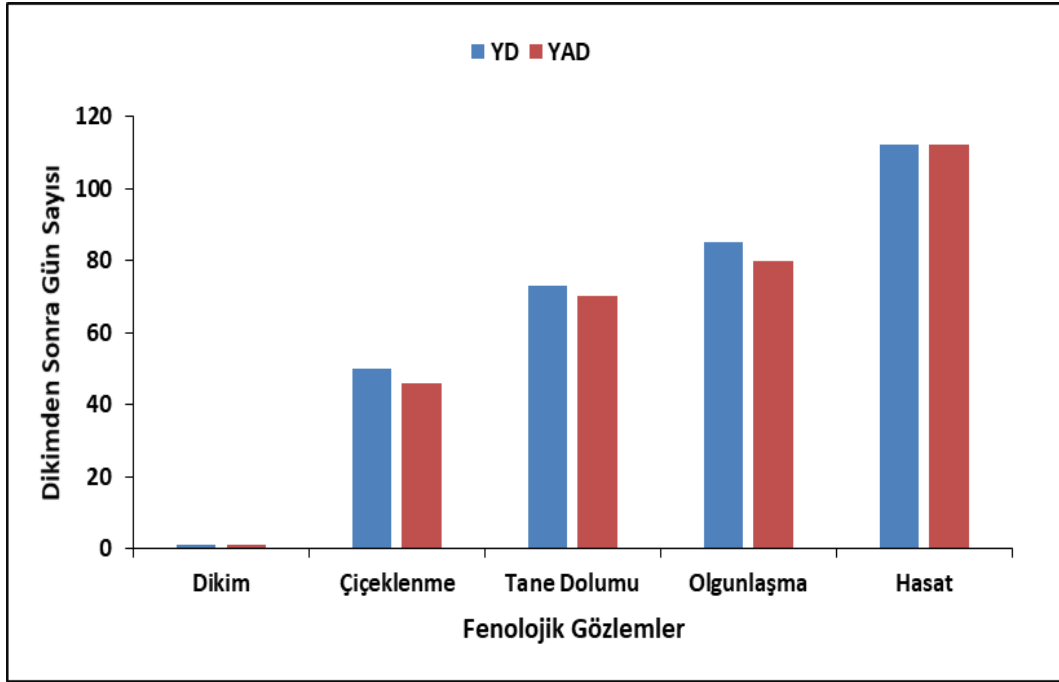
Şekil 4.1. Amaranth bitkisi gelişme dönemleri (2018)

Çizelge 4.1 Sulama yöntemi ve konularına göre amaranth bitkisinin bazı gelişim dönemleri (2018)

Sulama Yöntemi	Sulama Konuları	Fenolojik Gözlemler			
		Dikim	Çiçeklenme	Tane Dolumu	Hasat
YAD	TS	1	47	73	103
	RDI	1	45	69	101
	KS75	1	46	68	100
	KS50	1	45	66	98
	KS25	1	43	65	95
YD	TS	1	52	75	103
	RDI	1	47	72	101
	KS75	1	49	69	100
	KS50	1	47	68	98
	KS25	1	45	67	95
	RF	1	43	64	90

Araştırmanın ikinci yılında gelişme dönemi uzunluğu tam sulama konularında 112 gün olarak belirlenmiştir. Yine aynı şekilde serada geçen 32 günlük süre eklendiğinde toplam büyüme mevsimi uzunluğu 144 gün olmaktadır. Denemede mevsim başlangıcı, gelişme, mevsim ortası ve mevsim sonu dönem uzunlukları tam sulama için sırasıyla 32, 46, 34 ve 32 gün olarak saptanmıştır (Şekil 4.2). RF konusunda büyüme dönemi uzunluğu 101 gün, KS25 konusunda 102 gün, KS50, KS75 ve RDI konularında ise sırasıyla 105, 109 ve 110 gün olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2).





Şekil 4.2. Amaranth bitkisi gelişme dönemleri (2019)

Çizelge 4.2 Sulama yöntemi ve konularına göre amaranth bitkisinin bazı gelişim dönemleri (2019)

Sulama Yöntemi	Sulama Konuları	Fenolojik Gözlemler			
		Dikim	Çiçeklenme	Tane Dolumu	Hasat
YAD	TS	1	48	70	112
	RDI	1	45	67	110
	KS75	1	46	66	109
	KS50	1	45	65	105
	KS25	1	43	65	102
YD	TS	1	50	73	112
	RDI	1	46	71	110
	KS75	1	48	70	109
	KS50	1	46	68	105
	KS25	1	44	67	102
	RF	1	40	62	101

Araştırmacıların önceki çalışmalarında bildirdikleri tane amaranthı yetiştiricilik süreleri çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Gimlinger ve ark. (2008), Avusturyada farklı farklı amaranth çeşitlerinde ve ekim aralıklarında yaptıkları çalışmada *Amaranthus Cruentus* çeşidinde yetiştirme yıllarında bitki gelişim zamanlarının 130-145 gün arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Aufhammer (2000), Almanya'nın güneybatısında nemli bir bölgede yaptıkları çalışmada tane amaranthının yetiştiriciliğinin 130-150 gün arasında olduğunu bildirmiştir.

## 4.2. Uygulanan Sulama Suyu Miktarları

Denemenin birinci yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama parsellerine uygulanan sulama suyu miktarları ve tarihleri Çizelge 4.3-6'de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında deneme parsellerinde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla konulu sulamaların başladığı 15.05.2018 tarihine kadar tüm deneme konularına eşit miktarda toplam 60 mm su uygulanırken denemenin ikinci yılında 9.05.2019 tarihine kadar 50 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Deneme ilk yılında fidelerin dikim işlemleri 4.05.2018 tarihinde tamamlandıktan sonra tüm konulara ilk can suyu olarak eşit miktarda 30 mm sulama suyu uygulanmıştır. Ayrıca, 8.05.2018 ve 15.05.2018 tarihlerinde tüm konulara sırasıyla 20 ve 10 mm eşit miktarda sulama suyu verilmiştir. Konulu sulama programına her iki sulama yönteminde 29.05.2018 tarihinde başlanmış, YD yönteminde 18.07.2018 YAD yönteminde ise 15.07.2018 tarihinde sulamalara son verilmiştir. Denemenin ilk yılında YD yöntemine 3 eşit 9 konulu sulama yapılırken YAD yöntemine 3 eşit 7 konulu sulama yapılmıştır. YD yönteminde uygulanan toplam sulama suyu miktarları 158-453 mm arasında, YAD yönteminde ise 134-356 mm arasında değişmiştir. YD tam sulama (TS) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı 453 mm olurken, KS75 konusuna 355, KS50 konusuna 257, KS25 konusuna ise 158 mm su uygulanmıştır. Planlanmış kısıntılı sulama (RDI) uygulamasında çiçeklenme dönemine kadar sulama suyundan %50 kısıntı yapılmış, bu tarihten itibaren kök bölgesinde eksik suyun tamamı karşılanmıştır. Böylece RDI konusunda toplam sulama suyu miktarı 401 mm olmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. YD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2018 yılı)

Sulama Tarihi	Sulama Suyu Miktarı (mm)					
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF
4.05.2018	30	30	30	30	30	30
8.05.2018	20	20	20	20	20	20
15.05.2018	10	10	10	10	10	10
29.05.2018	30	15	23	15	8	0
8.06.2018	35	18	26	18	9	0
15.06.2018	40	20	30	20	10	0
19.06.2018	48	48	36	24	12	0
26.06.2018	48	48	36	24	12	0
3.07.2018	48	48	36	24	12	0
8.07.2018	48	48	36	24	12	0
13.07.2018	48	48	36	24	12	0
18.07.2018	48	48	36	24	12	0
<b>Toplam</b>	453	401	356	257	158	60

Toprak altı damla sulama (YAD) uygulamasında TS konusunda 356 mm, KS75 konusunda 282, KS50 konusunda 208 ve KS25 konusuna ise 134 mm sulama suyu uygulanmıştır. Toprak altı damla sulama RDI konusunda, yüzey damla sulama RDI konusunda olduğu gibi çiçeklenme dönemine kadar %50 kısıntılı, çiçeklenmeden itibaren tam sulama yapılarak bitkiye toplam 304 mm sulama suyu verilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. YAD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2018 yılı)

Sulama Tarihi	Sulama Suyu Miktarı (mm)					
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF
4.05.2018	30	30	30	30	30	30
8.05.2018	20	20	20	20	20	20
15.05.2018	10	10	10	10	10	10
29.05.2018	30	15	23	15	8	0
9.06.2018	32	16	24	16	8	0
18.06.2018	42	21	32	21	11	0
24.06.2018	48	48	36	24	12	0
1.06.2018	48	48	36	24	12	0
8.07.2018	48	48	36	24	12	0
15.07.2018	48	48	36	24	12	0
<b>Toplam</b>	356	304	282	208	134	60

Araştırmanın ikinci yılında yüzey damla sulama yönteminde (YD) tam sulama (TS) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı 488 mm olurken KS75 konusuna 378 mm, KS50 konusuna 269 ve KS25 konusuna ise 159 mm su uygulanmıştır. RDI konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı ise 413 mm olmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. YD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2019 yılı)

Sulama Tarihi	Sulama Suyu Miktarı (mm)					
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF
22.04.2019	10	10	10	10	10	10
29.04.2019	10	10	10	10	10	10
6.05.2019	15	15	15	15	15	15
9.05.2019	15	15	15	15	15	15
24.05.2019	36	18	27	18	9	0
30.05.2019	36	18	27	18	9	0
3.06.2019	36	18	27	18	9	0
7.06.2019	42	21	31	21	10	0
13.06.2019	48	48	36	24	12	0
19.06.2019	48	48	36	24	12	0
27.06.2019	48	48	36	24	12	0
5.07.2019	48	48	36	24	12	0
11.07.2019	48	48	36	24	12	0
17.07.2019	48	48	36	24	12	0
<b>TOPLAM</b>	488	413	378	269	159	50

Araştırmanın ikinci yılında YAD sulama yönteminde TS konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı 404 mm olurken KS75 konusuna 315 mm, KS50 konusuna 227 ve KS25 konusuna ise 138 mm su uygulanmıştır. RDI konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı ise 347 mm olmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. YAD sulama konularındaki sulama tarihleri uygulanan sulama suyu miktarları (2019 yılı)

Sulama Tarihi	Sulama Suyu Miktarı (mm)					
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF
22.04.2019	10	10	10	10	10	10
29.04.2019	10	10	10	10	10	10
6.05.2019	15	15	15	15	15	15
9.05.2019	15	15	15	15	15	15
24.05.2019	36	18	27	18	9	0
30.05.2019	36	18	27	18	9	0
6.06.2019	42	21	31	21	10	0
10.06.2019	48	48	36	24	12	0
18.06.2019	48	48	36	24	12	0
25.06.2019	48	48	36	24	12	0
5.07.2019	48	48	36	24	12	0
16.07.2019	48	48	36	24	12	0
<b>TOPLAM</b>	404	347	315	227	138	50

Araştırmanın ikinci yılında konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ilk yıla kıyasla daha fazla olmuştur. Bunun nedeni ilk yıl Nisan ayı yağışlarının fazla olması fidelerin geç dikilmesine neden olduğundan sulamalara daha geç tarihte başlanmış olmasıdır.

Araştırmanın her iki yılında da verilerin incelenmesinden görüleceği gibi YAD sulama yönteminde YD sulama yöntemine oranla daha az sulama suyu uygulanmıştır. Bunun nedeni YAD sulama uygulamalarında toprak yüzeyinde meydana gelen buharlaşma kayıplarının YD sulama yöntemine göre daha düşük olmasından kaynaklanmıştır.

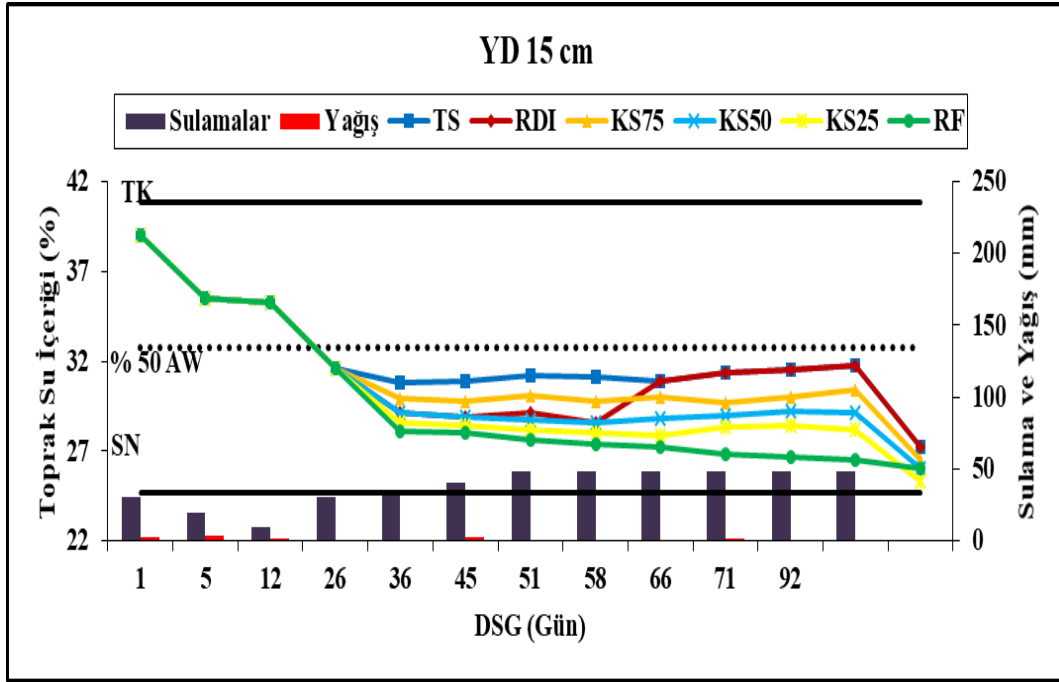
Araştırmada uygulanan sulama suyu miktarları önceki yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Patel ve ark. (2005), Hindistan'da amarant bitkisinde yaptıkları çalışmada uyguladıkları sulama suyu miktarı 120-420 mm arasında, Rule (2007), Manhattan'da kuru ve sulu koşullarında amarant tane verimi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada sulu koşullarda 203-356 mm arasında değişmiştir.

Pulvento ve ark. (2015a), İtalya'da amarant bitkisinin su gereksinimlerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada 46-234 mm arasında değişmiştir. Çalışmamızdan çok daha az sulama suyu uygulamalarının nedeninin çalışma yıllarında ortalama 180 mm yağış düşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### **4.3. Toprak Su İçeriği**

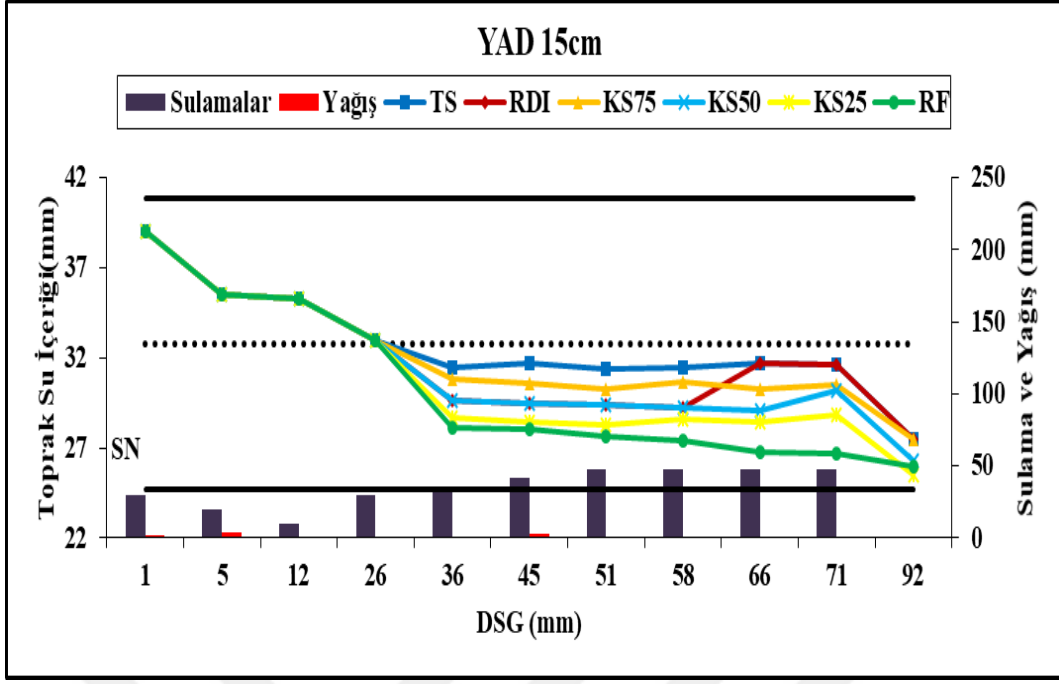
Tüm deneme konularında toprak su içeriği gözlemleri aktif kök bölgesi derinliğine (15 ve 45 cm) yerleştirilen otomatik kaydedicili TDR yöntemiyle (SM-150T toprak nem sensörü ve GP2 datalogger; Delta-T Devices-UK) sürekli olarak ölçülmüş ve hasada dek sürdürülmüştür. Ayrıca, deneme başlangıcında ve bitiminde toprak su içeriğini belirlemek amacıyla 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerden gravimetrik yöntemle toprak örnekleri de alınmıştır. Araştırma yıllarında YAD ve YD sulama konularında 15 cm ve 45 cm derinliklerde sulamalardan önce ölçülen toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimleri sırasıyla Şekil 4.3-4.6 ve 4.7-4.10'da ve Bitkinin büyüme mevsimi boyunca zamansal değişimi ise Ek şekil 1-8 arasında verilmiştir. Anılan şekillerden görüleceği gibi toprak su içeriği tam sulama konusunda her iki sulama yöntemi için de mevsim boyunca en yüksek seyretmiştir. Tam sulamaya ilişkin toprak su içeriği eğrisinin hemen altında RDI ve KS75 konuları yer almıştır. Bu konulardaki su içerikleri bitkinin su eksikliği çekmeyeceği düzeylerde kalmıştır. Kısıntılı sulama konularında KS50 ve KS25'de ise su içeriği mevsim sonlarına doğru azalmış ve su eksikliği bitki gelişmesini ve verimini olumsuz etkileyecek düzeylere inmiştir. Sulanmayan RF konusunda ise toprak su içeriği değerleri mevsim başından başlayarak azalmış ve mevsim sonunda solma noktasının altına dek azalmıştır (Şekil 4.3). YAD sulama yöntemi konularında YD yöntemine göre toprak su içeriği daha yüksek seyretmiştir. Bunun nedeni yüzeyden buharlaşma kayıplarının yüzeyaltı damla

yöntemlerinde büyük oranda azalması gösterilebilir. RF konusunda toprak su içerikleri konulu sulama uygulamalarına başladıktan sonra düşmeye başlayarak hasada doğru SN gelmiştir.



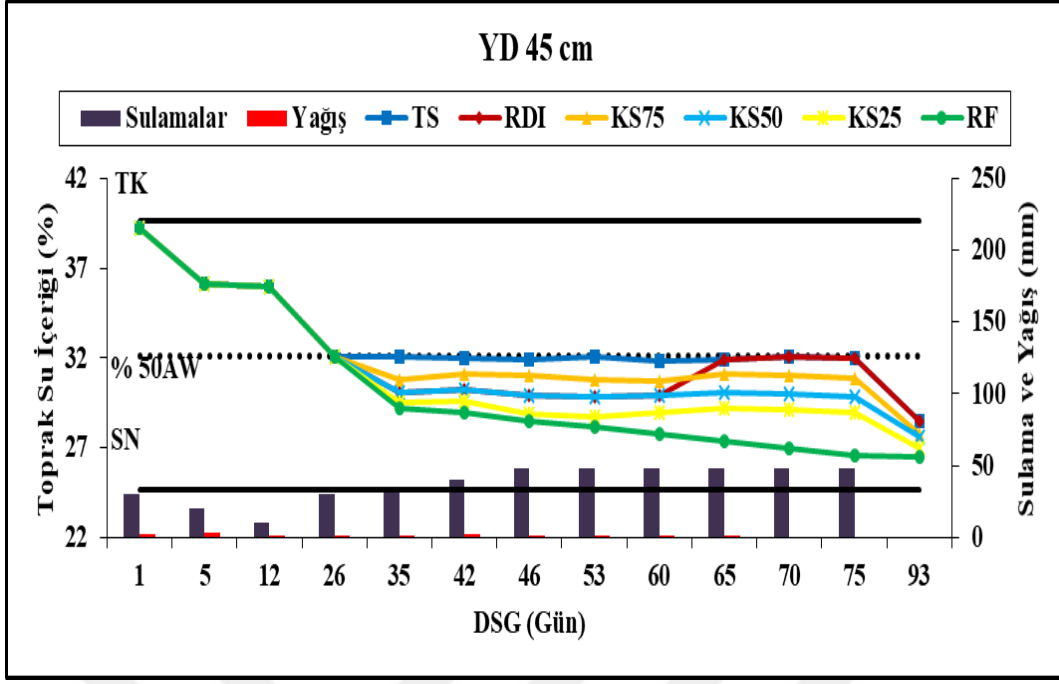
Şekil 4.3. YD konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018)

YAD sulama konularında 15 cm derinliğindeki toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.4.'de verilmiştir. Dikimden sonraki günlerde (DSG) tüm konularda 1-26 DSG tarihleri arasında su içerikleri %50 kullanılabilir nemin yukarısında kalmıştır. Bu tarihten itibaren ise TS konusunda toprak su içeriği genellikle %50 kullanılabilir nem düzeyine yakın seyretmiş olup, KS75, KS50 ve KS25 sulama konularında ise su içerikleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak %50 kullanılabilir nem ile solma noktası arasında kalmıştır. RDI sulama konusunda su içerikleri ise çiçeklenme sonrası 58 DSG'den sonra TK seviyesinde seyrederken, KS50 ve KS25 konuları genellikle solma noktasına yakın bir düzeyde değişim göstermiştir.



Şekil 4.4. YAD sulama konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018)

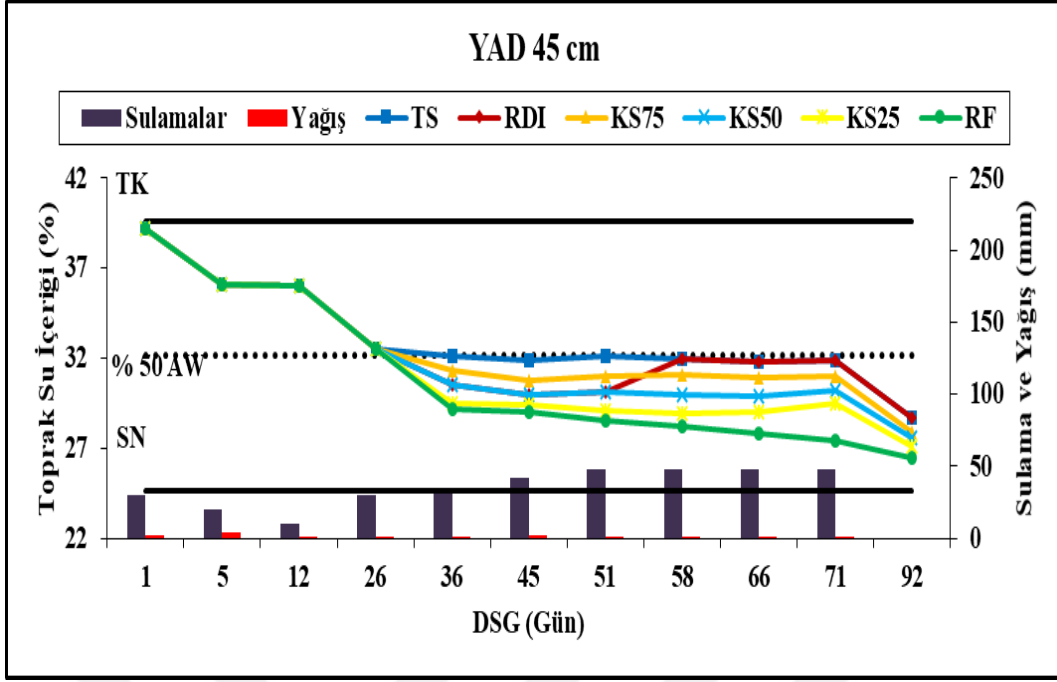
YD konularında sulamalardan bir gün önceki toprak profilinin 60 cm derinliğine tekabül eden 45 cm toprak toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.5’de verilmiştir. Anılan şekli incelediğimizde TS konusunda toprak su içerikleri kullanılabilir nemin %50 düzeyinde kalmıştır. KS75, KS50 ve KS25 konuları kullanılabilir nemin % 50’nin altında seyretmiştir. RF konusu ise hasada doğru solma noktasının altına kadar düşmüştür. RDI konusunda ise toprak su içerikleri çiçeklenme sonrası 60 DSG’den sonra TS konusuna yakın seyretmiştir.



Şekil 4.5. YD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018)

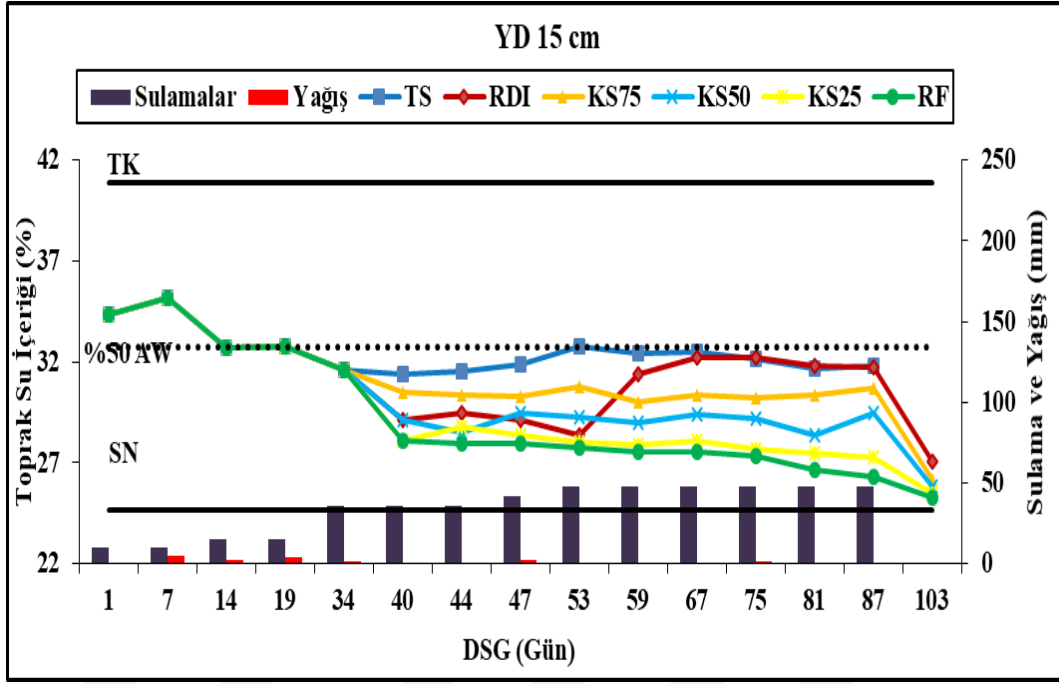
YAD 45 cm toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.6.'da verilmiştir. Anılan şekli incelediğimizde tüm konularda su içerikleri 1-36 DSG tarihleri arasında mevsim başında %50 kullanılabilir nemin yukarısında kalmıştır. TS konusunda su içeriği değerleri genellikle %50 kullanılabilir nem düzeyine yakın olmuştur. KS75, KS50 sulama konularında su içerikleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak %50 kullanılabilir nem ile solma noktası arasında kalmıştır. RDI konusu toprak su içeriği KS50 konusuyla benzer seyrederken 58 DSG tarihinden sonra TS konusuna benzer seyretmiştir.





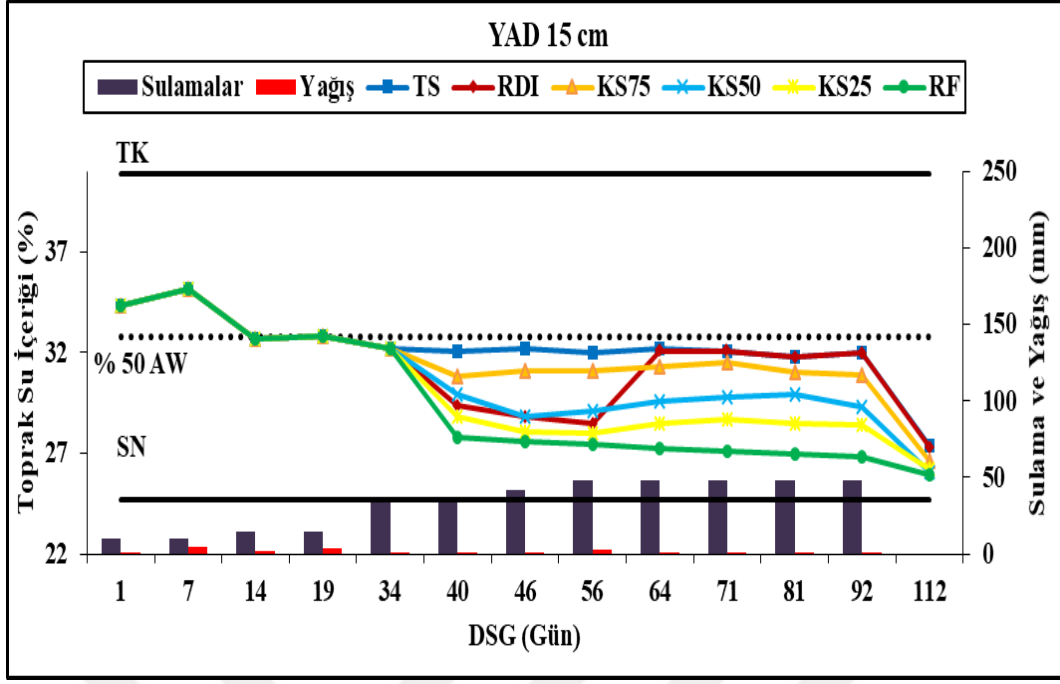
Şekil 4.6. YAD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2018)

Araştırmanın ikinci yılında ölçümlere, fidelerin dikim tarihinde 1-112 DSG'ye kadar takip edilmiştir. YD 15 cm toprak profilinin 60 cm derinliğinde sulamalardan bir gün önceki toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.7'de verilmiştir. Konulu sulamalara başladığımız tarihten itibaren konulara uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak, toprak su içeriği değerleri farklılık göstermiştir. Anılan şekli incelediğimizde mevsim başında tüm konularda 1-34 DSG tarihleri arasında su içerikleri %50 kullanılabilir nemin üzerinde kalmıştır. Bu tarihten itibaren TS toprak su içeriği değerleri genellikle %50 kullanılabilir nemin üzerinde kalırken, KS75, KS50 ve KS25 sulama konularında su içeriği genel olarak %50 kullanılabilir nemin altında yer almıştır. RDI konusunun toprak su içeriği değişimi 53 DSG tarihine kadar KS50 ile benzer seyrederken bu tarihten sonra TS konusu ile aynı sulama suyu uygulaması yapıldığında bu konuya benzer seyretmeye başlamıştır.



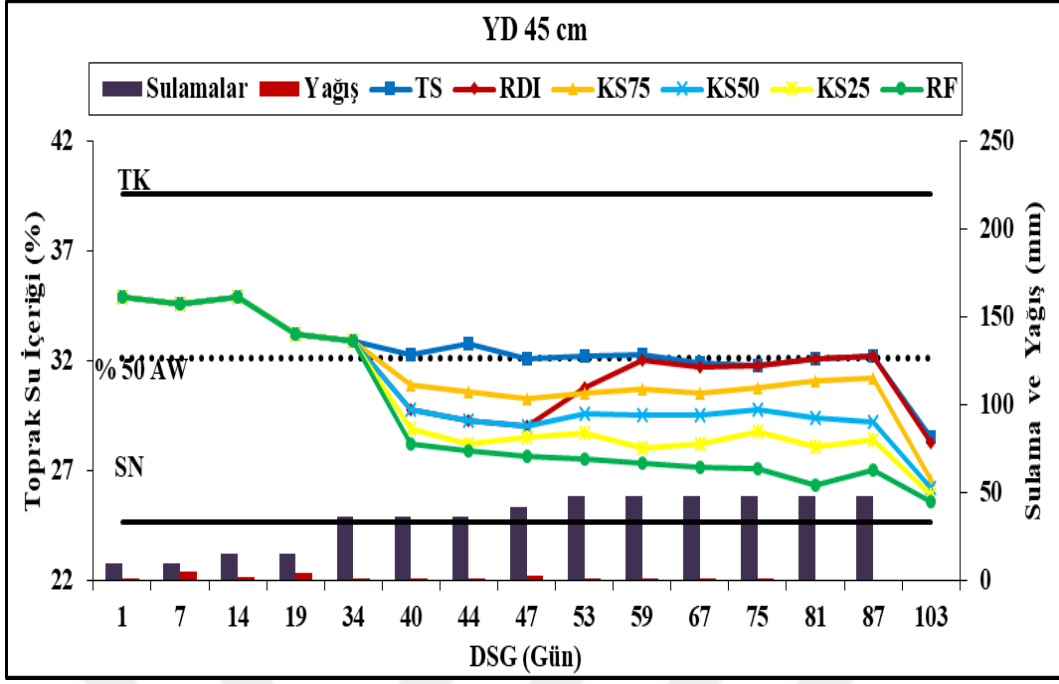
Şekil 4.7. YD sulama konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019)

YAD 15 cm toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.8’de verilmiştir. Anılan şekli incelediğimizde mevsim başında tüm konularda toprak su içerikleri %50 kullanılabilir nemin yukarısında kalmıştır. Konulu sulamalara 34 DSG’de başladıktan sonra TS konuları % 50 kullanılabilir nem seviyesinde seyredirken diğer KS75, KS50 ve KS25 % 50 kullanılabilir nem ile solma noktası arasında değişmiştir. Tarla kapasitesi üzerindeki bu değer derine sızma kaybı olarak dikkate alınmıştır. RDI konusunda toprak su içeriği ise 53 DSG tarihine kadar KS50 ile benzer bu tarihten sonra ise TS konusuna benzer seyretmiştir. RF konuları toprak su içerikleri konulu sulamalardan sonra azalarak hasada doğru solma noktasının altına düşmüştür.



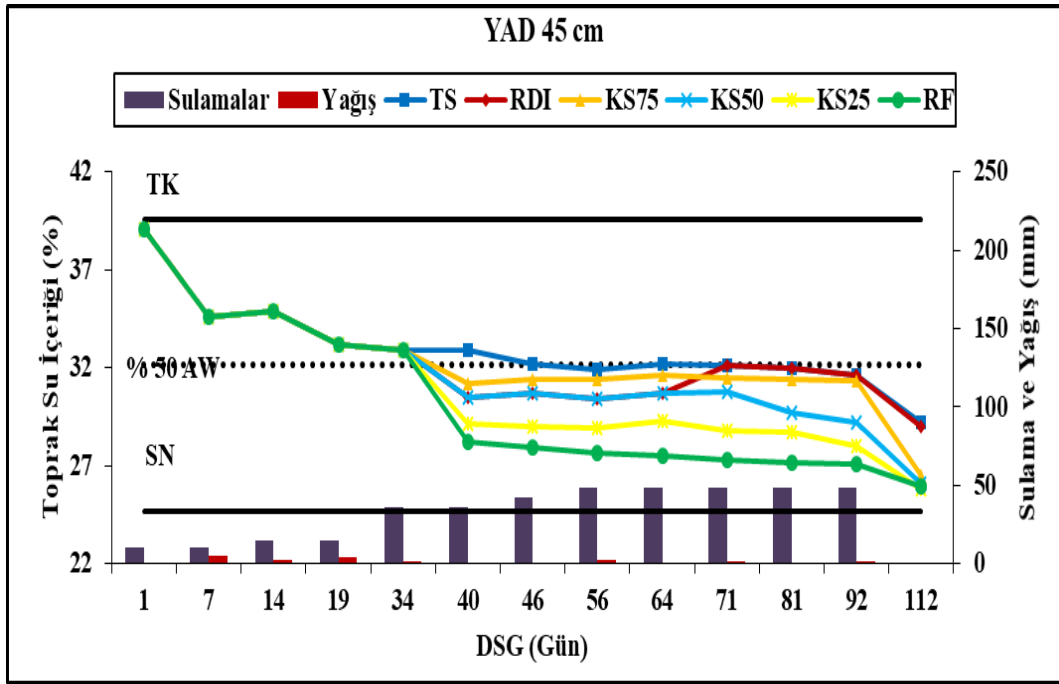
Şekil 4.8. YAD sulama konularında 15 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019)

YD 45 cm toprak profilinin 60 cm derinliğinde sulamalardan bir gün önceki toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir. Anılan şekli incelediğimizde mevsim başında tüm konularda 1-34 DSG tarihleri arasında su içerikleri %50 kullanılabilir nemin üzerinde kalmıştır. Bu tarihten itibaren ise TS ve 53 DSG’den sonra RDI konuları genellikle %50 kullanılabilir düzeyinde kalmışlardır. Diğer konuların toprak su içerikleri sulama konuların göre farklılık göstermiştir. Tüm konulara sulamalar 87 DSG’den sonra toprak su içerikleri hasada doğru solma noktası civarına kadar düşmüşlerdir.



Şekil 4.9. YD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019)

YAD 45 cm toprak profilinin 60 cm derinliğinde sulamalardan bir gün önceki toprak su içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde mevsim başında tüm konularda 1-40 DSG tarihleri arasında toprak su içerikleri %50 kullanılabilir nemin üzerinde kalmıştır. Sulama konularına başladıktan sonra TS ve 64 DSG'den sonra RDI konuları genellikle %50 kullanılabilir düzeyinde kalmışlardır. Diğer konuların toprak su içerikleri sulama konularına göre farklılık göstermiştir. Tüm konulara sulamalar 92 DSG'den sonra toprak su içerikleri hasada doğru solma noktası civarına kadar düşmüşlerdir.



Şekil 4.10. YAD sulama konularında 45 cm derinlikte sulama öncesi toprak su içeriği değerlerinin zamansal değişimi (2019)

#### 4.4. Bitki Su Tüketimi (ET)

Deneme konularına ilişkin mevsimlik bitki su tüketimi (ET) değerleri Çizelge 4.7 ve 4.8’de, verilmiştir. Denemenin ilk yılında mevsimlik bitki su tüketimi YD sulama yönteminde 302-586 mm, YAD yönteminde ise 278-472 mm arasında değişiklik göstermiş olup sulama yapılmayan RF konusunda ise 209 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.7. Araştırmanın birinci yılına ait ET değerleri (2018 yılı)

Yöntem	Konular	I (mm)	P (mm)	$\Delta S$ (mm)	DP (mm)	ET (mm)
YD	TS	453	19	114	0	586
	RDI	401	19	116	0	535
	KS75	355	19	127	0	500
	KS50	257	19	135	0	410
	KS25	158	19	125	0	302
YAD	TS	356	19	97	0	472
	RDI	304	19	98	0	421
	KS75	282	19	116	0	417
	KS50	208	19	120	0	347
	KS25	134	19	125	0	278
	RF	60	19	130	0	209

Denemenin ikinci yılında mevsimlik ET değerleri YD sulama yönteminde 294-623 mm, YAD yönteminde ise 273-520 mm arasında değişmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda ise 188 mm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Araştırmanın ikinci yılına ait ET değerleri (2019 yılı)

Yöntem	Konular	I (mm)	P (mm)	$\Delta S$ (mm)	DP (mm)	ET (mm)
YD	TS	488	23	112	0	623
	RDI	413	23	11	0	549
	KS75	378	23	118	0	518
	KS50	269	23	123	0	415
	KS25	159	23	112	0	294
YAD	TS	404	23	93	0	520
	RDI	347	23	88	0	458
	KS75	315	23	107	0	444
	KS50	227	23	115	0	365
	KS25	138	23	112	0	273
RF		45	23	120	0	188

Her iki yılda da, YAD sulama yönteminde aynı sulama düzeylerinde belirlenen ET değerleri yüzey damla sulama yöntemine kıyasla daha düşük kalmıştır. Sulama konularına ilişkin ET değerleri her iki araştırma yılında benzer seyretmiştir. Yüzey damla sulama konularındaki bitki su tüketimi değerleri YAD sulamaya göre % 16-19 daha yüksek olmuştur.

Çalışma sonuçlarımız diğer araştırmacıların sonuçlarına benzerlik göstermektedir. Adeniran ve ark. (2010), Nijerya'da CROPWAT programı kullanarak bölgede yetiştiriciliği yapılan bitkilerin tahmini su tüketimlerini hesaplamışlardır. Amarant bitkisinin tahmini toplam bitki su tüketimini ise 356.1 mm olarak belirlemişlerdir. Pulvento ve ark. (2015a), İtalya'da yaptıkları çalışmada Penman-Monteith modeli ile farklı yıllarda ve uzun yıllık iklim verileri kullanarak amarant bitkisinin tahmini bitki su tüketimini ( $ET_0$ ) hesaplamışlardır. Toplam  $ET_0$  değerleri 840-1220 mm (Mart-Ağustos) arasında değişmiştir. Johnson ve Henderson (2002), Teksas'da amarant bitkisinin su verim ilişkilerini araştırdıkları çalışmada bitki su tüketimi 164-322 mm arasında, Kpadonou ve ark. (2019), Kamerun'da yaptıkları çalışmada yağmurlama sulama yöntemi uyguladıkları amarant bitkisinde su tüketimi değerini 684 mm olarak belirlemişlerdir.

#### 4.5. Tane Verimi

Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen amarant tane verimleri Çizelge 4.9'da, verilmiştir. Farklı damla sulama yöntemleri ve sulama rejimleri kullanılarak sulanan

amarant bitkisinden elde edilen dane verimleri ilk yıl 184 kg/da ile 391 kg/da; ikinci yıl ise 196 kg/da ile 406 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek tane verimi 391 ve 406 kg/da ile YAD sulama yönteminin TS konusunda sırasıyla 2018 ve 2019 deneme yıllarında elde edilmiştir. Araştırmanın her iki yılında genel olarak YAD sulama yönteminde elde edilen tane verimleri yüzey damla sulama konularından daha yüksek olmuştur. Bunun nedeni, YAD sulama yönteminde gerçekleşen buharlaşma miktarının yüzey damla sulama yöntemine göre çok daha az olmasından dolayı toprak su içeriğinin korunması ile bitki gelişiminin daha iyi olmasından kaynaklanmış olabilir.

İlk yıl sonuçlarına bakıldığında genel olarak YAD sulama yöntemindeki sulama konularından YD sulama yöntemindeki sulama konularına göre % 3 daha yüksek verim elde edilmiştir. YD sulama yönteminde en yüksek verim TS konusunda 379 kg/da; TS konusundan sonra çiçeklenme sonrası tam su uygulaması yapılan RDI konusunda % 5'lik verim azalışı, en düşük ise KS25 konusunda % 42'lik verim azalmasıyla 221 kg/da elde edilmiştir. YAD yönteminde sulama konularında belirlenen verim değerleri YD yöntemi sulama konularına benzerlik göstermiştir. Bu yöntemde yine en yüksek verim TS konusunda 391 kg/da en düşük verim ise KS25 konusunda % 43'lük verim azalışıyla 232 kg/da elde edilmiştir. RF konusunda belirlenen ortalama verim değeri ise YAD TS konusuna göre % 53'lük verim azalışıyla 184 kg/da elde edilmiştir. Deneme yıllarında farklı sulama yöntemi ve sulama konularına ilişkin verim değerlerinin LSD gruplandırması Çizelge 4.10 ve 4.11'de ve verime ilişkin yıllara göre varyans analiz tabloları Ek Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Araştırma yıllarında deneme konularında ortalama amarant tane verimleri

Sulama Yöntemi	Sulama Konuları	Tane Verimi (kg/da)	
		2018	2019
YD	TS	379	395
	RDI	359	376
	KS75	330	345
	KS50	275	270
	KS25	221	225
YAD	TS	391	406
	RDI	368	390
	KS75	345	360
	KS50	292	282
	KS25	232	237
	RF	184	196

Araştırmanın ilk yılında amarant tane verimleri 184 ile 391 kg/da arasında değişmiştir. YAD yönteminin sulama konuları YD yöntemine benzerlik göstermesine karşın tane verimleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar ( $P<0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Farklı sulama yöntemi ve sulama konularının verime ilişkin LSD gruplandırması (2018)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	391 a	368 c	345 e	292 g	232 ı	184 k	<b>302 a</b>
YD	379 b	359 d	330 f	275 h	221 j	184 k	<b>291 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>385 a</b>	<b>363 c</b>	<b>337 b</b>	<b>284 d</b>	<b>227 e</b>	<b>184 f</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=3.17; P=0.0018** SK: LSD(0.05)=2.88; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=4.08; P=0.0001**						

$P<0.01$  (\*\* %1 düzeyinde önemli)  $P<0.05$  (\* %5 düzeyinde önemli)  $P>0.05$  öd (önemli değil)

Araştırmanın ikinci yılında amarant bitkisinin tane verimleri 196-406 kg/da arasında değişmiştir. YD sulama yönteminde tane verimleri 225 ile 395 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek verim 395 kg/da ile TS konusunda alınırken, RDI konusunda % 5'lik azalışla 376 kg/da, en düşük ise % 43'lük azalışla KS25 konusundan elde edilmiştir. YAD sulama yönteminde tane verimleri 237-406 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek verim TS konusunda görülürken RDI konusunda % 4'lük verim azalışıyla 390 kg/da, en düşük ise KS25 konusunda % 41'lik azalışla 237 kg/da elde edilmiştir. RF konusunda ise 196 kg/da ile YAD TS konusuna göre % 52'lik bir verimde düşüş gözlemlenmiştir.

YAD yönteminin sulama konularından elde edilen tane verimleri YD yöntemi ile benzerlik göstermesine karşın Çizelge 4.11'de de görüleceği üzere konular arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur ( $P<0.01$ ).



Çizelge 4.11. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin verime ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	406 a	390 b	360 d	282 f	237 h	196 j	<b>312 a</b>
YD	395 b	376 c	345 e	270 g	225 ı	196 j	<b>301 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>400 a</b>	<b>383 b</b>	<b>353 c</b>	<b>276 d</b>	<b>232 e</b>	<b>196 f</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=1.03; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=3.88; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=5.48; P=0.0056**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırmanın her iki yılında da RDI konularına tam sulama konularına yakın sulama suyu uygulandığından verim değerleri de tam sulama konularındaki verim değerlerine benzer bulunmuştur. Tane verim değerlerine bakıldığında tam sulama ve RDI konularını her iki sulama yönteminde de KS75 konusu izlemiştir. Genel olarak sulama yöntemleri arasında verim bakımından önemli farklar (P<0.01) gözlenmiştir. Araştırmanın ikinci yılında deneme konularında elde edilen verim değerlerinin ilk yıla kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak, ilk yıl aşırı yağışlar nedeniyle amarant fidelerinin geç dikilmesi ve bunun sonucunda yüksek sıcaklıkların bitkinin vejetatif gelişimini olumsuz etkilemesidir.

Çalışma sonuçları diğer araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Berghofer ve Schoenlechner, (2002), Avusturya’da amarant yetiştiriciliğinde 200-400 kg/da arasında tane verimleri alındığını bildirmişlerdir. Ejieji ve Adeniran (2010), Nijerya’da farklı su düzey (Kontrol: %100, orta düzey su stresi: %75 ve şiddetli su stresi: %50) ve gübre uygulamalarının (%100, 75 ve 50) amarant verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Amarant tane verim değerleri 125-229 kg/da arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek verim ise %100 su düzeyin ve %100 gübre uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Yazar ve ark. (2014), Çukurova bölgesinde 4 farklı amarant çeşidinin bölgeye adaptasyonun araştırdıkları çalışmada tane verimlerini 211-449 kg/da arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Anonim, 2013). En yüksek veriminin ise A<sub>14</sub> çeşidinde aldıklarını bildirmişlerdir. Pulvento ve ark. (2015a), İtalya’nın güneyinde 3 farklı sulama rejimi (A<sub>100</sub>: haftalık sulama aralığında eksik nemin tarla kapasitesine tamamlandığı konu, A<sub>50</sub>: A<sub>100</sub> konusuna uygulana suyun yarısının uygulandığı konu ve A<sub>25</sub>: A<sub>100</sub> konusuna uygulanan suyun %25’nin uygulandığı konu) ve tuz stresi (100S, 50S ve 25S) uygulamalarının amarant verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada amarant tane verim değerleri 130-265 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek verim A<sub>100</sub> sulama rejiminde 50S tuz stresi konusunda elde etmişlerdir. Zubillaga ve ark. (2019), Arjantin’de üç farklı amarant çeşidinde farklı ekim zamanı (10 Kasım, 1 Aralık, 22 Aralık ve 11 Ocak) ve azot dozunun (0, 50, 100, 150 ve 300 kg/ha) verim üzerine etkilerini inceledikleri

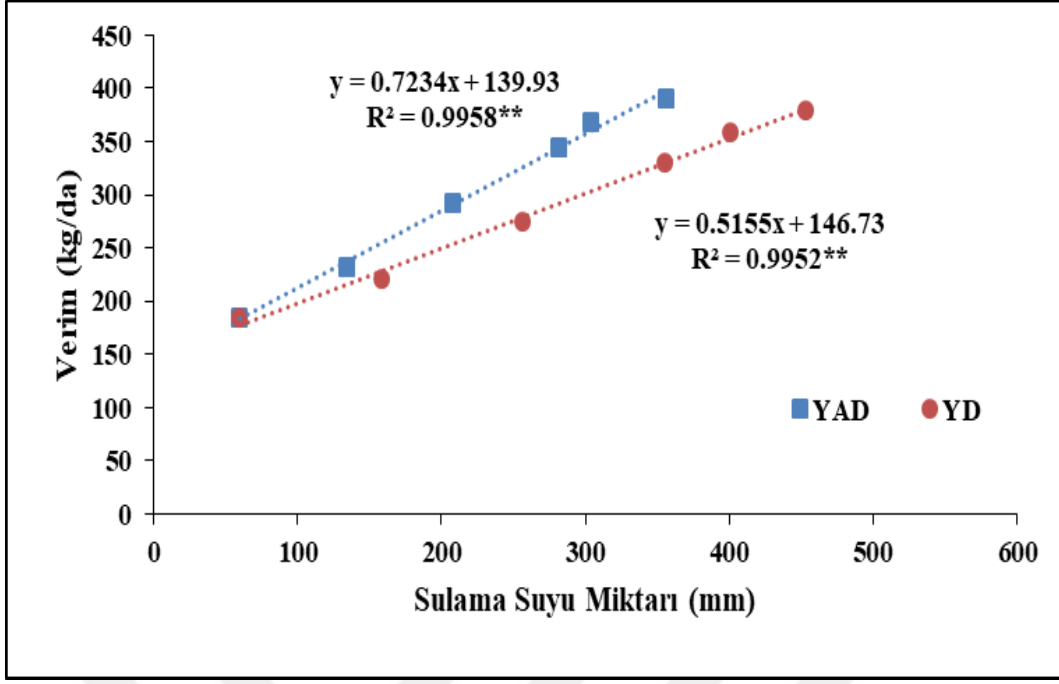
çalışmada; amarant tane verim değerleri 72-529 kg/da arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ekonomik olarak *Amaranthus Cruentus* cv. Mexicano çeşidinde 1 Aralık ekim tarihinde 150 kg/ha azot uygulamasını önermişlerdir.

Bazı araştırmacıların elde ettikleri tane verimleri bizim tane verimlerinden oldukça az bulunmuştur. Johnson ve Henderson (2002), Kuzey Dakotada farklı amarant çeşitlerinde farklı toprak derinliklerine göre sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada tane verim değerleri 110-220 kg/da arasında değişmiştir. Pospisil ve ark. (2006), Hırvatistan'da iki farklı amarant çeşidinde üç farklı azot dozunun (0, 50 ve 100 kg/da) tane verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Verim değerleri 196-257 kg/da arasında en yüksek G6 (*Amaranthus Cruentus*) çeşidi 100 kg/da azot uygulanan konudan elde etmişlerdir. Özer (2011), Çukurova koşullarında farklı amarant çeşitlerinde sulu ve kuru koşullarda adaptasyon çalışmasında tane verimlerini 64-229 kg/da arasında bulduğunu bildirmiştir. Gimplinger ve ark. (2008), Doğu Avusturya'da farklı amarant çeşitlerin adaptasyonu amacıyla yaptıkları çalışmada 220-300 kg/da arasında tane verimi elde etmişlerdir. Bunun nedeni amarant tane veriminin su stresi, çeşit ve iklim koşullarına göre değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Mlakar ve ark., 2010), doğru agronomik koşullar sağlandığında amarant tane verimleri 550 kg/da kadar alınabilmektedir (Das, 2016).

#### **4.6. Amarant Tane Veriminin Sulama Suyu Miktarı ile İlişkisi**

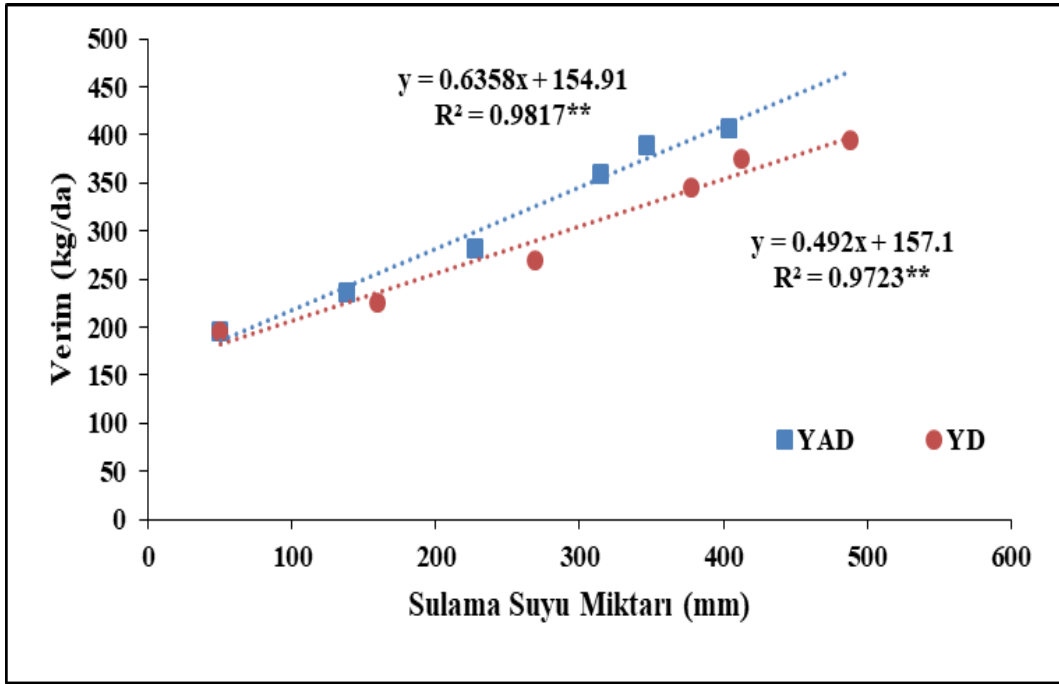
Araştırmada yıllarında yüzey damla ve yüzeyaltı damla sulama yöntemleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde; tane verimleri ile uygulanan sulama suyu miktarları arasında ikinci dereceden önemli ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.11 ve 4.12).

Araştırmanın ilk yılında YAD sulama yönteminde tane verimi ile sulama suyu miktarı arasında  $Y=0.7234I + 139.93$  ( $R^2=0.99$ ) denkleminle ifade edilen doğrusal önemli bir ilişki belirlenmiştir. YD sulama yöntemi ile sulanan amarant bitkisi için ise tane verimi ile sulama suyu miktarı arasında  $R^2=0.99$  olan  $Y= 0.5155 I + 146.73$  şeklinde bir ilişki olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.11. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile sulama suyu miktarı arasındaki ilişkiler (2018)

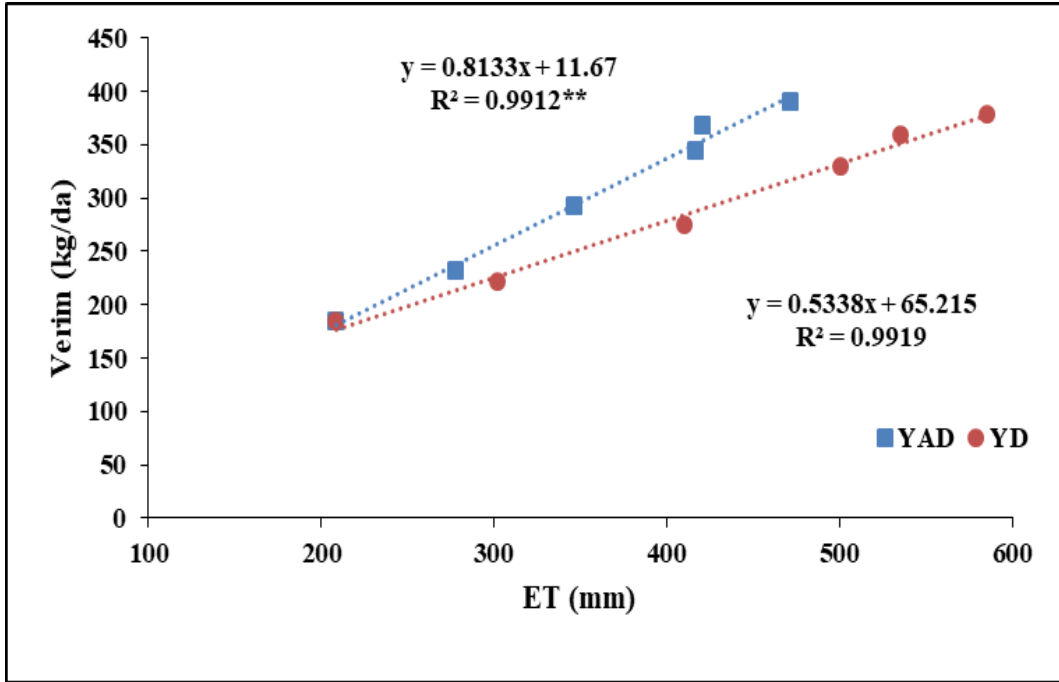
Araştırmanın ikinci yılında YAD sulama yönteminde tane verimi ile sulama suyu miktarı arasında  $Y=0.6358 I + 154.91$  ( $R^2=0.98$ ) denklemiyle ifade edilen doğrusal önemli bir ilişki belirlenmiştir. YD sulama yöntemi ile sulanan amarant bitkisi için ise tane verimi ile sulama suyu miktarı arasında  $R^2=0.97$  olan  $Y= 0.492 I + 157.1$  şeklinde bir ilişki olduğu bulunmuştur (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile sulama suyu miktarı arasındaki ilişkiler (2019)

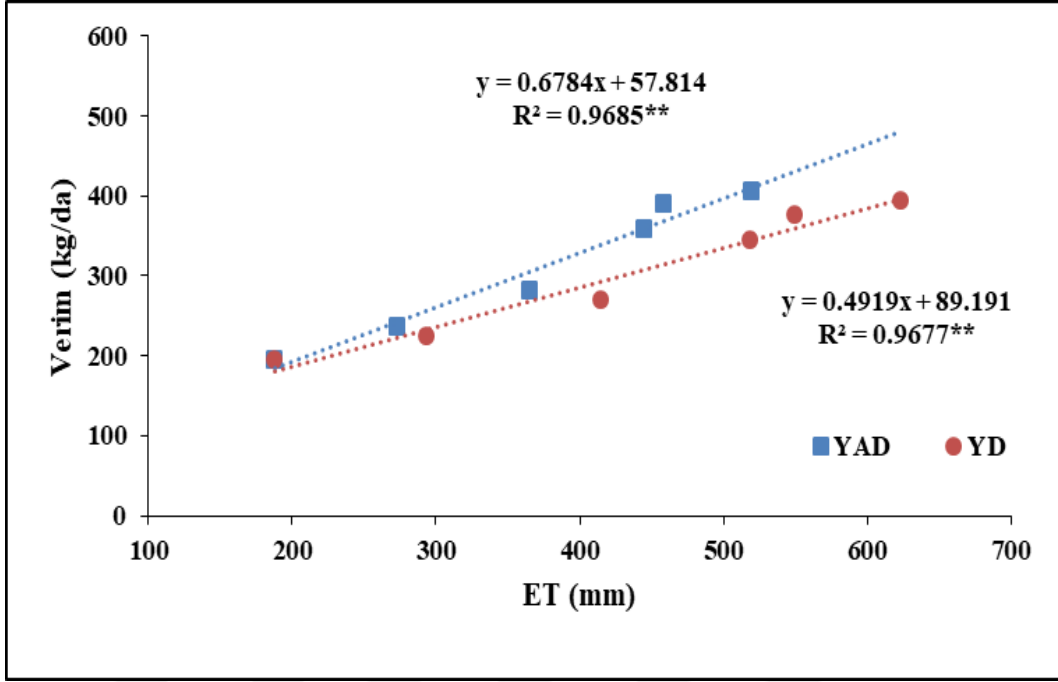
#### 4.7. Tane Verimi - Bitki Su Tüketimi İlişkisi

Araştırma yıllarında bitki su tüketimi ile dane verimi arasında önemli doğrusal ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.13 ve 4.14). Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça bitki su tüketimi de azalmıştır. Bitki su tüketimindeki bu düşüşle doğru orantılı olarak tane verimi de azalma eğilimi göstermiştir. Araştırmanın ilk yılında yüzeyaltı damla sulama yönteminde tane verimi ile bitki su tüketimi arasında  $Y=0.8133 ET+11.67$  ( $R^2=0.99$ ) denklemiyle ifade edilen doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Yüzey damla sulama yöntemi ile sulanan amarant bitkisi için ise tane verimi ile ET arasında  $R^2=0.99$  olan  $Y=0.5338 ET+65.215$  şeklinde bir ilişki olduğu bulunmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile ET arasındaki ilişkiler (2018)

Araştırmanın ikinci yılında YAD sulama yönteminde tane verimi ile ET arasında  $R^2=0.96$  olan  $Y= 0.6784 ET+57.814$  denklemiyle ifade edilen doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. YD sulama yöntemi ile sulanan amarant bitkisi için ise tane verimi ile ET arasında  $R^2=0.96$  olan  $Y= 0.4919 ET+ 89.191$  şeklinde bir ilişki olduğu bulunmuştur (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. YAD ve YD sulama yöntemleri ile sulanan amarant bitkisinde tane verimi ile ET arasındaki ilişkiler (2019)

#### 4.8. Su Kullanım Randımanı ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen mevsimlik bitki su tüketimi ve verim değerlerine bağlı olarak hesaplanan su kullanım randımanı (WUE) ve uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak belirlenen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge 4.12-14'de verilmiştir.

Araştırmanın ilk yılında YD sulama yönteminde WUE değeri 0.64-0.73 kg/m<sup>3</sup>, YAD sulama yönteminde 0.82-0.87 kg/m<sup>3</sup> arasında değişirken sulama yapılmayan RF konusunda 0.88 kg/m<sup>3</sup> elde edilmiştir. En yüksek WUE değeri RF sulama yönteminde elde edilirken, en düşük WUE değeri YD sulama yönteminde TS konusunda 0.64 kg/m<sup>3</sup> elde edilmiştir (Çizelge 4.12). Su kullanım randımanına ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin WUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	0.82c	0.87a	0.82c	0.84b	0.83bc	0.88a	<b>0.84a</b>
YD	0.64f	0.67e	0.65ef	0.66e	0.73d	0.88a	<b>0.71b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>0.73e</b>	<b>0.74e</b>	<b>0.75d</b>	<b>0.76c</b>	<b>0.78b</b>	<b>0.88a</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.006; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=0.009; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=0.013; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırmanın ikinci yılında WUE değerleri YD sulama yöntemi konularında 0.63-0.76 kg/m<sup>3</sup>, YAD sulama yöntemi konularında ise 0.78-0.87 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. En yüksek WUE değeri RF konusunda 1.04 kg/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. En yüksek WUE değeri sulama konuları içinde YAD sulama yöntemi KS25 konusunda 0.87 kg/m<sup>3</sup> olarak elde edilirken, en düşük WUE değeri YD TS konusunda 0.63 kg/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir

Çizelge 4.13. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin WUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	0.78e	0.85c	0.81d	0.77e	0.87b	1.04a	<b>0.85 a</b>
YD	0.63h	0.68f	0.67g	0.65g	0.76e	1.04a	<b>0.74 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>0.71e</b>	<b>0.77c</b>	<b>0.74d</b>	<b>0.71e</b>	<b>0.82b</b>	<b>1.04a</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.004; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=0.011; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=0.016; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Her iki araştırma yılında da YAD sulama yöntemindeki WUE değerleri YD yöntemine göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki yıl ve sulama yönteminde en düşük WUE değerleri TS ise konularında gözlemlenmiştir.

Her iki yılda RF konusunun WUE değerleri diğer konulardan daha yüksek olmuştur. Bu durum genel olarak sulama araştırmalarında elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Kısıntılı sulama konularında tam sulamaya göre verim azalması göreceli olarak ET'deki azalmalardan daha az olduğundan kısıntılı sulama konularında WUE değerleri tam sulamaya göre yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç amarant bitkisinin kuraklığa dayanıklı bir bitki olması nedeniyle kısıntılı sulama koşullarında da yüksek tane verimi sağlayabileceğini göstermektedir.

Deneme konularına ilişkin hesaplanan sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) hesaplanarak Çizelge 4.14 ve 15'de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında IWUE değerlerinin 0.23 ile 0.60 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek sulama suyu kullanım

randımanı YAD RDI konusunda  $0.60 \text{ kg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. En düşük IWUE değeri ise YD sulama yönteminde KS25 konusunda  $0.23 \text{ kg/m}^3$  olarak elde edilmiştir. Her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça IWUE değerlerinde artış gözlemlenmiştir. YAD sulama yönteminde YD yöntemine göre daha yüksek IWUE değerleri elde edilmiştir.

Araştırmanın ilk yılında deneme konularında hesaplanan sulama suyu kullanım randımanlarına ilişkin LSD Gruplandırması Çizelge 4.14'de verilmiştir. Sulama suyu kullanım randımanına ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda amarant bitkisinin sulama suyu kullanım randımanı bakımından, sulama yöntemi, sulama konuları ve bunların interaksiyonunun IWUE üzerindeki etkisi 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin IWUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	0.58b	0.60a	0.57b	0.52c	0.36f	-	<b>0.52 a</b>
YD	0.46d	0.44d	0.41e	0.35f	0.23g	-	<b>0.37 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>0.50b</b>	<b>0.52a</b>	<b>0.49c</b>	<b>0.44d</b>	<b>0.29e</b>	-	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.016; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=0.011; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=0.015; P=0.0031**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırmanın ikinci yılında deneme konularında hesaplanan sulama suyu kullanım randımanlarına ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 4.15'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda amarant bitkisinin sulama suyu kullanım randımanı değerleri, sulama yöntemi ve sulama konuları ayrı ayrı istatistiksel olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu ancak sulama yöntemi ve sulama konuları interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

Çizelge 4.15 Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin IWUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	0.52	0.55	0.52	0.38	0.30	-	<b>0.46 a</b>
YD	0.4	0.43	0.40	0.27	0.18	-	<b>0.34 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>0.46b</b>	<b>0.50a</b>	<b>0.46b</b>	<b>0.33c</b>	<b>0.24d</b>	-	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.009; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=0.021; P=0.0001** SY*SK: NS						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

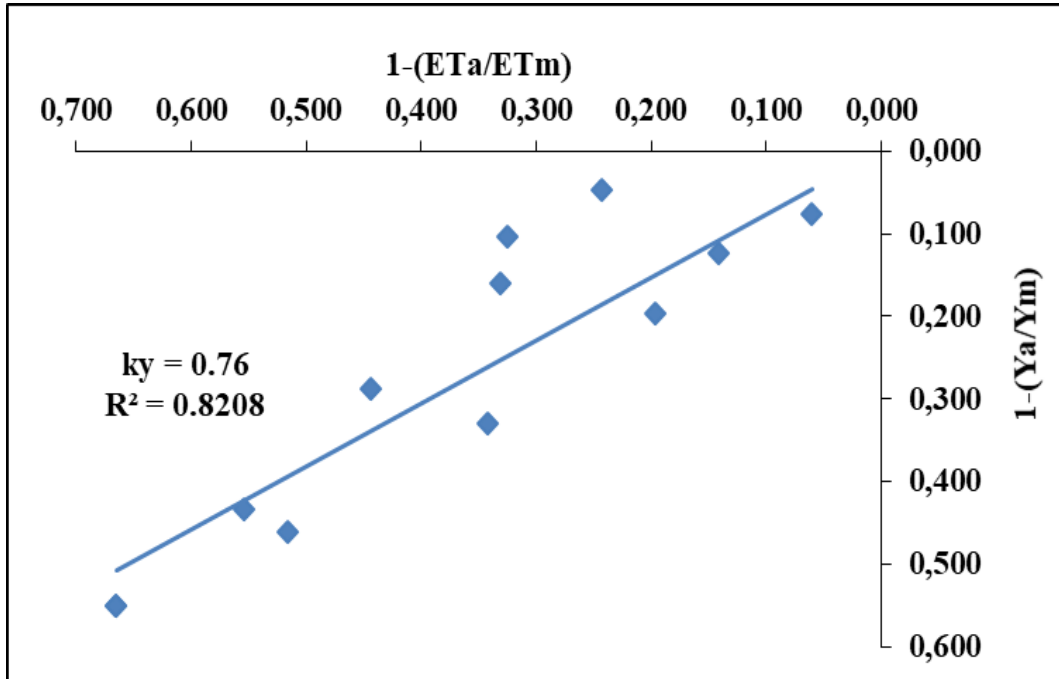
Johnson ve Henderson (2002), yıllar ve farklı amarant çeşitlerine bağlı olarak su kullanım randımanı  $0.28-1.2 \text{ kg/m}^3$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Patel ve ark. (2005),

amarant bitkisinde farklı su seviyeleri ve azot dozu konularında yaptıkları çalışmada WUE değerlerini 0.43-0.82 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uygulana sulama suyu miktarı arttıkça WUE değerlerinin azaldığını en yüksek değer 2 sulama yapılan I<sub>0</sub> konusundan aldığını belirtmişlerdir. Rana ve ark. (2017), Hindistan'da farklı dönemlerde sulama suyu uyguladıkları çalışmada su kullanım randımanının 0.64-0.97 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini en yüksek WUE değerinin ise en az sulama suyu uygulanan konudan elde edildiğini bildirmişlerdir.

#### 4.9. Verim Tepki Etmeni (ky)

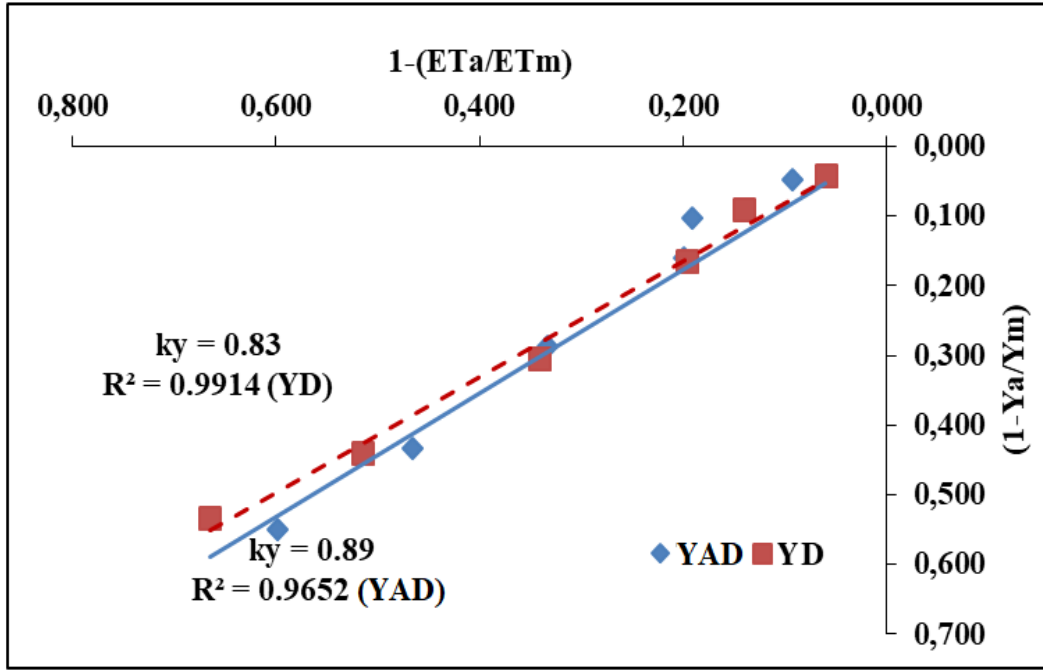
Araştırmada, sulama planlaması açısından önemli bir parametre olan ve bitki su tüketimindeki bir birimlik azalmaya karşı verimde kaç birim azalma olabileceğini ifade eden verim tepki etmeni (ky) araştırma yıllarında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konuları için birleştirilmiş ve her bir sulama yöntemi için ayrı ayrı belirlenmiştir (Şekil 4.15-18).

Verim tepki etmeni değerinin 1.0'den küçük olması amarant bitkisinin kuraklığa dayanıklı olduğunu bir göstergesidir. Araştırmanın ilk yılında, evapotranspirasyonda bir birim azalmaya karşılık amarant bitkisi tane veriminde birleştirilmiş ky'de (hem yüzey hem de yüzeyaltı verilerinin birlikte değerlendirildiği) 0.76 birim azalma söz konusu iken, yüzey damla sulama yönteminde 0.83 ve yüzeyaltı damla sulama yönteminde ise 0.89 birimlik azalma beklenmektedir (Şekil 4.15-16).



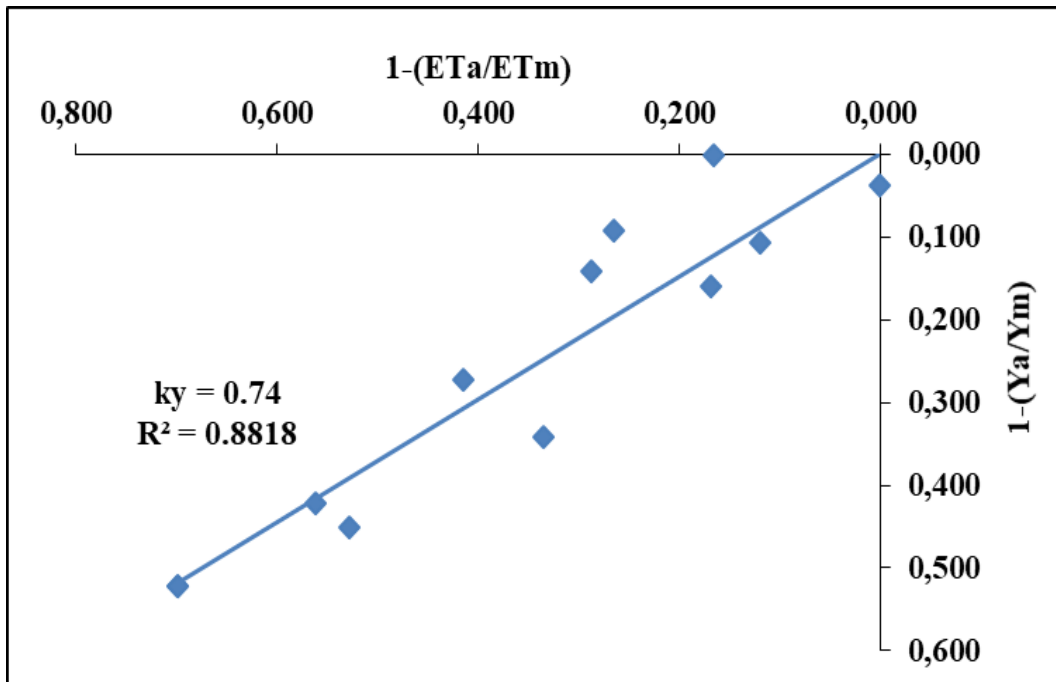
Şekli 4.15. Birleştirilmiş verim tepki etmeni (ky) değerleri (2018)



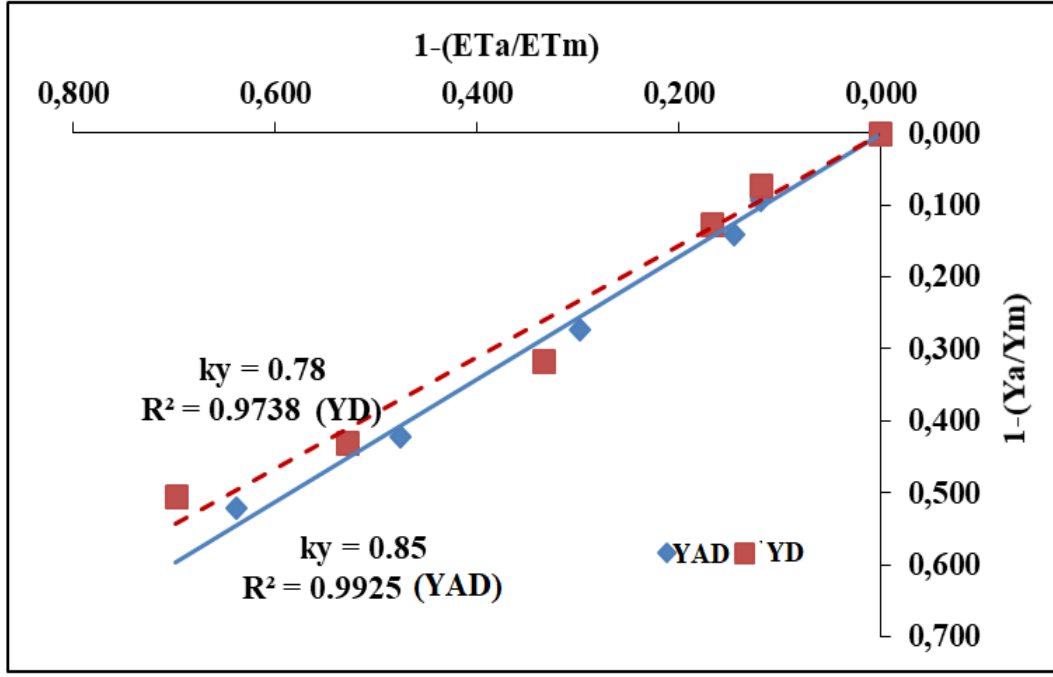


Şekli 4.16. YD ve YAD sulama konuları için verim tepki etmeni ( $k_y$ ) değerleri (2018)

Araştırmanın ikinci yılında, evapotranspirasyonda bir birim azalmaya karşılık amarant bitkisi tane veriminde birleştirilmiş  $k_y$ 'de 0.74 birim azalma söz konusu iken, YD sulama yönteminde 0.78 birim ve YAD sulama yönteminde ise 0.85 birimlik azalma beklenmektedir (Şekil 4.17-18). İkinci yılda belirlenen  $k_y$  değerlerinin ilk yıla kıyasla daha düşük olması, bitki su tüketimi ve verim değerlerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.



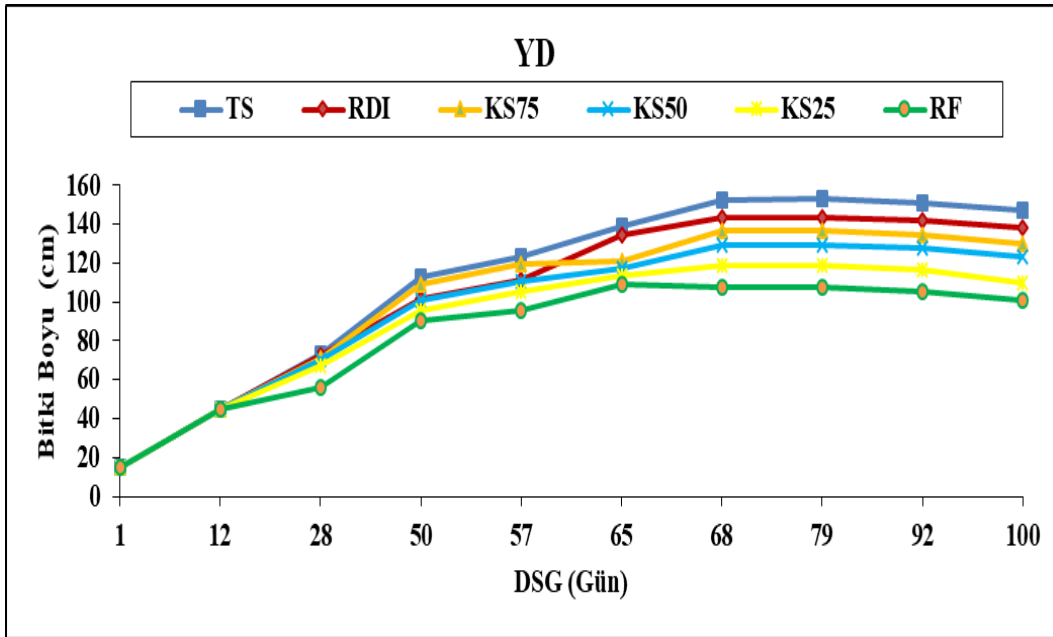
Şekli 4.17. Birleştirilmiş verim tepki etmeni ( $k_y$ ) değerleri (2019)



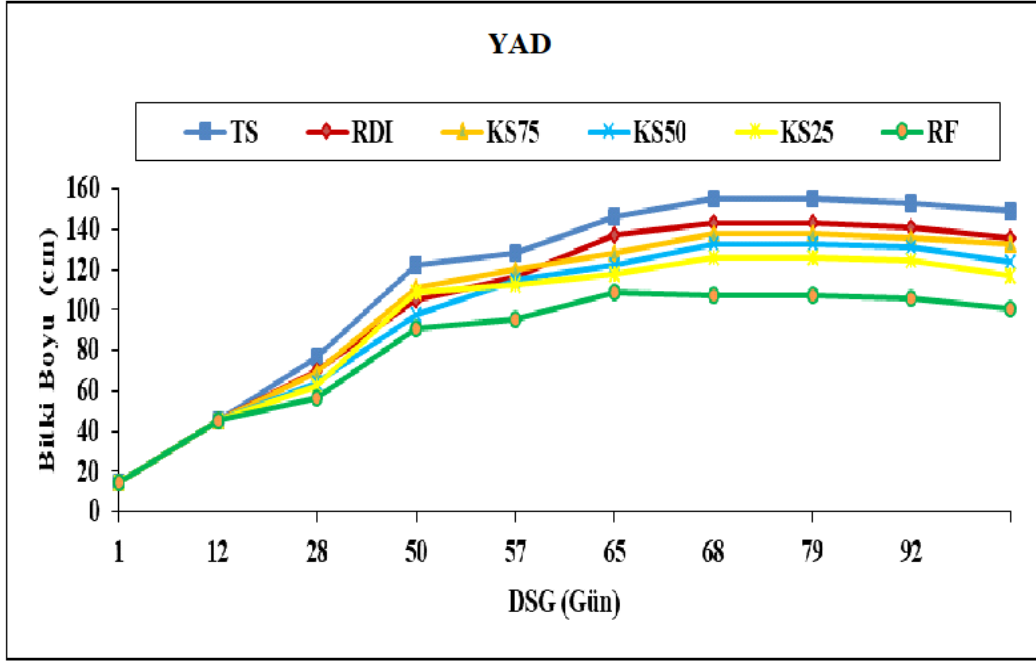
Şekli 4.18. YD ve YAD sulama konuları için verim tepki etmeni ( $k_y$ ) değerleri (2019)

#### 4.10. Bitki Boyu Bulguları

Her parselde işaretlenmiş 3 bitkinin boyları ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Araştırmanın ilk yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi Şekil 4.19-4.22'de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde TS konularında daha yüksek bitki boyu değerleri elde edilmiştir. Her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki boyuda artmıştır.



Şekil 4.19. YD sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2018)



Şekil 4.20. YAD damla sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2018)

Denemenin ilk yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinden elde edilen amarant bitki boyu değerlerine ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 4.16'da verilmiştir. Amarant bitki boyuna ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 7 ve 8'de verilmiştir. Sulama yöntemleri, sulama konuları ve sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonunun varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak %1 önemlilik düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. YAD sulama yönteminde, hasatta en yüksek TS konusunda 154.8 cm en düşük ise 126.0 cm KS25 konusunda elde edilmiştir. YD sulama yönteminde ise en yüksek TS konusunda 152.0 cm en düşük ise yine KS25 konusunda 118.3 cm elde edilmiştir. YAD sulama yönteminde YD yönetimine göre daha yüksek bitki boyları gözlenmiştir.

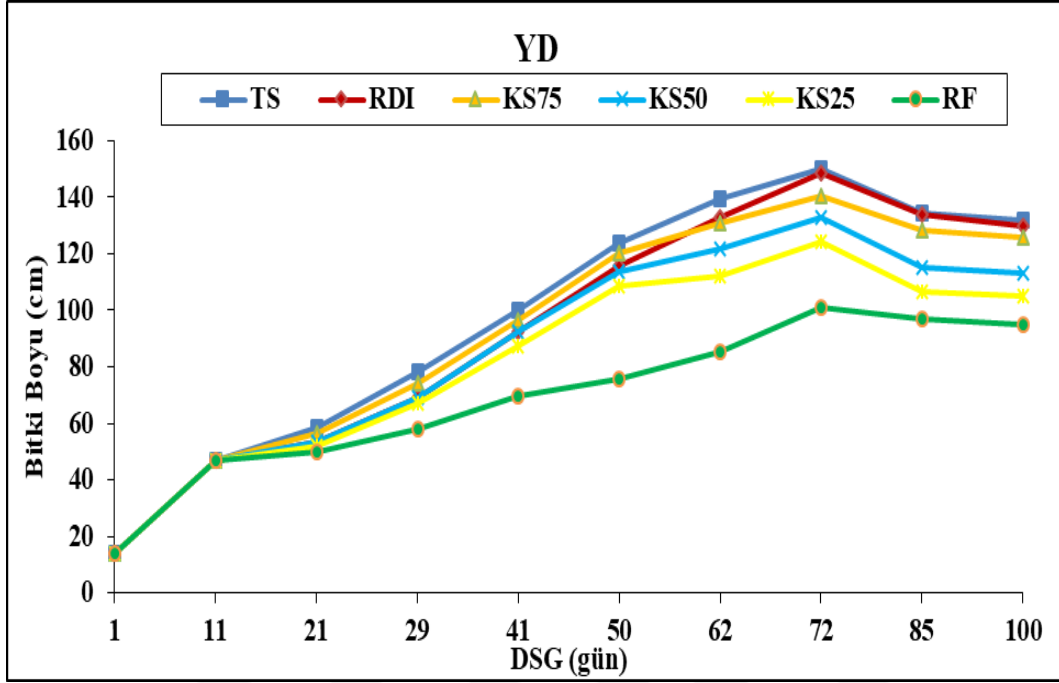
Çizelge 4.16. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin bitki boyuna ilişkin LSD gruplandırması (2018).

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	154.8 a	142.8 c	137.6 d	132.3 f	126.0 h	107.1 j	<b>133.4 a</b>
YD	152.0 b	142.5 c	136.0 e	129.1 g	118.3 ı	107.1 j	<b>130.8 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>153.4 a</b>	<b>142.7 c</b>	<b>136.8 b</b>	<b>130.7 d</b>	<b>122.1 e</b>	<b>107.1 f</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.237; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=0.485; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)= 0.680; P=0.0001**						

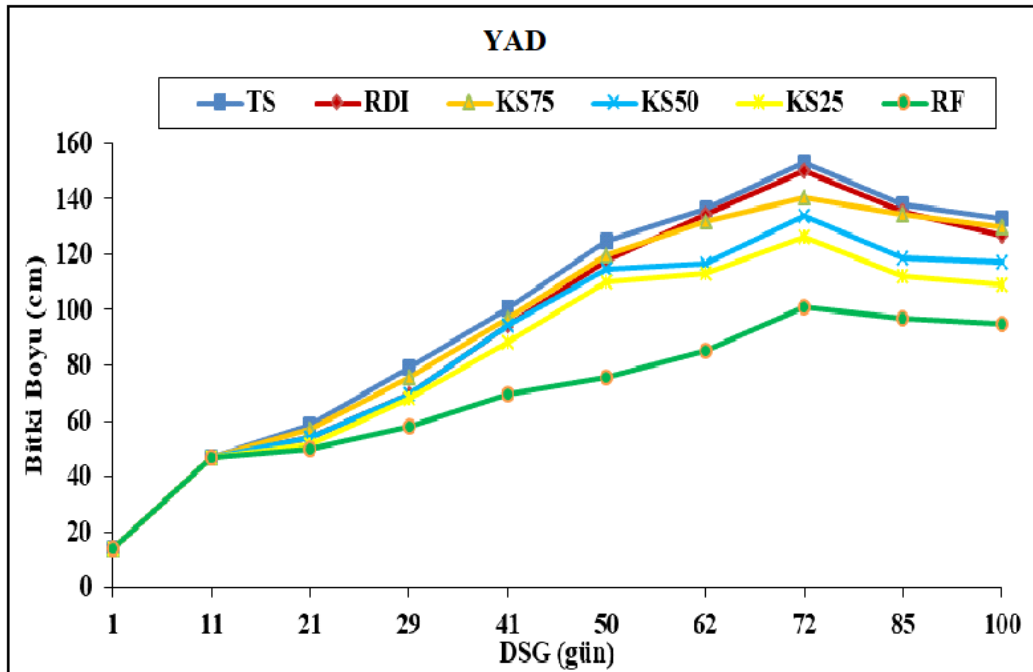
P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırmanın ikinci yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi Şekil 4.21 ve 4.22'de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde

her iki sulama yönteminde TS sulama konularında daha yüksek bitki boyu değerleri elde edilmiştir. Her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki boyu da artmıştır.



Şekil 4.21. YD sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2019)



Şekil 4.22. YAD sulama konularında bitki boylarının zamansal değişimi (2019)

Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinden elde edilen amarant bitki boyu değerlerine ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 4.17’de verilmiştir. Sulama yöntemi ve sulama konuları varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Yüzeyaltı ve yüzey damla sulama yöntemlerinde aynı sulama yöntemi ve sulama konusunda benzer bitki boyları ölçülmüştür. Sulama yöntemi\*sulama konuları interaksyonu önemsiz çıkmıştır. YD TS konusunda amarant ortalama bitki boyları son hasat 132 cm, YAD TS konusunda 133, RF konusunda ise 95 cm elde edilmiştir. Bitki boyu her iki sulama yönteminde en yüksek TS konularından elde edilirken, en düşük bitki boyu her iki sulama yönteminin KS25 konularından elde edilmiştir. YAD sulama yöntemi konuları YD konularından biraz daha yüksek seyretmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin bitki boyuna ilişkin LSD gruplandırması (2019).

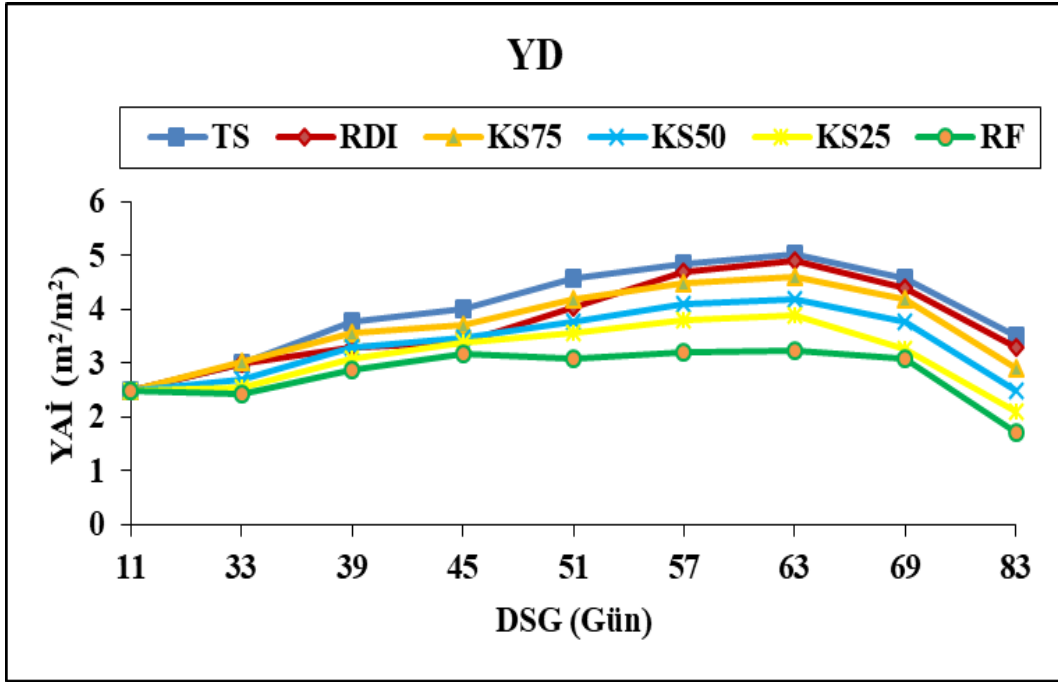
Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	133	127	130	117	109	95	<b>118.5 a</b>
YD	132	126	129	113	105	95	<b>116.7 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>132.5 a</b>	<b>126.5 c</b>	<b>129.5 b</b>	<b>115.0 d</b>	<b>107.0 e</b>	<b>95.0 f</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=1.08; P=0.0125** SK: LSD(0.05)=1.67; P=0.0001** SY*SK: Ns.						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

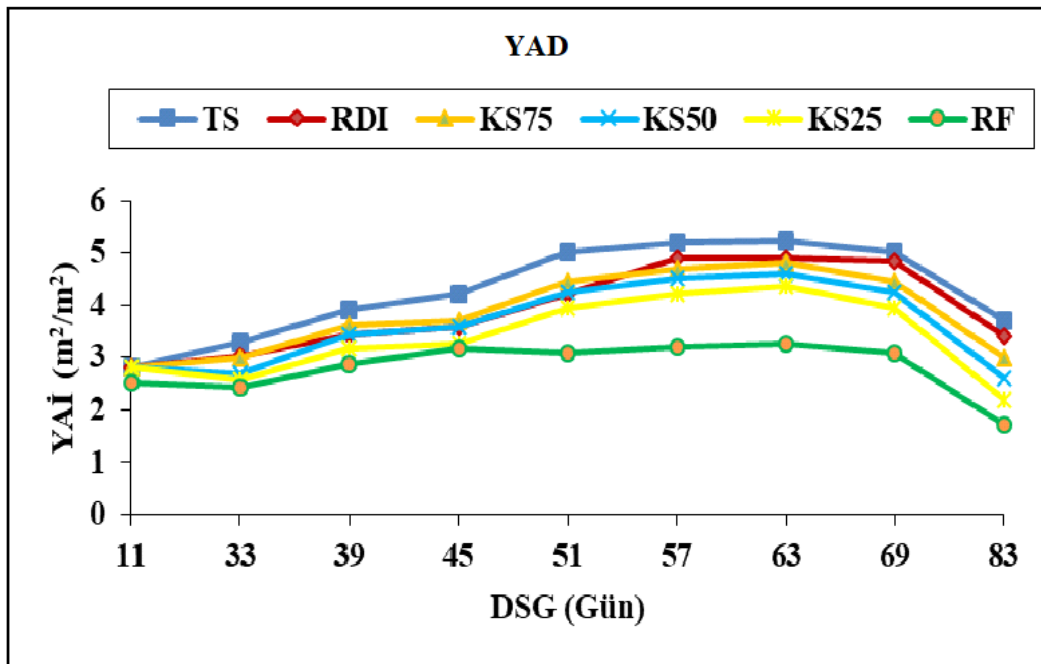
Bitki boyuna ilişkin sonuçlar önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Johnson ve Henderson, (2002), amarant bitki boyu değerlerini 67-201 cm arasında; Troiania ve ark. (2008), 128-225 cm arasında; Selçuk (2011), 103-190 cm arasında; Jangir ve ark. (2019), 130-167 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

#### 4.11. Yaprak Alan İndeksi Bulguları (YAI)

Araştırmanın ilk yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında yaprak alan indekslerinin zamansal değişimi Şekil 4.23-4.24’de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde uygulanan sulama suyu arttıkça YAI değerleri benzer olarak artmıştır. Her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yaprak alan indeksi değerleri artmış hasata doğru bir azalma eğilimine girmiştir.



Şekil 4.23. YD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2018)



Şekil 4.24. YAD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2018)

Amarant bitkisinde farklı sulama yöntemleri ve konularında YAI LSD gruplandırması Çizelge 4.18'de verilmiştir. Maksimum yaprak alan indeksine ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 9 ve 10'da verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi, sulama konuları ve sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonu %99 güvenle önemli çıkmıştır. YD sulama yönteminde elde edilen en yüksek YAI değeri TS konusunda 5.0

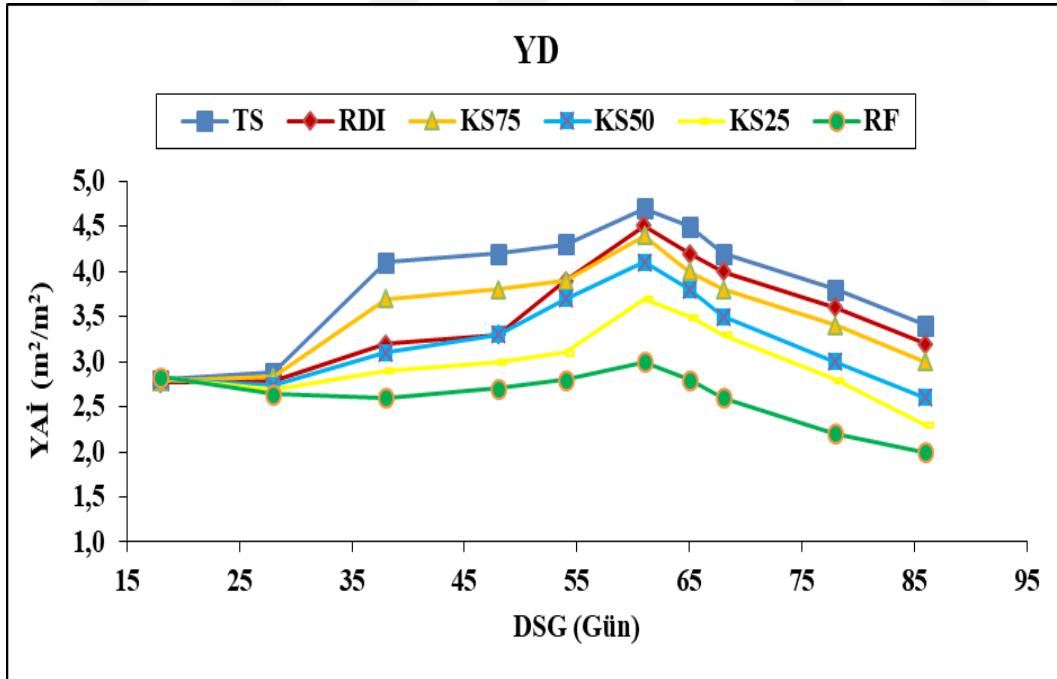
$m^2/m^2$  elde edilirken en düşük ise KS25 sulama konusunda  $3.5 m^2/m^2$  elde edilmiştir. YAD sulama yönteminde ise en yüksek YAI değeri TS konusunda  $5.0 m^2/m^2$  olurken en düşük ise KS25 konusunda  $4.1 m^2/m^2$  elde edilmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda ise  $3.0 m^2/m^2$  elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin maksimum YAI değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018).

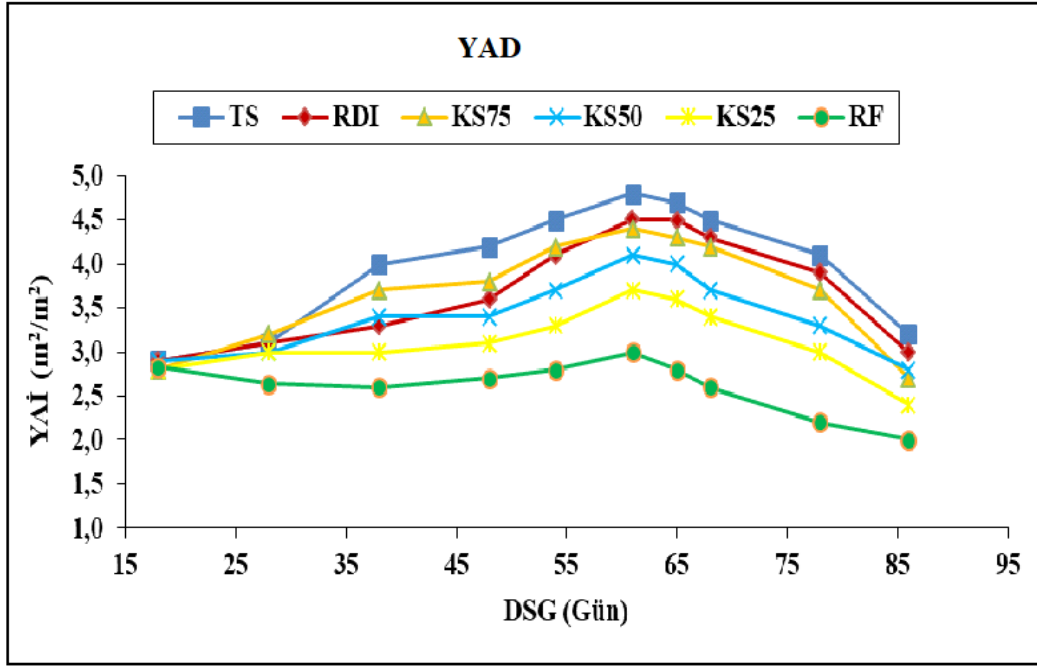
Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	5.0 a	4.8 b	4.5 c	4.2 e	4.1 f	3.0 h	<b>4.3 a</b>
YD	5.0 a	4.4 d	4.3 e	4.0 f	3.5 g	3.0 h	<b>4.1 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>5.0 a</b>	<b>4.6 b</b>	<b>4.3 c</b>	<b>4.1 d</b>	<b>3.8 e</b>	<b>3.0 f</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.03; P=0.0002** SK: LSD(0.05)=0.05; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=0.07; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırmanın ikinci yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında yaprak alan indekslerinin zamansal değişimi Şekil 4.25-4.26'da verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde uygulanan sulama suyu arttıkça YAI değerleri benzer olarak artmıştır. Her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yaprak alan indeksi değerleri artmış hasata doğru bir azalma eğilimine girmiştir.



Şekil 4.25. YD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2019)



Şekil 4.26. YAD sulama konularında YAI değerlerinin zamansal değişimi (2019)

Amarant bitkisinde farklı sulama yöntemleri ve konularında YAI LSD gruplandırması Çizelge 4.19’da verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi ve sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonu önemsiz çıkmıştır, sulama konuları ise %99 güvenle önemli çıkmıştır. YD sulama yönteminde elde edilen en yüksek YAI değeri TS konusunda  $4.8 \text{ m}^2/\text{m}^2$  elde edilirken en düşük ise KS25 sulama konusunda  $3.8 \text{ m}^2/\text{m}^2$  elde edilmiştir. YAD sulama yönteminde ise en yüksek YAI değeri TS konusunda  $4.6 \text{ m}^2/\text{m}^2$  olurken en düşük ise KS25 konusunda  $4.0 \text{ m}^2/\text{m}^2$  elde edilmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda ise  $3.0 \text{ m}^2/\text{m}^2$  elde edilmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin maksimum YAI değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	4.6	4.2	4.4	4.1	4.0	3.0	<b>4.05</b>
YD	4.8	4.2	4.6	4.0	3.8	3.0	<b>4.07</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>4.7 a</b>	<b>4.2 b</b>	<b>4.5 a</b>	<b>4.1 b</b>	<b>3.9 b</b>	<b>3.0 c</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: Ns SK: LSD(0.05)=0.29; P=0.0001** SY*SK: Ns						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (\* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Genel olarak araştırmanın her iki yılında da YAD sulama yönteminde YAI değerleri YD sulama yöntemine göre daha yüksek seyretmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları arttıkça YAI değerleri de artmıştır. Her iki yılda da en düşük YAI değerleri RF konularında görülmüştür. Amaran bitkisi YAI değerleri yetiştirme döneminde artarak devam ederken

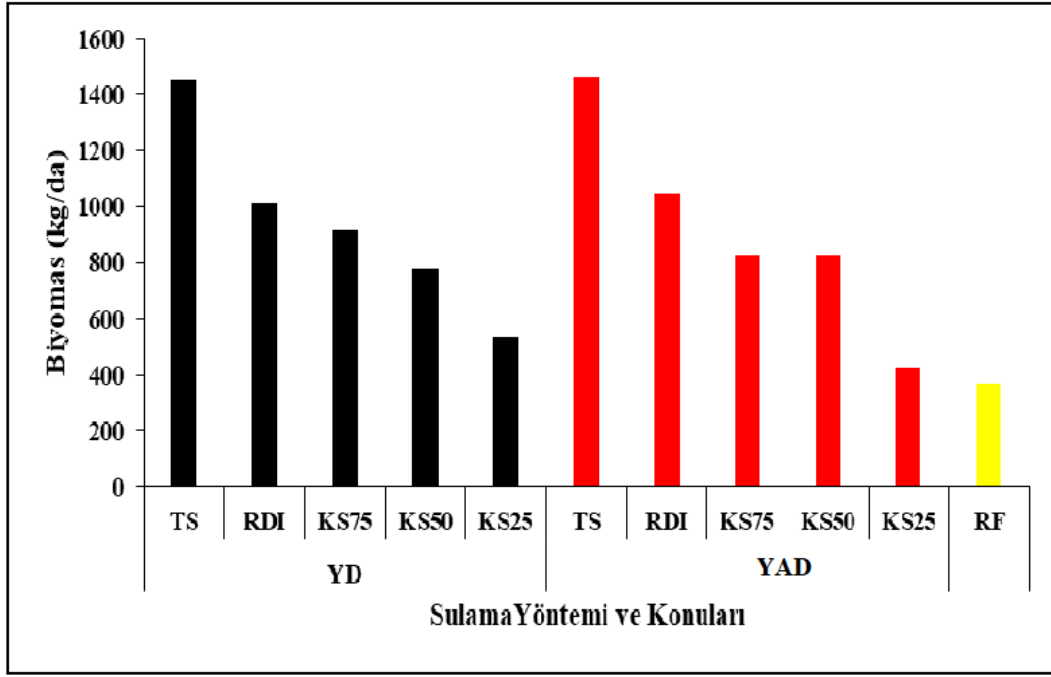


mevsim sonuna doğru tüm konularda azalış göstermektedir. Araştırmanın ilk yılında her iki sulama yönteminde de daha yüksek YAI değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeninin yıllar arasındaki iklim değişikliği olduğu düşünülmektedir.

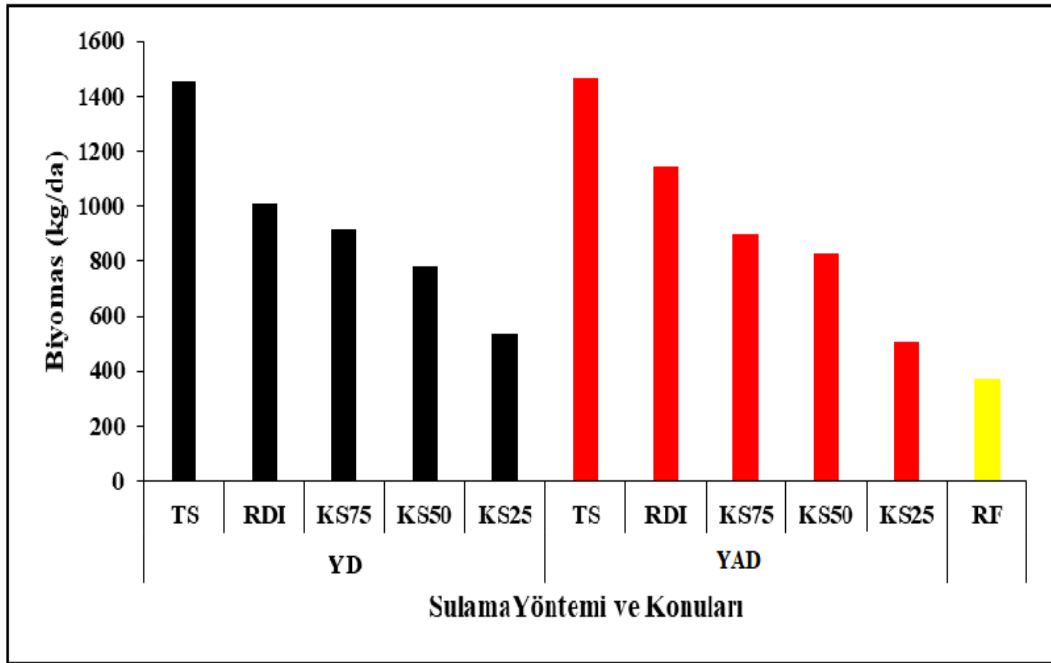
Yaprak genişlemesinin sınırlandırılması ve yaprakların sararıp dökülerek yaprak alanının azaltılması bitkilerde su stresine yanıt vermek için aktifleşen mekanizmalardır (Taiz ve Zeiger, 2008). Çalışmada kısıntılı sulama konularında ölçülen düşük YAI değerleri, amarant bitkisinin stres koşullarına alışma mekanizmalarından biri olarak yaprak alanını düşürdüğü şeklinde değerlendirilebilir. Amarant bitkisinde bitki yoğunluğu arttıkça YAI değerleri artmakta, su stresi arttıkça YAI değerleri azalmaktadır (Farshbaf-Jafari ve ark., 2014). Bu nedenle önceki çalışmalarla YAI değerlerinin farklılık göstermesi farklı bitki yoğunluklarından kaynaklanmış olabilir. Liu ve Stützel (2002), Almanya'da farklı amarant çeşitlerinin kuraklık stresine adaptasyonunu araştırdıkları çalışmada, amarant yaprak alanının çeşitlere göre farklılık göstermesine rağmen su stresiyle birlikte azalma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Masariramb ve ark. (2012); İsviçre'de sera koşullarında yarı kurak ve subtropik iklim koşullarında amarant bitkisinin toprak su gereksinimini araştırdıkları çalışmada; yetişme döneminin 2, 4, 6 ve 8. haftasında ölçüm aldıkları YAI değerlerinin sulama konularına göre istatistiksel olarak farklılığını 6. ve 8. haftada görüldüğünü bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da yetiştiriciliğin ilk dönemlerinde benzer YAI değerleri görülürken daha sonraki haftalarda farklılıklar görülmüştür. Pulvento ve ark. (2015), İtalya'nın Güneyinde yaptıkları çalışmada YAI değerlerini 2.0-3.5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> arasında; Jafari ve ark. (2014), 2-3.5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; Jangir ve ark. (2019), Hindistan'da farklı azot dozu uygulamalarının amarant yetiştiriciliği üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada 3.97-6.54 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> arasında bildirmişlerdir.

#### **4.12. Kuru Madde Miktarı (Biyomas)**

Amarant bitkisinde farklı sulama yöntemleri ve konularında hasat biyomas değerleri Şekil 4.27 ve 28'de LSD gruplandırması ise Çizelge 4.20-21'de verilmiştir. Kuru madde miktarına ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 11 ve 12'de verilmiştir.



Şekil 4.27. YD ve YAD sulama yöntemi-kuru madde miktarı (2018)



Şekil 4.28. YD ve YAD sulama yöntemi-kuru madde miktarı (2019)

Denemenin ilk yılında yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama konuları ve sulama yöntemi\*sulama konuları interaksyonu % 99 güvenle önemli çıkmıştır. Sulama yöntemi ise önemsiz çıkmıştır. Her iki sulama yönteminde amarant bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça biyomas değerleride artmıştır. YAD sulama yönteminde en yüksek biyomas değeri TS konusunda 1465 kg/da en düşük ise 425 kg/da ile KS25 konusunda elde edilmiştir.

YD sulama yönteminde yine en yüksek TS konusunda 1453 kg/da en düşük ise KS25 konusunda 537 kg/da elde edilmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda ise 368 kg/da biyomas değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin kuru madde miktarı değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018).

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	1465 a	1043 c	830 f	826 f	425 ı	368 j	<b>826</b>
YD	1453 b	1011 d	917 e	780 g	537 h	368 j	<b>844</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>1459 a</b>	<b>1078 b</b>	<b>874 b</b>	<b>803 c</b>	<b>483 d</b>	<b>368 e</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: Ns SK: LSD(0.05)=7.06; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=7.06; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Denemenin ikinci yılında yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi, sulama konuları ve sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonu % 99 güvenle önemli çıkmıştır. Genel olarak hasat biyomas değerleri KS25 konusu haricinde YAD sulama yöntemi YD yöntemine göre daha yüksek olmuştur. Her iki sulama yönteminde amarant bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça biyomas değerleri de artmıştır. YAD sulama yönteminde en yüksek biyomas değeri TS konusunda 1464 kg/da en düşük ise 505 kg/da ile KS25 konusunda elde edilmiştir. YD sulama yönteminde yine en yüksek TS konusunda 1454 kg/da en düşük ise KS25 konusunda 535 kg/da elde edilmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda ise 367 kg/da biyomas değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin kuru madde miktarı değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	1464 a	890 f	1143 c	827 g	505 j	367 k	<b>868 a</b>
YD	1454 b	917 e	1011 d	778 h	535 ı	367 k	<b>844 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>1459 a</b>	<b>1077 b</b>	<b>908 b</b>	<b>803 c</b>	<b>520 d</b>	<b>367 e</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=2.57; P=0.0001** SK: LSD(0.05)=3.89; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=5.50; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli ) P<0.05 ( \* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Jonhson ve Henderson (2002), çeşit ve iklim koşullarının amarant biyomas değerlerinin üzerine istatistiksel olarak önemli olduğunu ve yaptıkları çalışmada biyomas değerlerinin 580-1250 kg/da arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gimplinger ve ark (2007), Avusturya'da farklı bitki yoğunluklarında amarant bitkisi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada farklı bitki yoğunluklarının amarant biyomas değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada amarant biyomas değerleri ise 779-856 kg/da arasında

değişmiştir. Mlakar ve ark. (2012), sera koşullarında su stresinin amarant bitkisi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada su stresinin amarant biyomas değerini %50 azalttığını bildirmişlerdir.

#### 4.13. Salkım Uzunluğu

Araştırma yıllarında salkım uzunluğu değerlerinin LSD gruplandırması Çizelge 4.22 ve 23’de verilmiştir. Salkım uzunluğuna ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 13 ve 14’de verilmiştir. Denemenin ilk yılında yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi ve sulama konuları % 99 güvenle önemli çıkmıştır. Sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonu ise önemsiz çıkmıştır. Genel olarak hasat salkım uzunluğu değerleri YD sulama yönteminde YAD yöntemine göre daha yüksek olmuştur. Her iki sulama yönteminde amarant bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça salkım uzunluğu değerleri de artmıştır. YAD sulama yönteminde en yüksek salkım uzunluğu 77 cm ile TS konusundan elde edilirken en düşük ise 61 cm ile KS25 konusunda elde edilmiştir. YD sulama yönteminde 78.5 cm salkım uzunluğu en yüksek TS konusunda olurken en düşük ise 63 cm ile KS25 konusunda gözlemlenmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda 49.8 cm salkım uzunluğu değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin salkım uzunluğu değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	77.0	72.5	70.3	63.0	61.0	49.8	<b>65.6 b</b>
YD	78.5	73.3	71.8	67.0	63.0	49.8	<b>67.2 a</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>77.8 a</b>	<b>72.9 b</b>	<b>71.0 b</b>	<b>65.0 c</b>	<b>62.0 d</b>	<b>49.8 e</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=1.24; P=0.0150* SK: LSD(0.05)=2.05; P=0.0001** SY*SK: Ns						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (\* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Çalışmanın ikinci yılında yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi ve sulama konuları %99 güvenle önemli çıkmıştır. Sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonu ise %95 güvenle önemli çıkmıştır. Genel olarak hasat salkım uzunluğu değerleri YAD sulama yönteminde YD yöntemine göre daha yüksek olmuştur. Her iki sulama yönteminde amarant bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça salkım uzunluğu değerleride artmıştır. YAD sulama yönteminde en yüksek salkım uzunluğu 94.5 cm ile TS konusundan elde edilirken en düşük ise 72.1 cm KS25 konusunda elde edilmiştir. YD sulama yönteminde en yüksek TS konusunda 91.3 cm elde edilirken en düşük 70.6 cm ile KS25

konusunda cm elde edilmiştir. Sulama yapılmayan RF konusunda 62.6 cm salkım uzunluğu değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin salkım uzunluğu değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RF	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	94.5 a	88.7 c	85.0 d	78.4 f	72.1 h	62.6 j	<b>80.2 a</b>
YD	91.3 b	86.0 d	83.6 e	76.0 g	70.6 i	62.6 j	<b>78.3 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>92.9 a</b>	<b>87.3 b</b>	<b>84.3 b</b>	<b>77.2 c</b>	<b>71.4 d</b>	<b>62.6 e</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.51; P=0.0014** SK: LSD(0.05)=0.91; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=1.297; P=0.0200*						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (\* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Genel olarak araştırmanın her iki yılında da sulama yönteminde uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça kuru madde miktarı değerleri artmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarları arttıkça salkım uzunluğu değerleri de artmıştır. Her iki yılda da en düşük salkım uzunluğu değerleri RF konularında görülmüştür. Çalışmanın ilk yılında YD sulama yöntemi ikinci yılında ise YAD sulama yönteminde daha yüksek salkım uzunluğu değerleri elde edilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında salkım uzunluğu değerleri her iki sulama yönteminde de daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun nedeni ise verim, bitki boyu gibi parametrelerle benzer durumdan fidelerin ilk yıl daha geç dikilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Pospisil ve ark. (2006), iki farklı amarant türünde ve üç farklı azot dozunda yaptıkları çalışmada salkım uzunluğu ile dane verimi arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Selçuk (2011), Adana bölgesinde yaptığı çalışmada su faktörünün salkım uzunluğuna istatistiksel olarak önemli etkide bulunduğunu bildirmiştir. Salkım uzunlukları yağışa dayalı konularda 19.2-51.8 cm arasında değişirken sulama yapılan konularda 55.3-73.8 arasında değişmiştir.

#### 4.14 Hasat İndeksi

Araştırma konularında hasat indeksi (HI) dane veriminin toprak üstü kuru maddeye oranı olarak belirlenmiştir. Araştırma yıllarına ilişkin hasat indeksi değerlerinin LSD gruplandırmaları Çizelge 4.24 ve 25'de verilmiştir. Hasat indeksine ilişkin yıllara göre varyans analiz tablosu Ek Çizelge 15 ve 16'da verilmiştir. Denemenin ilk yılında yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi, sulama konuları ve sulama yöntemi\*sulama konuları etkisini % 99 güvenle önemli çıkarmıştır. Hasat indeksi değerleri en yüksek yüzeyaltı damla sulama KS25 konusunda 0.55, en düşük hasat indeksi ise yüzey damla sulama TS konusunda 0.26 elde edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.24. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin hasat indeksi değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2018)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	0.27 f	0.32 e	0.42 c	0.35 d	0.55 a	0.50 b	<b>0.40 a</b>
YD	0.26 f	0.35 d	0.36 d	0.35 d	0.41 c	0.50 b	<b>0.37 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>0.26 f</b>	<b>0.34 e</b>	<b>0.39 c</b>	<b>0.35 d</b>	<b>0.48 b</b>	<b>0.50 a</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.004; P=0.0002** SK: LSD(0.05)=0.007; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=0.010; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (\* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

Denemenin ikinci yılında yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama yöntemi, sulama konuları ve sulama yöntemi\*sulama konuları interaksiyonunu % 99 güvenle önemli çıkmıştır. Hasat indeksi değerleri en yüksek RF konusunda 0.53, en düşük hasat indeksi ise yüzey damla sulama TS konusunda 0.27 elde edilmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.25. Farklı sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin hasat indeksi değerlerine ilişkin LSD gruplandırması (2019)

Sulama Yöntemi (SY)	Sulama Konuları (SK)						SY Ort
	TS	RDI	KS75	KS50	KS25	RF	
YAD	0.28 h	0.43 c	0.32 g	0.34 f	0.47 b	0.53 a	<b>0.40 a</b>
YD	0.27 h	0.41 e	0.34 f	0.35 f	0.42 d	0.53 a	<b>0.39 b</b>
<b>SK Ort.</b>	<b>0.27 f</b>	<b>0.42 c</b>	<b>0.33 e</b>	<b>0.34 d</b>	<b>0.45 b</b>	<b>0.53 a</b>	
<b>İstatistiksel Analiz</b>	SY: LSD (0.05)=0.004; P=0.0062** SK: LSD(0.05)=0.008; P=0.0001** SY*SK: LSD(0.05)=0.011; P=0.0001**						

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (\* %5 düzeyinde önemli ) P>0.05 öd (önemli değil)

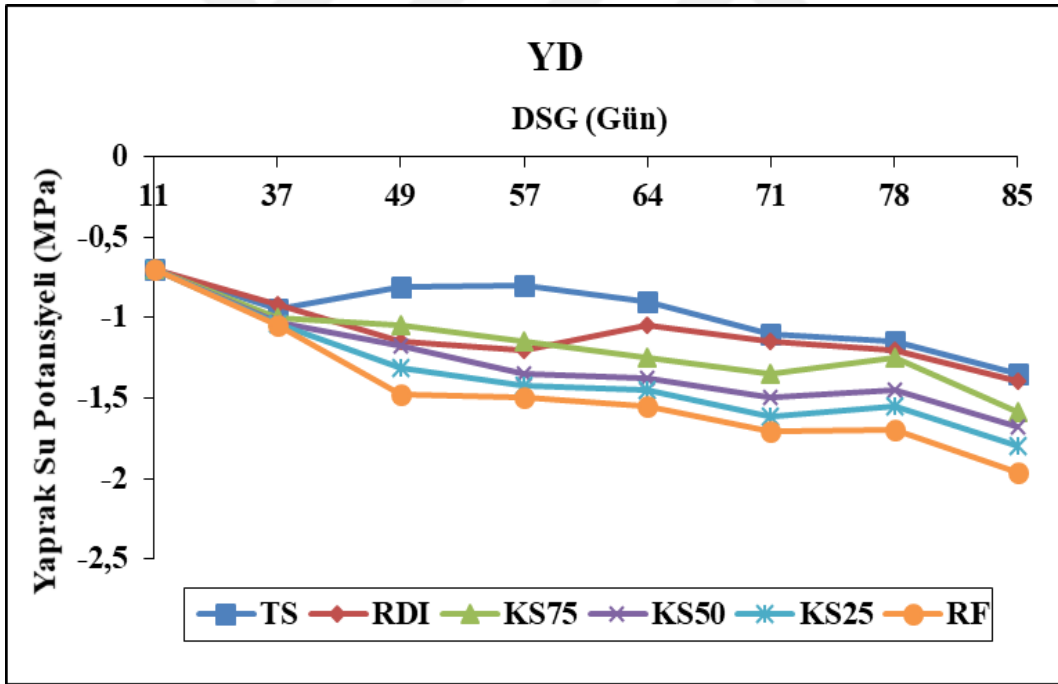
Genel olarak araştırmanın her iki yılında da yüzeyaltı damla sulama konularında yüzey damla sulama konularına göre daha yüksek HI değerleri hesaplanmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça HI değerleri azalmıştır.

Selçuk (2011), Adana Bölgesinde yaptığı çalışmada sulama yapılan amarant bitkilerinin yağışa dayalı yetiştirilenlere oranla ortalama %20 daha düşük hasat indeksi elde edildiğini bildirmiştir. Ejieji ve Adeniran (2010), Nijerya’da farklı sulama ve azot dozlarının amarant bitkisi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada sulama ve azot dozlarının hasat indeksi üzerine istatistiksel olarak etkisinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Aufhammer ve ark. (1995), Almanya’da yaptıkları çalışmada amarant bitkisinin HI değerini 0.2-0.3 arasında değiştiğini ve gübre uygulamalarının HI üzerine istatistiksel olarak önemli etkilediğini bildirmişlerdir. Grobelnik (2006), Lübnan’da amarant bitkisinde yaptığı çalışmada HI değerlerini 0.14-0.34 arasında değiştiğini bildirmiştir. Hasat indeksi değerlerin çalışmamızda da düşük değerler olması, tane türlerinin biyokütle oranının düşük olduğunu göstermektedir.

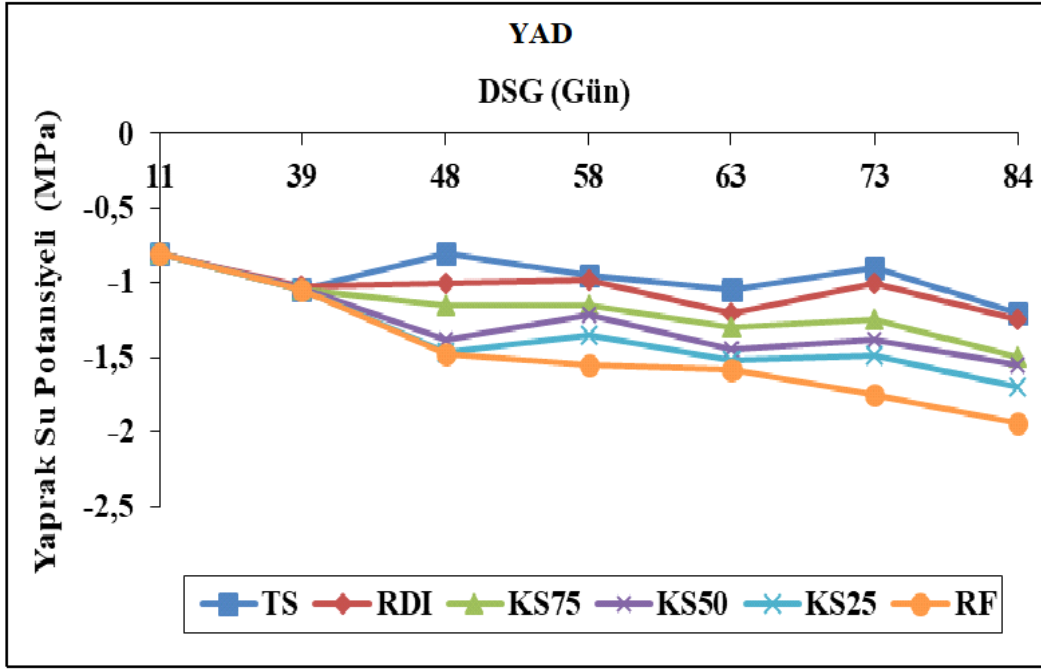
Bu nedenle amarant tane veriminin iyileştirilmesi üzerine çalışmaların artırılması önemli olacaktır.

#### 4.15. Yaprak Su Potansiyeli (YSP)

Araştırmanın ilk yılında yaprak su potansiyeli ölçümlerine 28.05.2018 tarihinde başlanmış ve 16.07.2018 tarihinde son verilmiştir. Yaprak su potansiyeli değerlerinin hava koşullarına ve toprak su içeriğine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. YD ve YAD sulama konularında yaprak su potansiyelinin zamansal değişimi Şekil 4.29-4.31’da verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde su stresi yaşamayan TS, RDI ve KS75 sulama konularında daha yüksek yaprak su potansiyeli değerleri ölçülürken, su stresi altındaki KS50, KS25 ve RF konularında daha düşük yaprak su potansiyeli değerleri elde edilmiştir. Mevsim içerisinde YD sulama yönteminde yaprak su potansiyeli değerleri -1.8 ile -0.70 MPa, YAD sulama yönteminde -1.70 ile -0.8 MPa arasında ve RF konusunda ise -1.96 ile -0.8 MPa konusunda ise değişmiştir. YAD sulama yönteminde YD sulama yöntemine göre, aynı sulama düzeyi için, daha yüksek YSP değerleri ölçülmüştür.



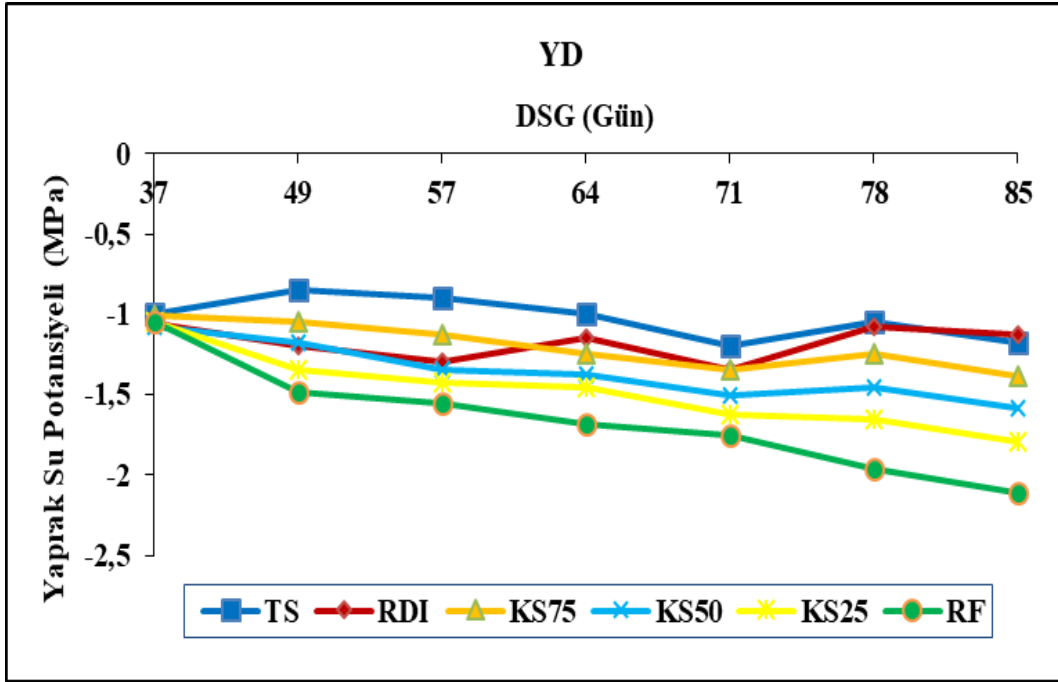
Şekil 4.29. YD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2018)



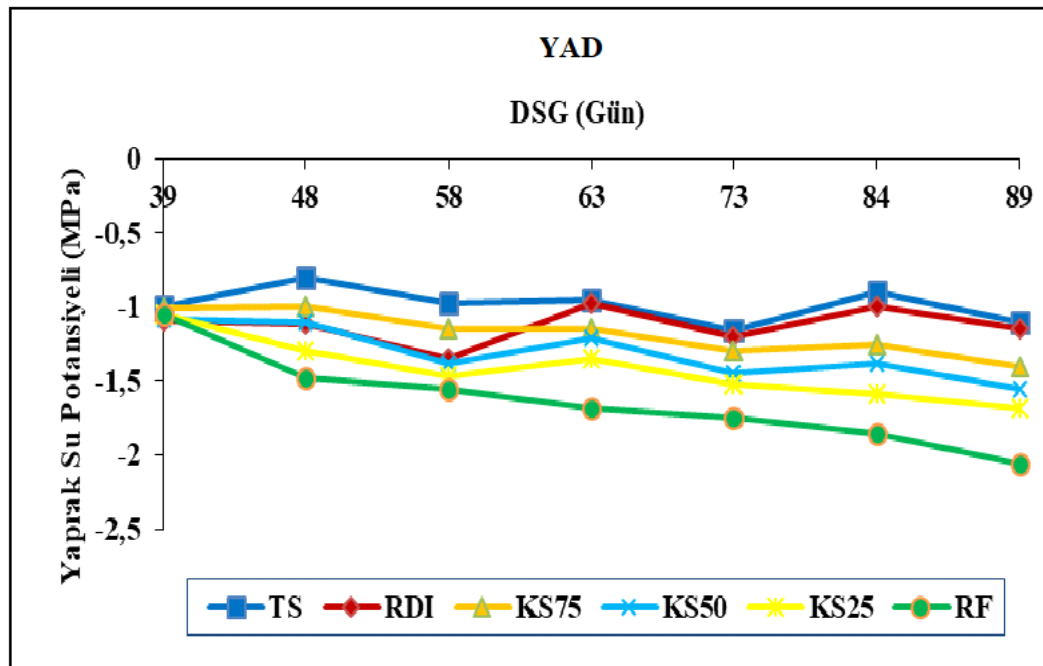
Şekil 4.30. YAD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2018)

Araştırmanın ikinci yılında yaprak su potansiyeli ölçümleri 28.05.2019 tarihinde başlanmış ve 15.07.2019 tarihinde son verilmiştir. Yaprak su potansiyeli değerlerinin hava koşullarına ve toprak su içeriğine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında yaprak su potansiyelinin zamansal değişimi Şekil 4.31-4.32’de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde su stresi çekmeyen TS, RDI ve KS-75 sulama konularında daha yüksek yaprak su potansiyeli değerleri ölçülürken, su stresi altındaki KS50, KS25 ve RF konularında daha düşük yaprak su potansiyeli değerleri elde edilmiştir. Mevsim içerisinde YD sulama yönteminde yaprak su potansiyeli değerleri – 0.85 ile -1.62 MPa, YAD sulama yönteminde ise -0.8 ile -1.58 MPa, RF konusunda ise -1.05 ile -1.76 MPa arasında değişmiştir. 2018 yılı verilerinde olduğu gibi, YAD sulama yönteminde YD sulama yöntemine göre, aynı sulama düzeyi için, daha yüksek YSP değerleri ölçülmüştür





Şekil 4.31. YD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2019)



Şekil 4.32. YAD sulama yönteminde YSP değerlerinin zamansal değişimi (2019)

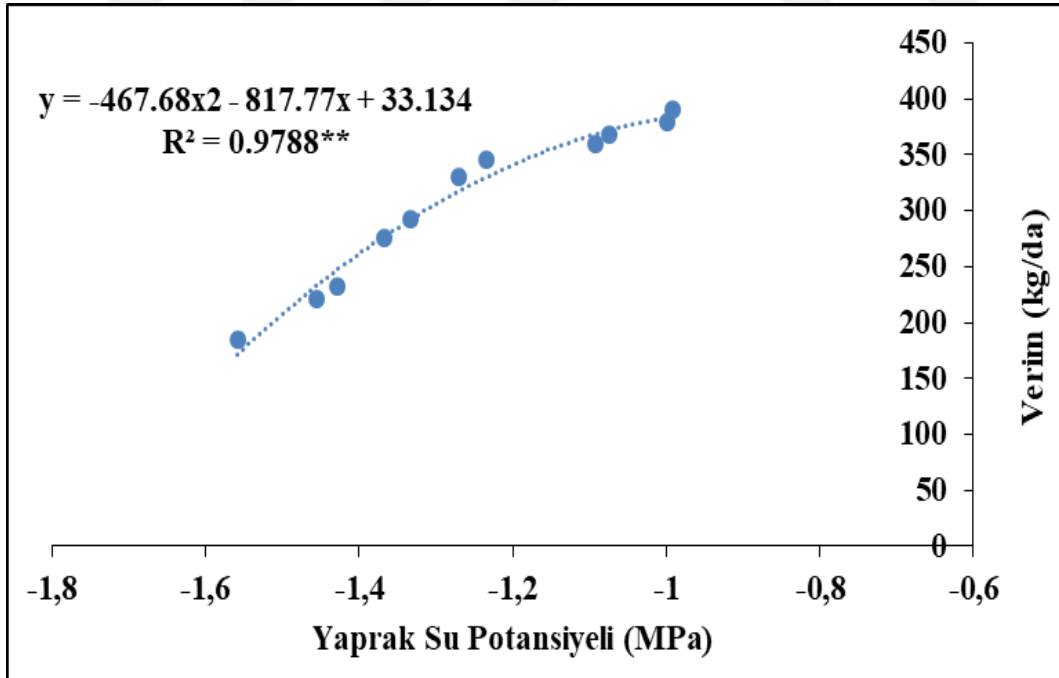
Umbese ve ark. (2009), Nijerya’da amarant bitkisinde yaptıkları çalışmada, yetiştirme döneminin başlarında YSP değerlerinin yüksek olgunlaşmada en düşük seviyeye hasata doğru ise tekrar yükselme eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada su stresi ve salisilik asit uygulamalarının YSP üzerinde istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Yetiştiricilik dönemi boyunca YSP değerleri kontrol konusunda en yüksek (-0.7 ile -1.80 MPa arasında)

salisilik asit uygulanmayan su stresi konusunda en düşük (-1.62 ile -2.68 MPa arasında) elde edildiğini bildirmişlerdir.

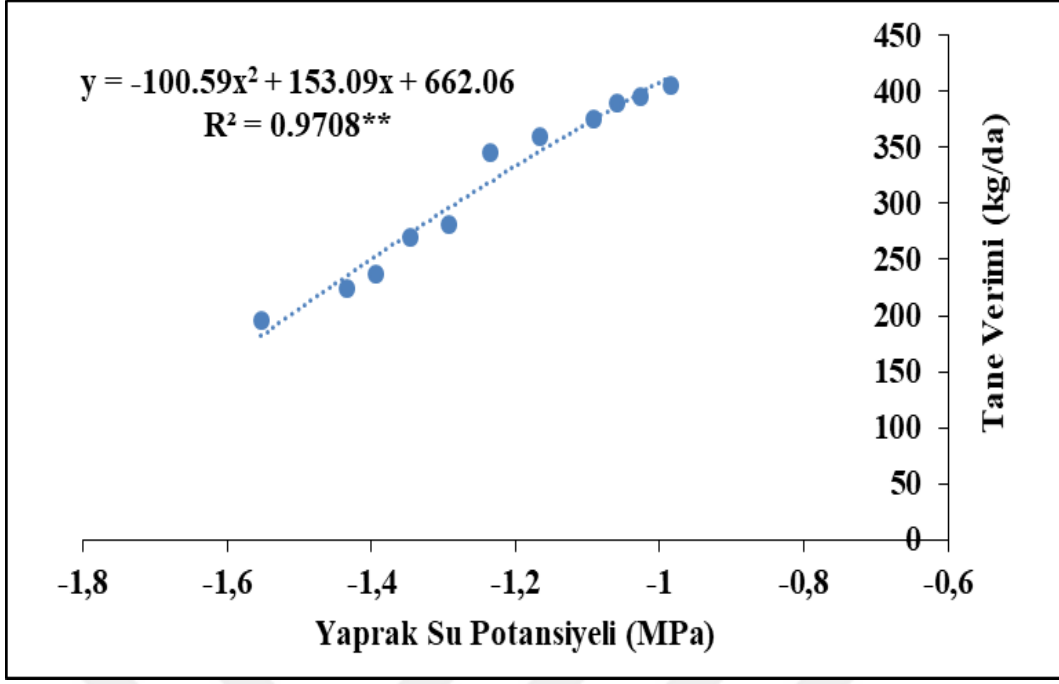
Hura ve ark. (2007), Polonya’da sulama yapılan ve kuraklık stresinde yetiştirilen amarant bitkisinde YSP değerlerini -0.71 ile -0.95 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Sulama yapılan amarant bitkilerinde YSP değerlerinin kuraklık stresinde yetiştirilenlere göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Slabbert ve Krüger (2011), Güney Afrika’da sera koşullarında su stresinin üç farklı amarant çeşidinin yaprakları üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, YSP değerleri -0.50 ile -2.87 MPa arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

#### 4.16. Yaprak Su Potansiyeli-Tane Verim Arasındaki İlişki

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası yaprak su potansiyeli ile verim arasındaki ilişkiler her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.33 ve 34’de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da yaprak su potansiyeli ile verim arasında ikinci dereceden önemli ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y = -467.68x^2 - 817.77x + 33.134$  ( $R^2 = 0.98^{**}$ ), ikinci yılı için  $y = -100.59x^2 + 153.99x + 662.06$  ( $R^2 = 0.97^{**}$ ) bulunmuştur. Her iki yıl içinde YSP değerinin 1.0 MPa’nın altına düştüğünde verimde azalmalar olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre, amarant bitkisinin YSP’nin -1.0 MPa değeri civarında sulanması önerilebilir.



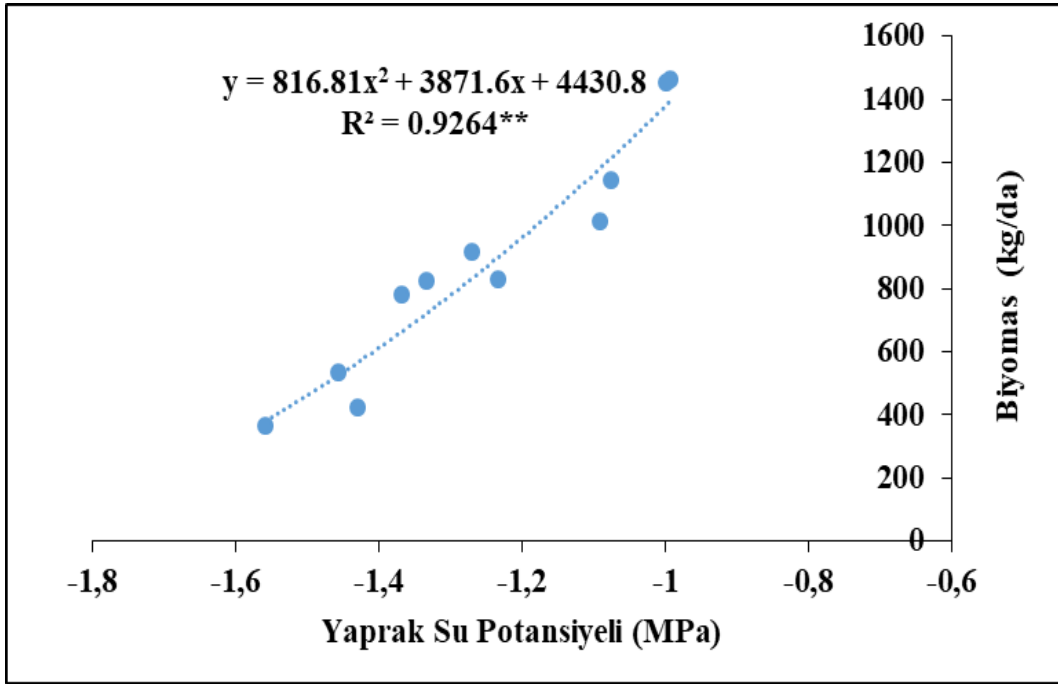
Şekil 4.33. YSP ile verim arasındaki ilişki (2018)



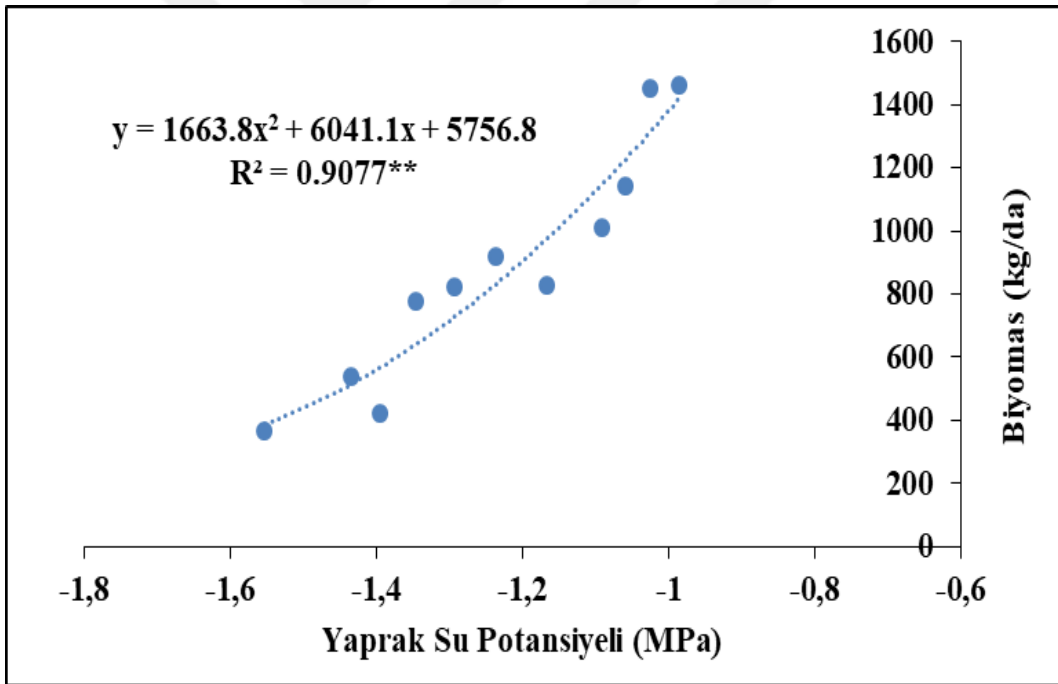
Şekil 4.34. YSP ile verim arasındaki ilişki (2019)

#### 4.17. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Biyomas İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası yaprak su potansiyeli ile biyomas arasındaki ilişkiler her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.35-36'da verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da yaprak su potansiyeli ile biyomas arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y=816.81x^2 + 3871.6x + 4430.8$  ( $R^2=0.93^{**}$ ), ikinci yılı için  $y=1663.8x^2 + 6041.1x + 5756.8$  ( $R^2=0.91^{**}$ ) bulunmuştur.



Şekil 4.35. YSP ile biyomas arasındaki ilişki (2018)

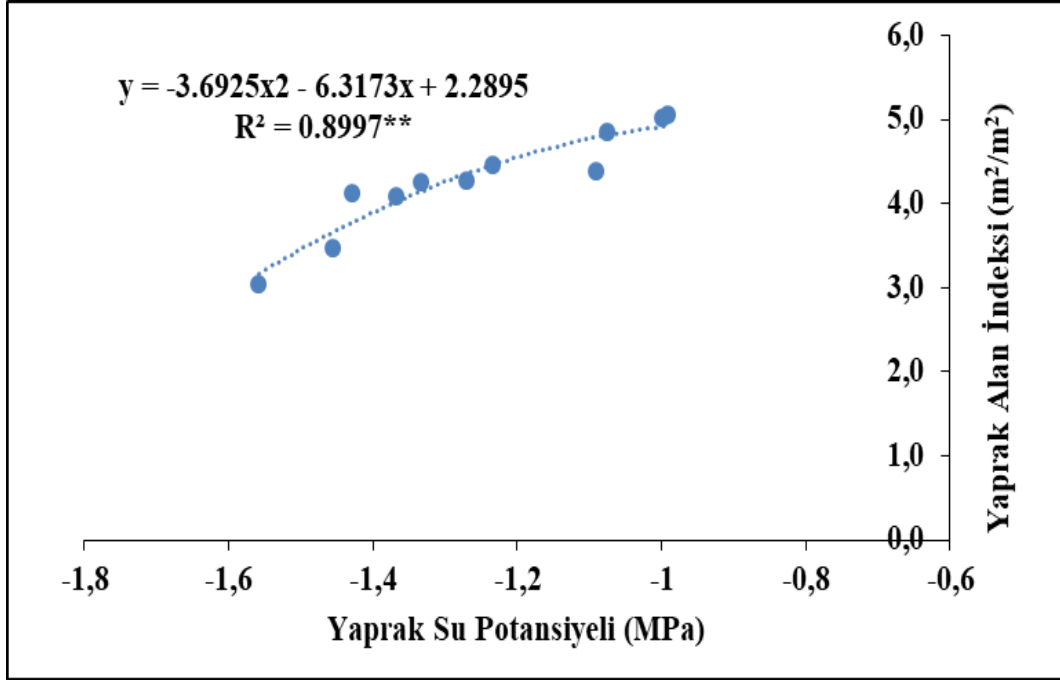


Şekil 4.36. YSP ile biyomas arasındaki ilişki (2019)

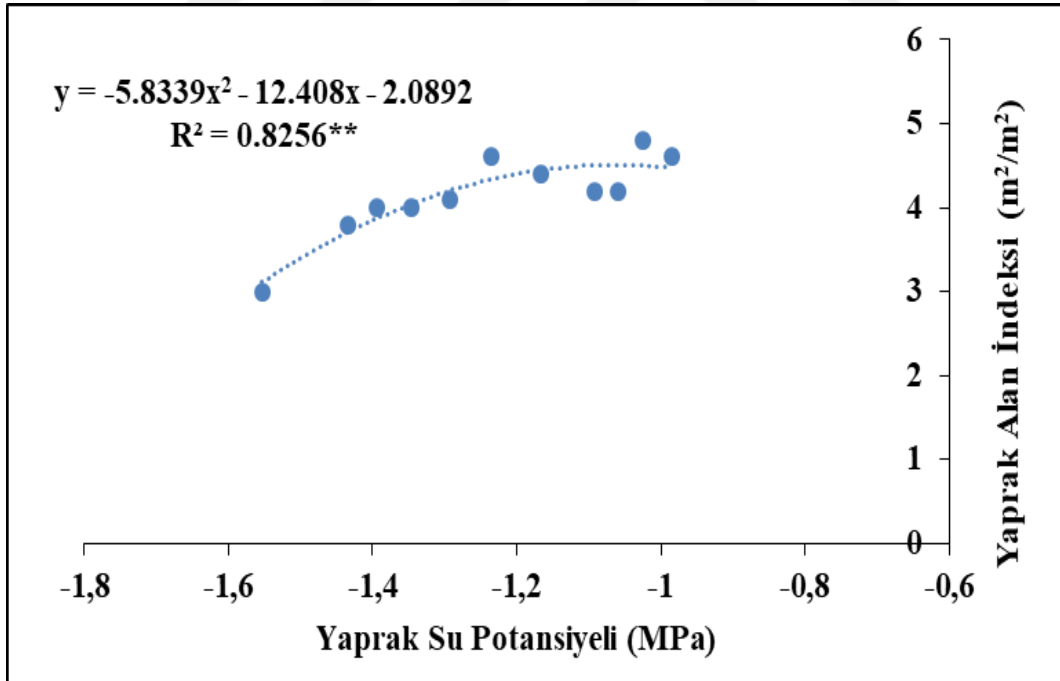
#### 4.18. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Yaprak Alan İndeksi (YAI) İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası yaprak su potansiyeli ile YAI arasındaki ilişkiler her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.37-38'de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da yaprak su potansiyeli ile YAI arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin

denklemleri araştırmanın birinci yılı için  $y = -3.6925x^2 - 6.6173x + 2.2895$  ( $R^2 = 0.90^{**}$ ), ikinci yılı için  $y = -5.8339x^2 - 12.408x - 2.0892$  ( $R^2 = 0.83^{**}$ ) bulunmuştur.



Şekil 4.37. YSP ile YAİ arasındaki ilişki (2018)

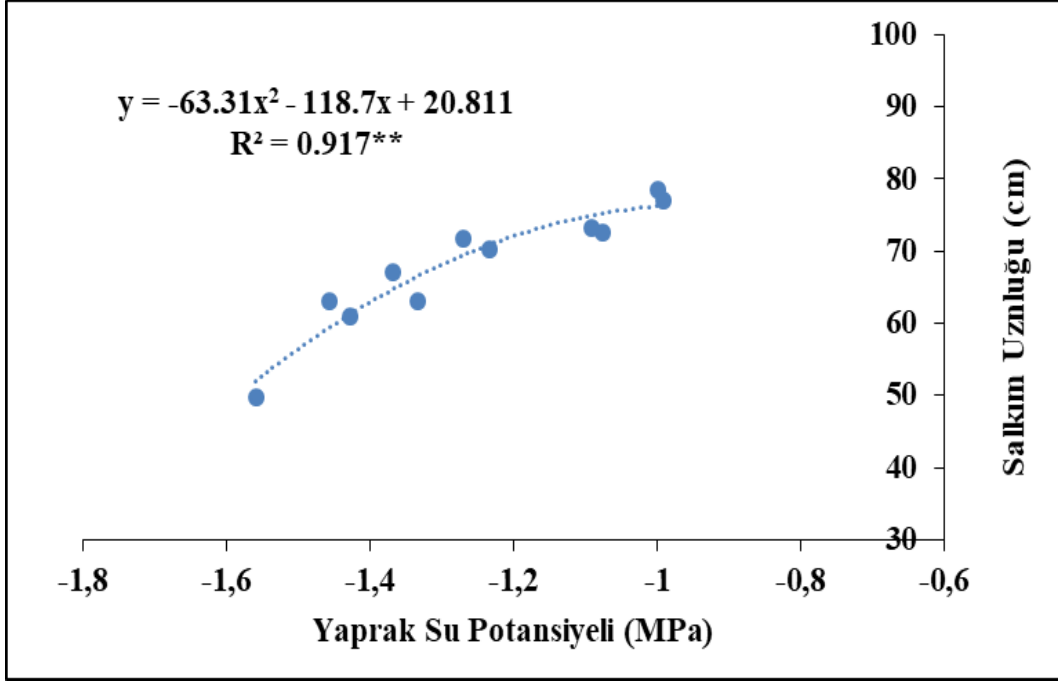


Şekil 4.38. YSP ile YAİ arasındaki ilişki (2019)

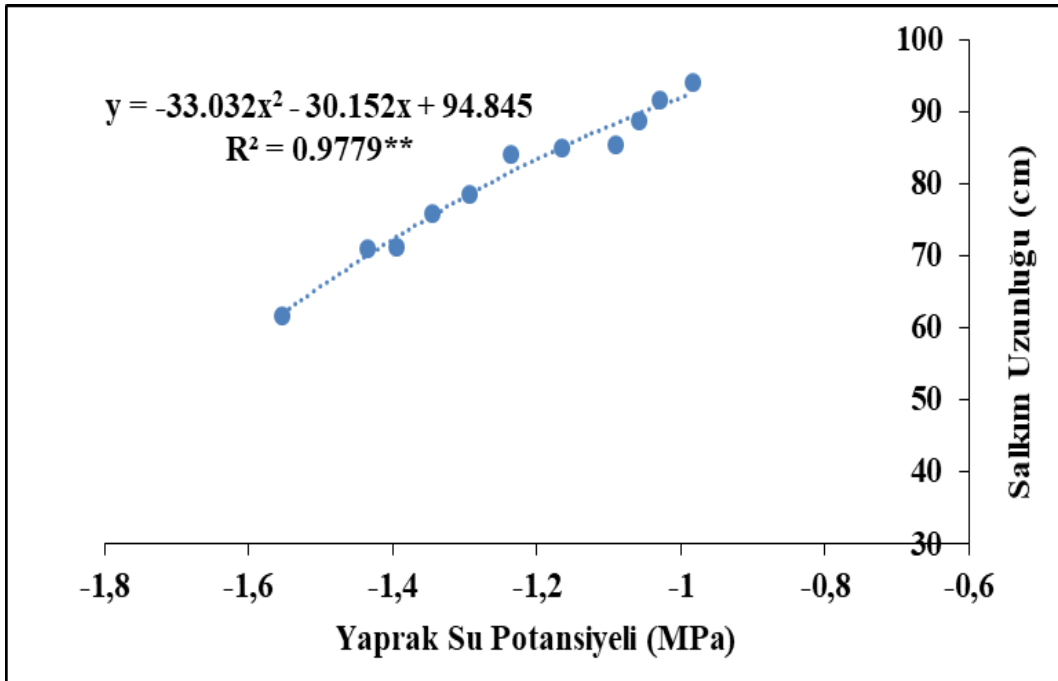
#### 4.19. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Salkım Uzunluğu İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası yaprak su potansiyeli ile salkım uzunluğu arasındaki ilişkiler her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil

4.39-40'da verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da yaprak su potansiyeli ile salkım uzunluğu arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y = -63.31x^2 - 118.7x + 20.811$  ( $R^2 = 0.92^{**}$ ), ikinci yılı için  $y = -33.032x^2 - 30.152x + 94.845$  ( $R^2 = 0.98^{**}$ ) bulunmuştur.



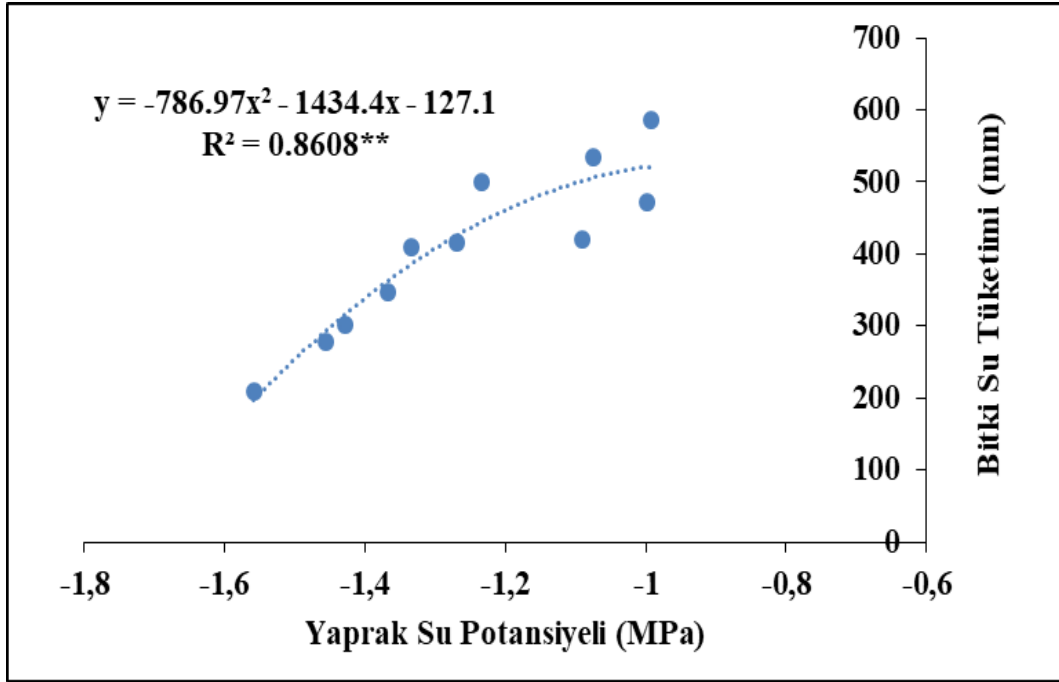
Şekil 4.39. YSP ile salkım uzunluğu arasındaki ilişki (2018)



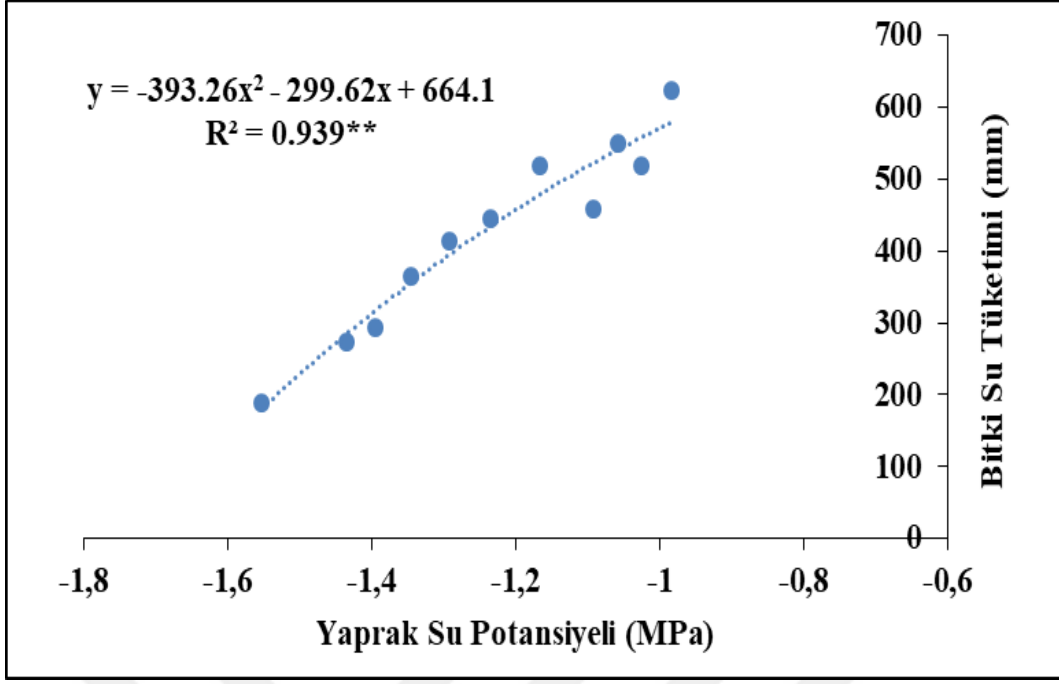
Şekil 4.40. YSP ile salkım uzunluğu arasındaki ilişki (2019)

#### 4.20. Yaprak Su Potansiyeli (YSP) – Bitki Su Tüketim İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası yaprak su potansiyeli ile bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.41-42’de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da yaprak su potansiyeli ile tane verimi arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y = -786.97x^2 - 1434.4x - 127.1$  ( $R^2 = 0.86^{**}$ ), ikinci yılı için  $y = -393.26x^2 - 299.62x + 664.1$  ( $R^2 = 0.94^{**}$ ) bulunmuştur.



Şekil 4.41. YSP ile ET arasındaki ilişki (2018)

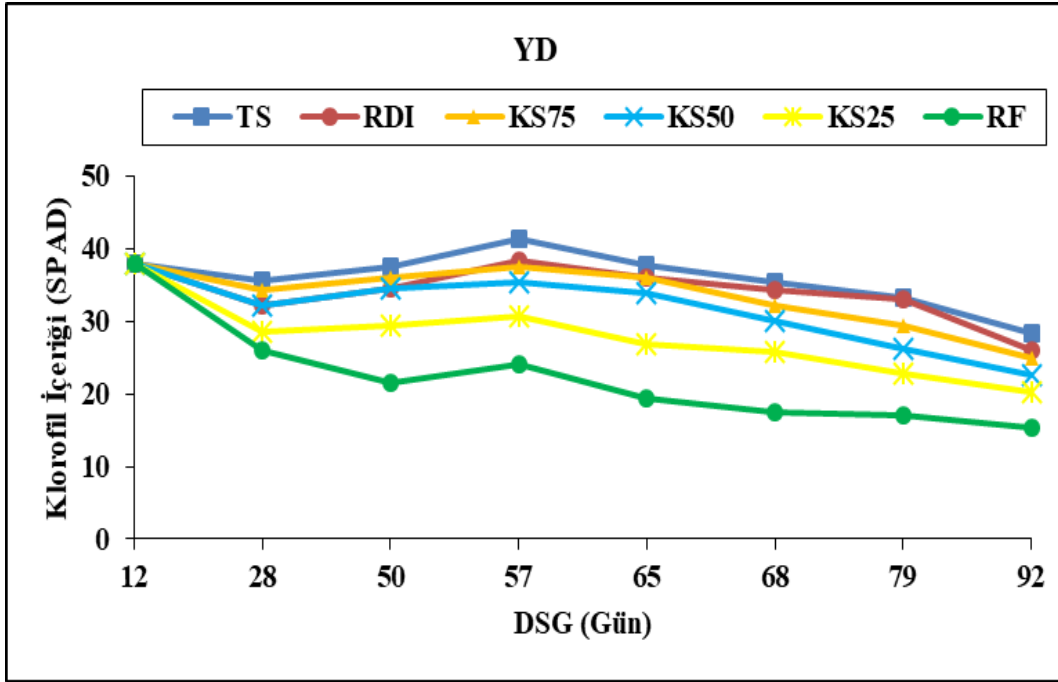


Şekil 4.42. YSP ile ET arasındaki ilişki (2019)

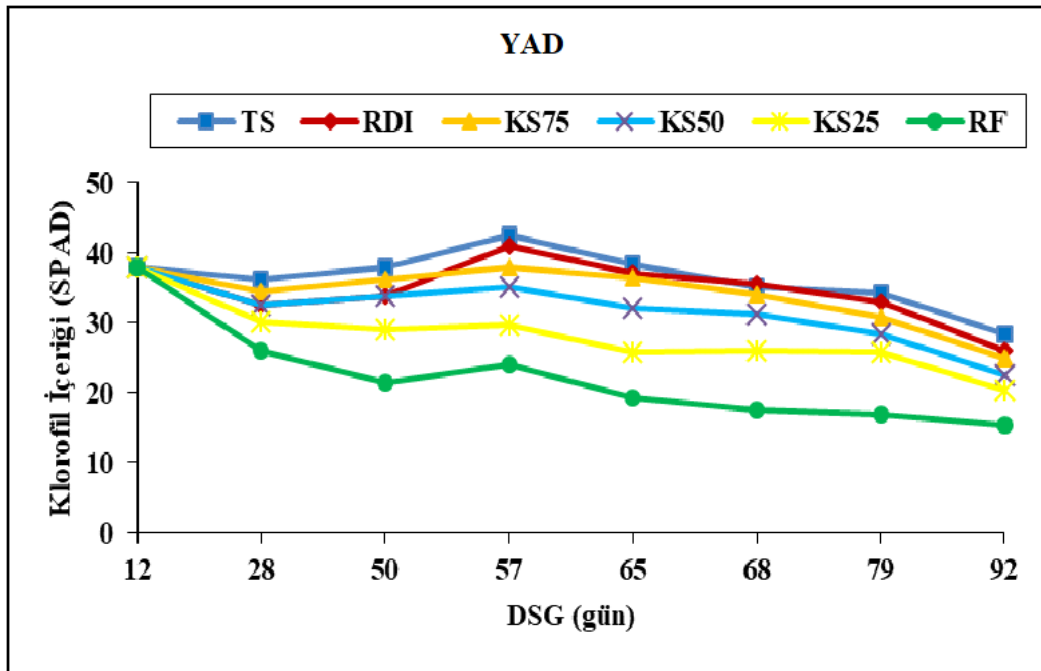
#### 4.21. Klorofil İçeriği

Her parsel de genç yapraklarda klorofil içeriği SPAD metre ile haftada bir sulama öncesi SPAD birimi olarak ölçülmüştür. Araştırmanın ilk yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında Klorofil içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.43-4.44’de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında klorofil içeriği 12.05.2018 (12 DSG) tarihinde başlanmış ve 07.08.2018 (92 DSG) tarihinde son verilmiştir. Klorofil içeriği hava koşullarına ve toprak su içeriğine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde su stresi yaşamayan TS, RDI ve KS75 sulama konularında daha yüksek klorofil içeriği değerleri ölçülürken, su stresi altındaki KS50, KS25 ve RF konularında daha düşük klorofil içeriği değerleri elde edilmiştir. Mevsim içerisinde YD sulama yönteminde klorofil içeriği değerleri 24.4 ile 37.6 SPAD arasında, YAD sulama yönteminde 24.8 ile 38.1 SPAD arasında RF konusunda ise 16.3 ile 30.1 SPAD arasında değişmiştir.





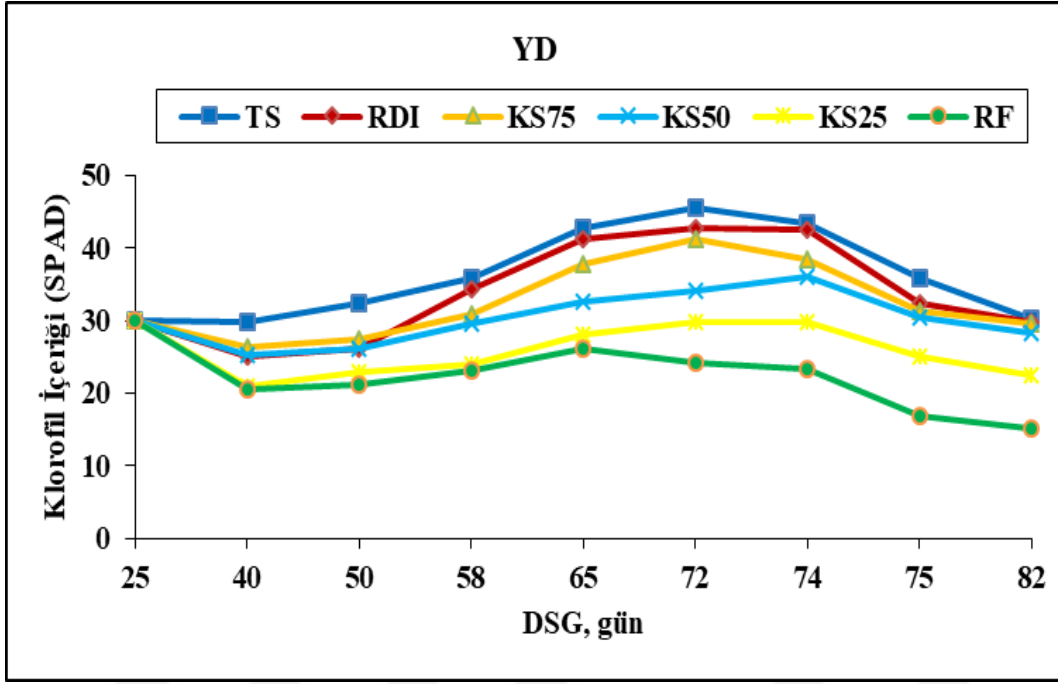
Şekil 4.43. YD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2018)



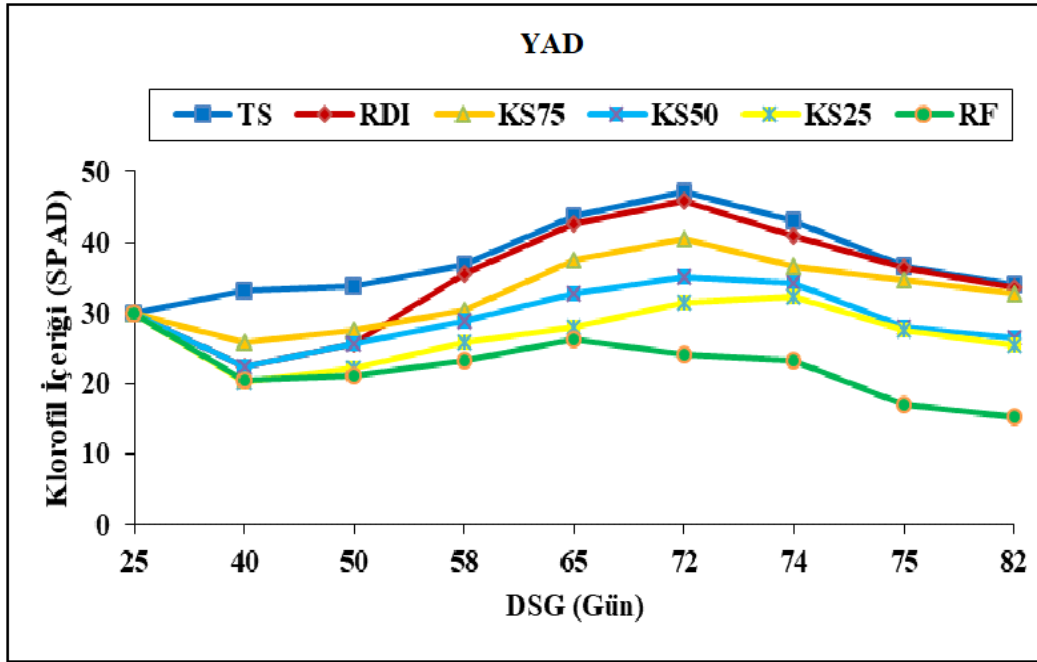
Şekil 4.44. YAD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2018)

Araştırmanın ikinci yılında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama konularında klorofil içeriğinin zamansal değişimi Şekil 4.45-4.46'da verilmiştir. Araştırmada klorofil içeriği 15.04.2019 (25 DSG) tarihinde başlanmış ve 15.07.2019 (82 DSG) tarihinde son verilmiştir. Klorofil içeriği hava koşullarına ve toprak su içeriğine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Anılan şekiller incelendiğinde her iki sulama yönteminde su stresi yaşamayan TS, RDI ve

KS75 sulama konularında daha yüksek klorofil içeriği değerleri ölçülürken, su stresi altındaki KS50, KS25 ve RF konularında daha düşük klorofil içeriği değerleri elde edilmiştir. Mevsim içerisinde YD sulama yönteminde klorofil içeriği değerleri 18 ile 42.6 SPAD arasında, YAD sulama yönteminde 20.2 ile 43 SPAD arasında RF konusunda ise 16.9 ile 30.0 SPAD arasında değişmiştir.



Şekil 4.45. YD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2019)

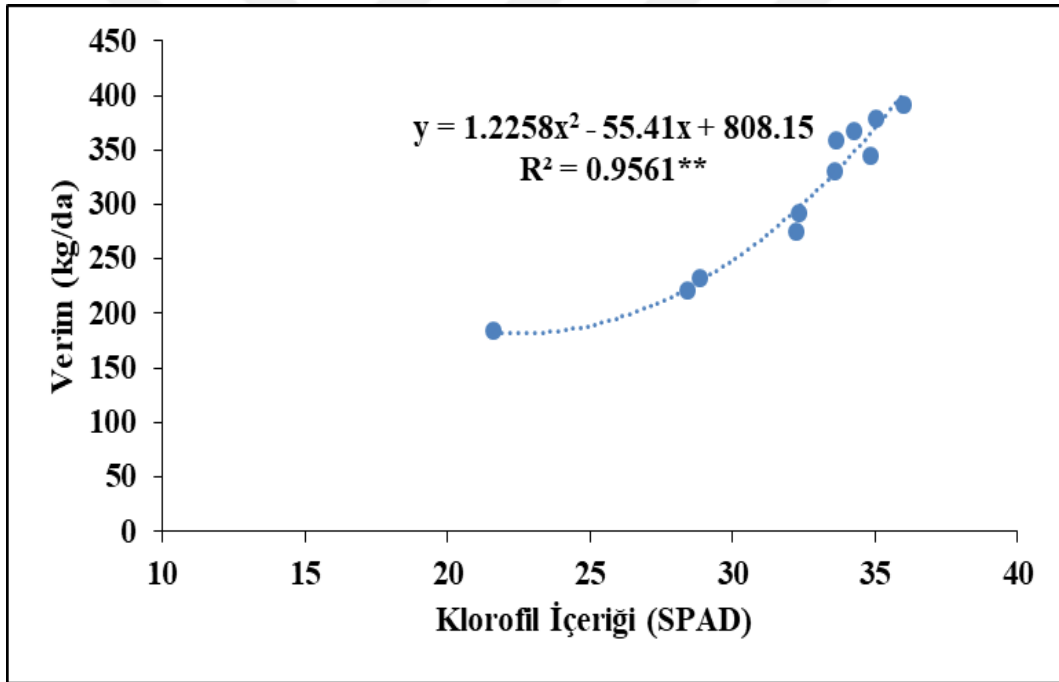


Şekil 4.46. YAD sulama yönteminde klorofil içeriğinin zamana göre değişimi (2019)

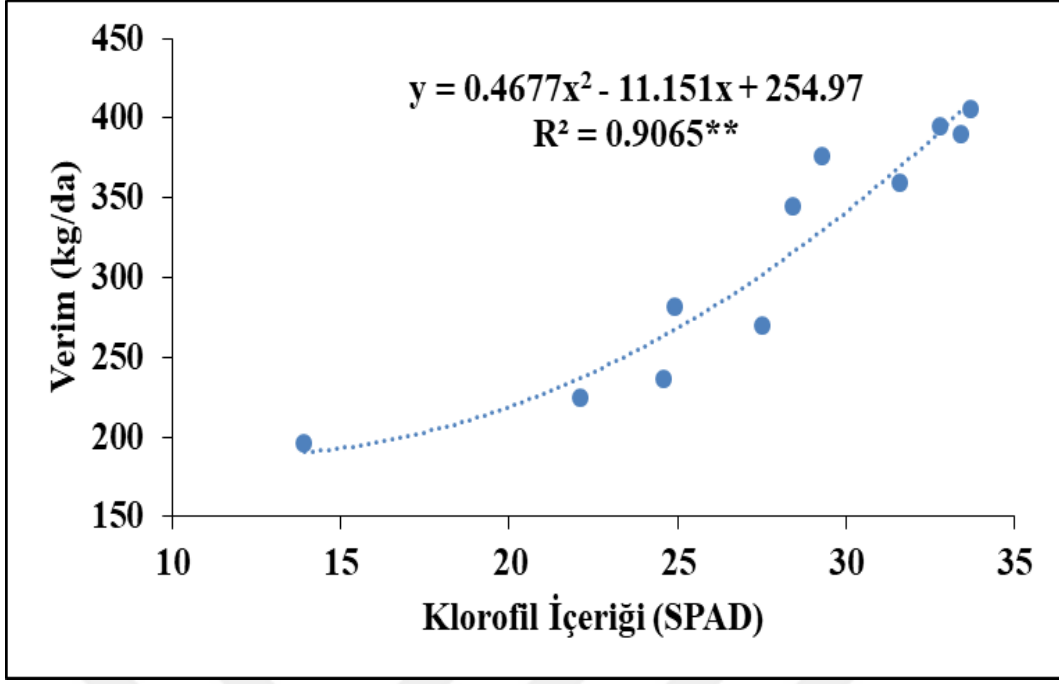
Araştırmanın her iki yılında da klorofil içeriği YAD sulama yönteminde YD sulama sulama yöntemine göre daha yüksek değerler çıkmıştır. Denemenin her iki yılında YAD sulama yönteminde YD yöntemine göre aynı sulama düzeyi için, daha yüksek klorofil içeriği değerleri ölçülmüştür. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça amarant bitkisinde daha yüksek klorofil içeriği değerleri elde edilmiştir.

#### 4.22. Klorofil İçeriği- Tane Verim İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası klorofil içeriği ile tane verimi ilişkiler her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.47-48’de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da klorofil içeriği ile tane verimi arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y=1.2258x^2-55.41x+808.15$  ( $R^2=0.96^{**}$ ), ikinci yılı için  $y=0.4677x^2-11.151x+254.97$  ( $R^2=0.91^{**}$ ) bulunmuştur.



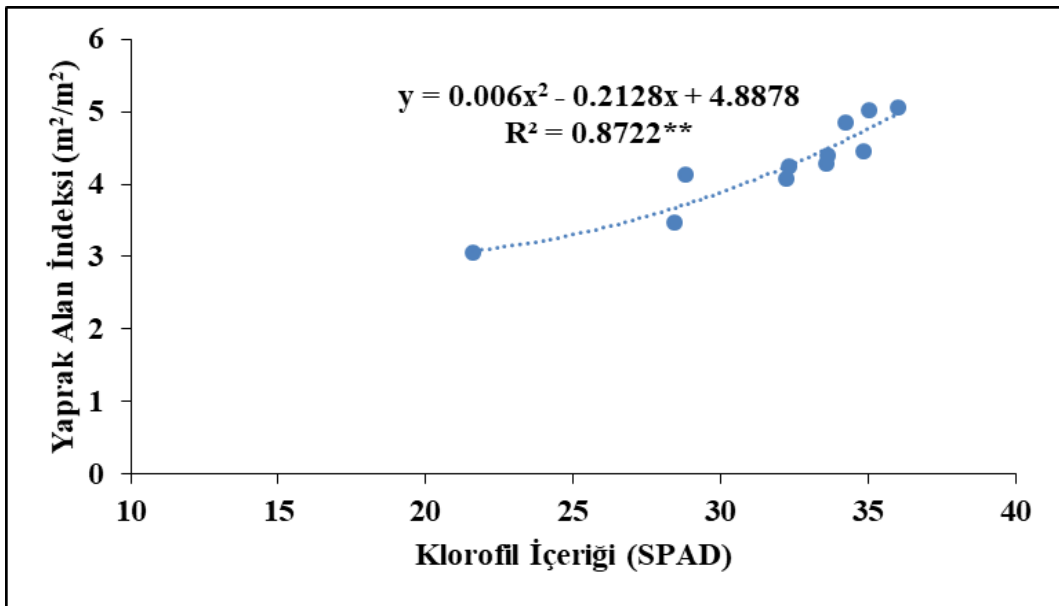
Şekil 4.47. Klorofil içeriği ile verim arasındaki ilişkisi (2018)



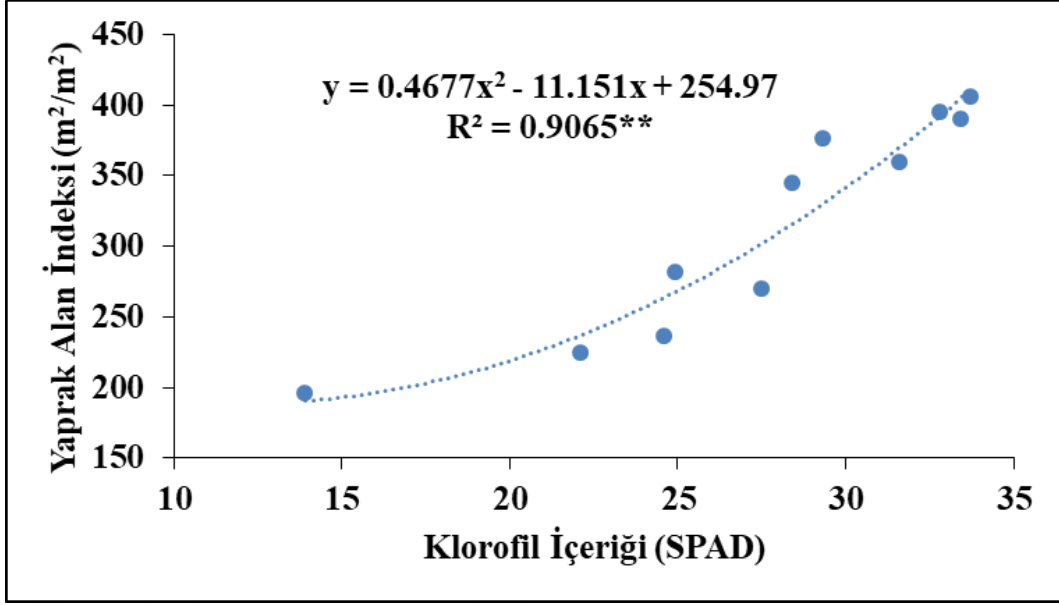
Şekil 4.48. Klorofil içeriği ile verim arasındaki ilişkisi (2019)

#### 4.23. Klorofil İçeriği- Maksimum Yaprak Alan İndeksi (LAI) İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası klorofil içeriği ile maksimum yaprak alan indeksi (YAI) ilişkileri her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.49-50'de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da klorofil içeriği ile YAI arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y=0.006x^2 - 0.2128x + 4.8878$  ( $R^2=0.87^{**}$ ), ikinci yılı için  $y= 0.4677x^2 - 11.51x + 254.97$  ( $R^2=0.91^{**}$ ) bulunmuştur.



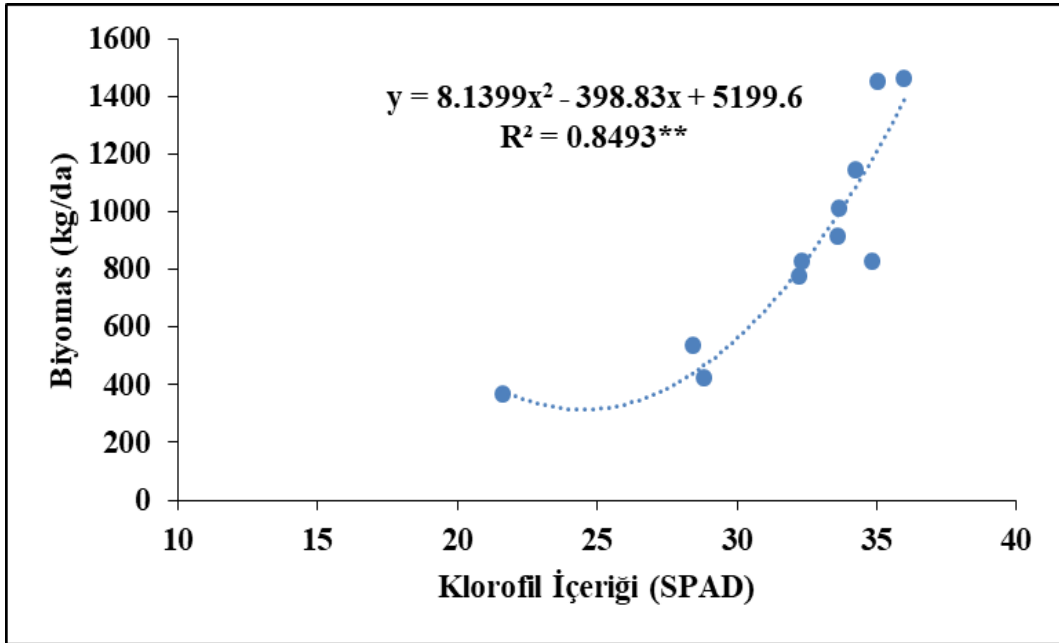
Şekil 4.49, Klorofil içeriği ile YAI arasındaki ilişki (2018)



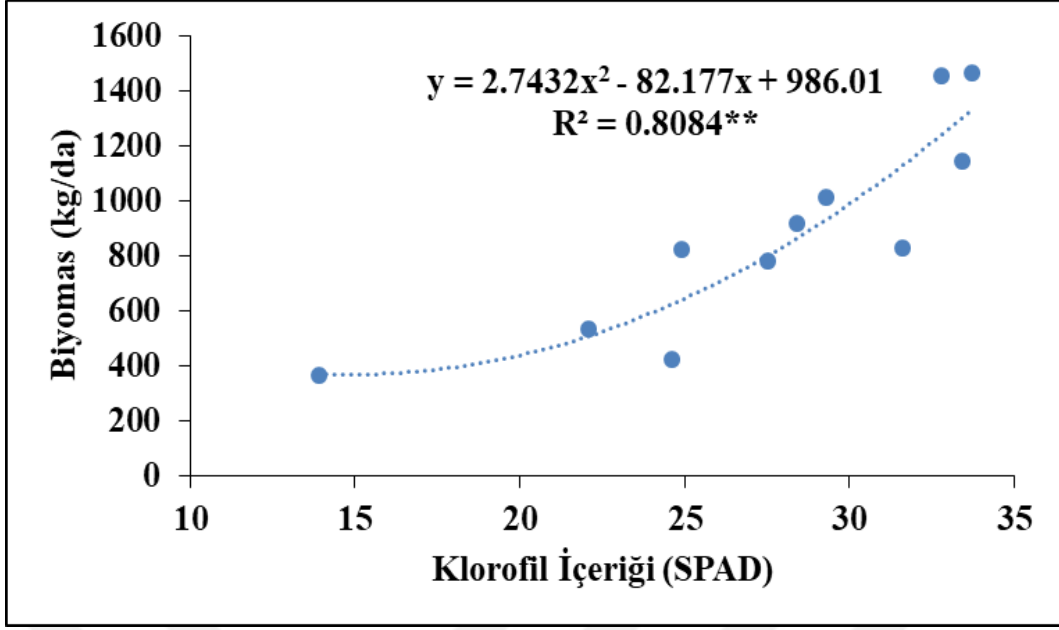
Şekil 4.50, Klorofil içeriği ile YAI arasındaki ilişki (2019)

#### 4.24. Klorofil İçeriği- Kuru Madde Miktarı (Biyomas) İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası klorofil içeriği ile kuru madde miktarı (Biyomas) ilişkileri her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.51-52'de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da klorofil içeriği ile biyomas arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y=8.1399x^2 - 398.83x + 5199.6$  ( $R^2=0.85^{**}$ ), ikinci yılı için  $y=2.7432x^2 - 82.177x + 986.01$  ( $R^2=0.80^{**}$ ) bulunmuştur.



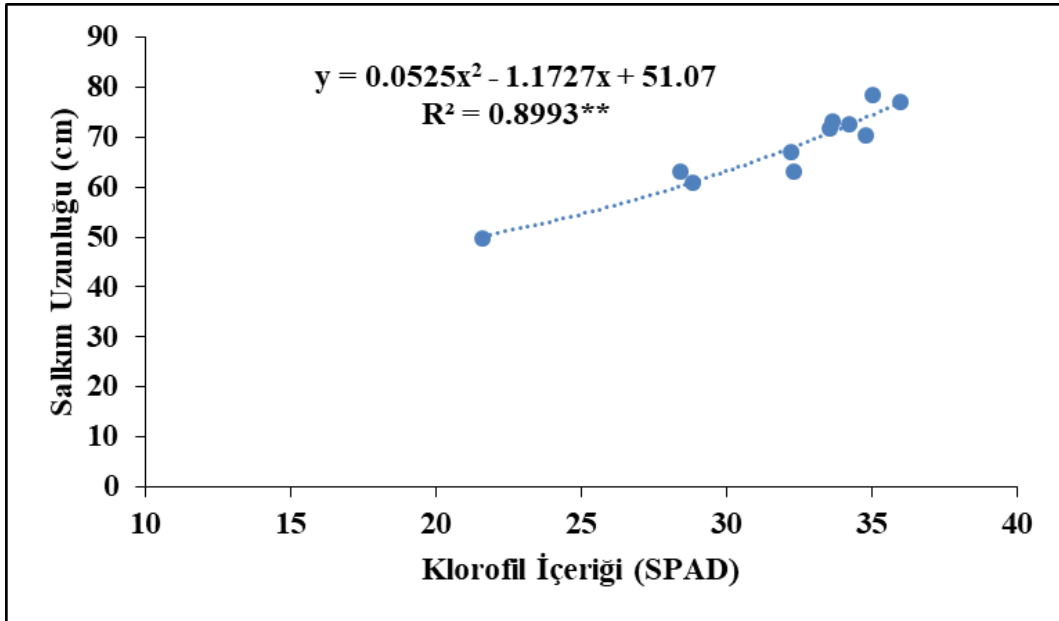
Şekil 4.51, Klorofil içeriği ile Biyomas arasındaki ilişki (2018)



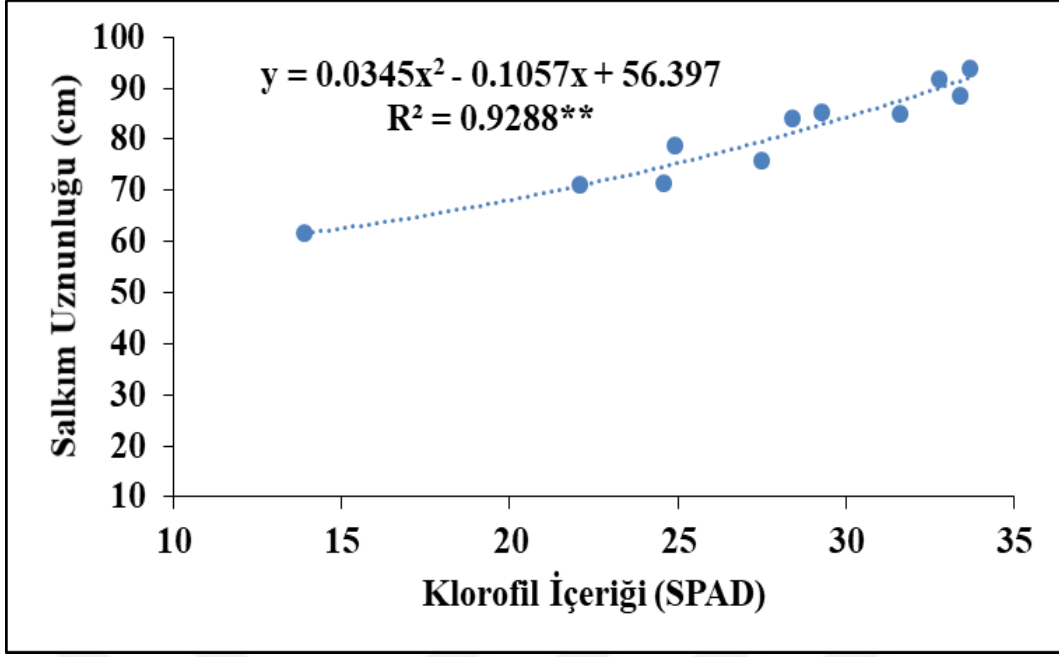
Şekil 4.52. Klorofil içeriği ile Biyomas arasındaki ilişki (2019)

#### 4.25. Klorofil İçeriği- Salkım Uzunluğu İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası klorofil içeriği ile salkım uzunluğu arasındaki ilişkileri her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.53-54'de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da klorofil içeriği ile salkım uzunluğu arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y=0.0525x^2 - 1.1727x + 51.07$  ( $R^2=0.90^{**}$ ), ikinci yılı için  $y= 0.0345x^2 - 0.1057x + 56.397$  ( $R^2=0.93^{**}$ ) bulunmuştur.



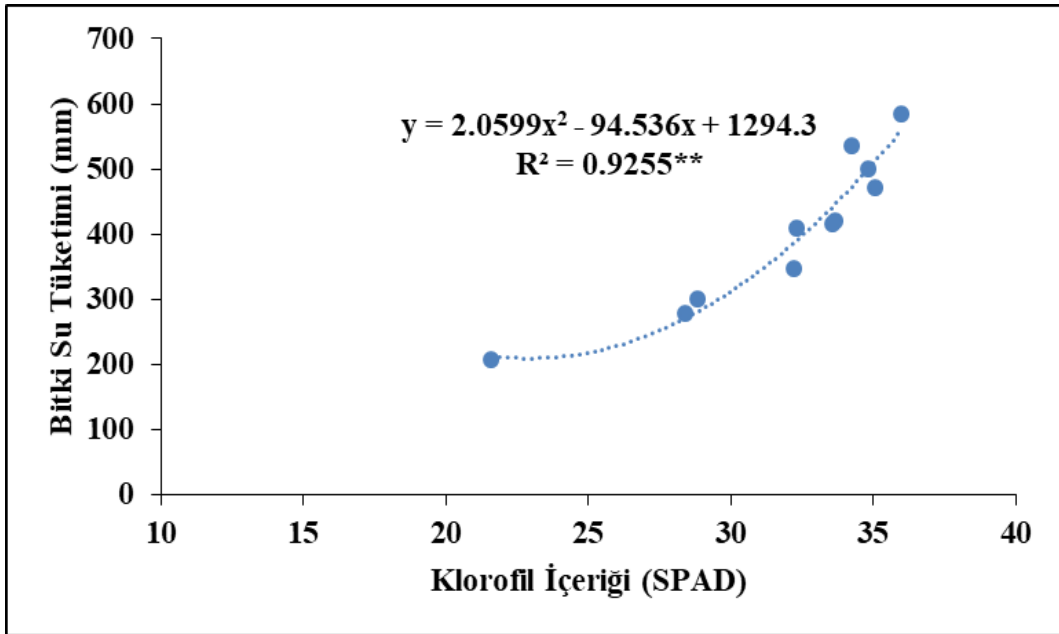
Şekil 4.53 Klorofil içeriği ile salkım uzunluğu ilişkisi (2018)



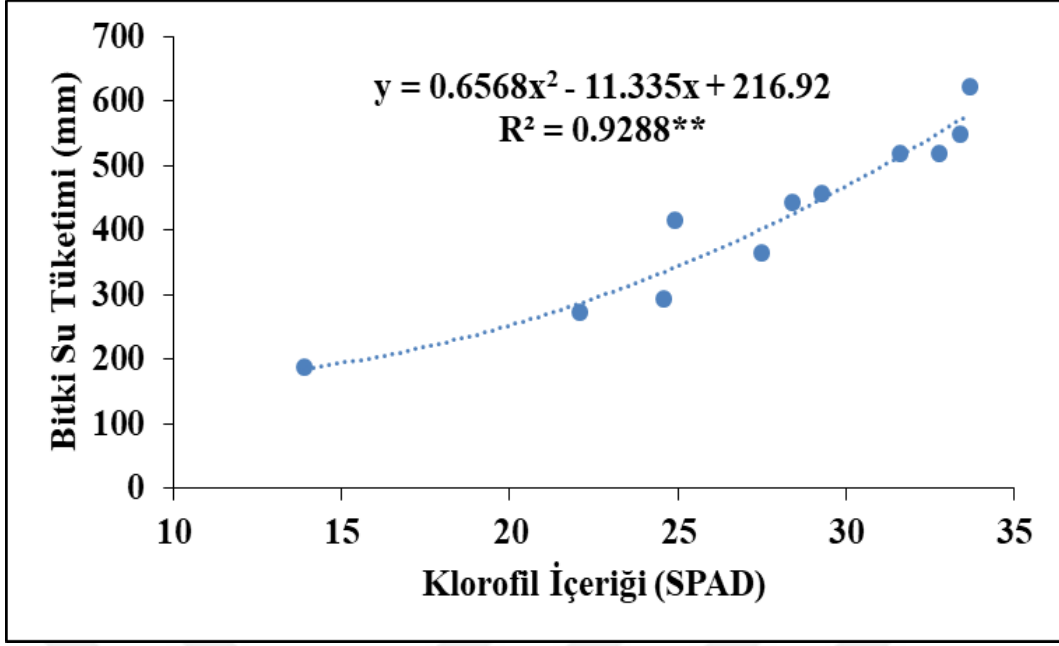
Şekil 4.54 Klorofil içeriği ile salkım uzunluğu ilişkisi (2019)

#### 4.26. Klorofil İçeriği- Bitki Su Tüketimi İlişkisi

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası klorofil içeriği ile bitki su tüketimi (ET, mm) arasındaki ilişkileri her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.55-56'da verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da klorofil içeriği ile ET arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y = 2.0599x^2 - 94.536x + 1294.3$  ( $R^2=0.93^{**}$ ), ikinci yılı için  $y = 0.6568x^2 - 11.335x + 216.92$  ( $R^2=0.93^{**}$ ) bulunmuştur.



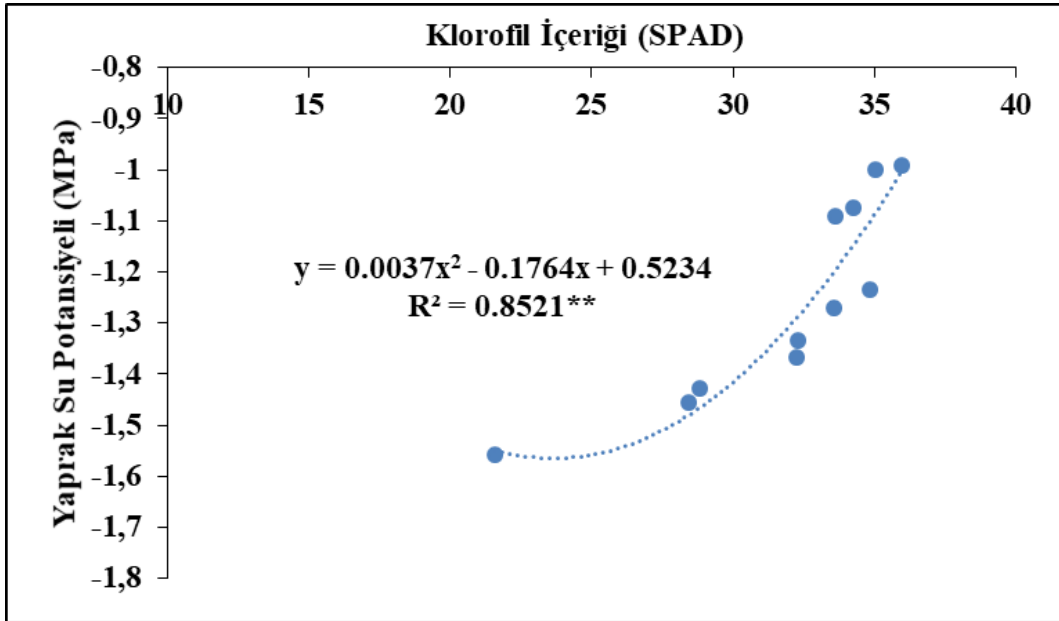
Şekil 4.55 Klorofil içeriği ile ET ilişkisi (2018)



Şekil 4.56 Klorofil içeriği ile ET ilişkisi (2019)

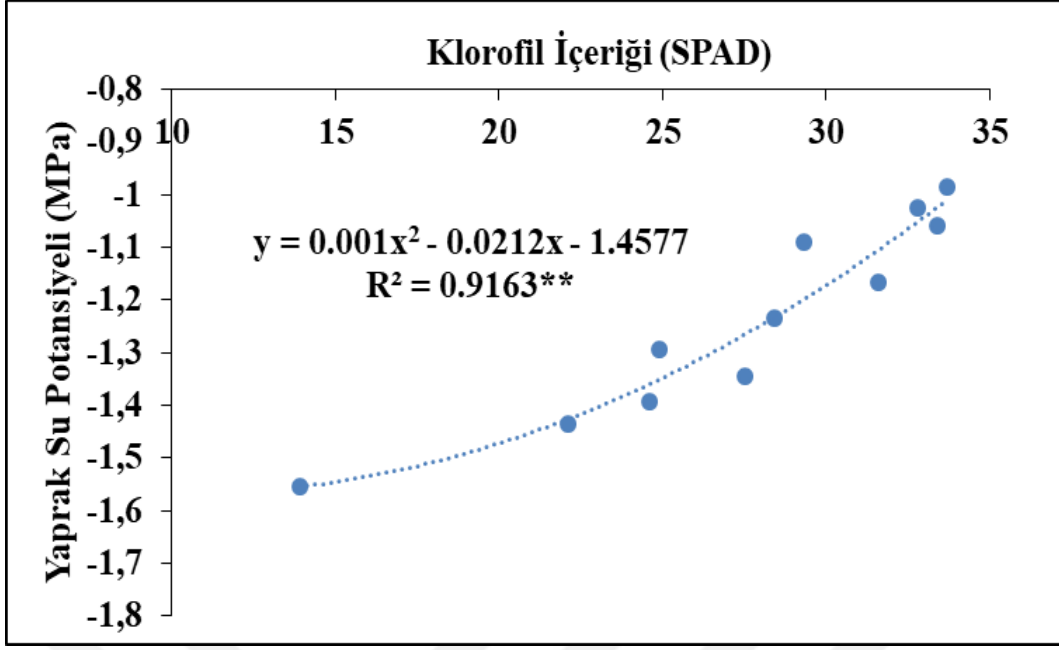
#### 4.27. Klorofil İçeriği ile Yaprak Su Potansiyeli Arasındaki İlişki

Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen gün ortası klorofil içeriği ile yaprak su potansiyeli (MPa) arasındaki ilişkileri her iki deneme yılı için ayrı ayrı geliştirilerek Şekil 4.57-58’de verilmiştir. Tüm konular birlikte ele alındığında her iki deneme yılında da klorofil içeriği ile YSP arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler belirlenmiştir. Anılan ilişkinin denklemi araştırmanın birinci yılı için  $y = 0.0037x^2 - 0.1764x + 0.5234$  ( $R^2=0.85^{**}$ ), ikinci yılı için  $y = 0.001x^2 - 0.0212x - 1.4577$  ( $R^2=0.92^{**}$ ) bulunmuştur.



Şekil 4.57 Klorofil içeriği ile YSP ilişkisi (2018)





Şekil 4.58 Klorofil içeriği ile YSP ilişkisi (2019)

#### 4.28. Deneme Sonuçlarının Ekonomik Analizi

Üreticilerin önerilen yeni yetiştirme tekniğini benimsemeleri ancak daha fazla ekonomik getiri elde etmeleri durumunda mümkün olabilir. Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinin ekonomik analizleri Çizelge 4.26-29'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Denemenin birinci yılında yatırım, işletim ve üretim giderlerini kapsayan ekonomik analiz sonuçlarına göre farklı sulama konularında net gelirler yüzey damla sulama konularında 4451-11995 \$/ha arasında değişmiştir. Farklı sulama düzeylerinde en yüksek net gelir TS konusunda 11995 \$/ha elde edilirken, bu konuyu RDI (11056 \$/ha) konusu izlemiştir.

Yüzeyaltı damla sulama konularında 4497-12053 \$/ha arasında değişmiştir. Farklı sulama düzeylerinde en yüksek net gelir TS konusunda 12053 \$/ha elde edilirken, bu konuyu RDI 1114 \$/ha konusu izlemiştir. Araştırma yılında azalan sulama suyu ile net gelirden azalma görülmüştür. Sulama yapılmayan RF konusunda ise (3133) \$/ha net gelir elde edilmiştir.

Çizelge 4.26. YD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2018)

Konular	Sulama Suyu (mm) (1)	Sulama Suyu ( $m^3ha^{-1}$ ) (2)	Sulama Süresi (h) (3)	Sulamada İşgücü Gideri ( $\$ h^{-1}$ ) (4)	Toplam Sulama İşgücü Gideri ( $\$$ ) (3x4) (5)	Su Fiyatı ( $\$ m^{-3}$ ) (6)	Su Ücreti ( $\$ ha^{-1}$ ) (2x6) (7)	Amarant Üretim Giderleri (8)
<b>YDTS</b>	453	4530	25	3	76	0,1	453	6010
<b>YDRDI</b>	401	4005	22	3	67	0,1	401	6010
<b>YDKS75</b>	355	3548	20	3	59	0,1	355	6010
<b>YDKS50</b>	257	2565	14	3	43	0,1	257	6010
<b>YDKS25</b>	158	1583	9	3	26	0,1	158	6010
<b>RF</b>	60	600	3	3	10	0,1	60	6010
Konular	Birim Alanda Sulama Sistem Gideri ( $\$ ha^{-1}$ ) (9)	Yıllık Sulama Sistem Gideri ( $\$ ha^{-1}$ ) (9/6 yıl) (10)	Yıllık Toplam Giderler ( $\$ ha^{-1} yıl^{-1}$ ) (5+7+8+10) (11)	Verim ( $kg ha^{-1}$ ) (12)	Amarant Satış Fiyatı ( $\$/kg$ ) (13)	Birim Alanda Brüt Gelir ( $\$/ha/yıl$ ) (12x13) (14)	Birim Alanda Net Gelir ( $\$/ha/yıl$ ) (14-11) (15)	
<b>YDTS</b>	2500	416,6667	6955	3790	5	18950	11995	
<b>YDRDI</b>	2500	416,6667	6894	3590	5	17950	11056	
<b>YDKS75</b>	2500	416,6667	6841	3298	5	16488	9647	
<b>YDKS50</b>	2500	416,6667	6726	2748	5	13738	7012	
<b>YDKS25</b>	2500	416,6667	6611	2213	5	11063	4451	
<b>RF</b>	0	0	6080	1843	5	9213	3133	

\*Dolar kuru 6 Türk Lirasından hesaplanmıştır.

Çizelge 4.27. YAD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2018)

Konular	Sulama Suyu (mm) (1)	Sulama Suyu ( $m^3ha^{-1}$ ) (2)	Sulama Süresi (h) (3)	Sulamada İşgücü Gideri ( $\$ h^{-1}$ ) (4)	Toplam Sulama İşgücü Gideri ( $\$$ ) (3x4) (5)	Su Fiyatı ( $\$ m^{-3}$ ) (6)	Su Ücreti ( $\$ ha^{-1}$ ) (2x6) (7)	Amarant Üretim Giderleri (8)
<b>TDTS</b>	356	3560	20	3	59	0,1	453	6010
<b>TDRDI</b>	304	3040	17	3	51	0,1	401	6010
<b>TDKS75</b>	282	2820	16	3	47	0,1	355	6010
<b>TDKS50</b>	208	2080	12	3	35	0,1	257	6010
<b>TDKS25</b>	134	1340	7	3	22	0,1	158	6010
<b>RF</b>	60	600	3	3	10	0,1	60	6010
Konular	Birim Alanda Sulama Sistem Gideri ( $\$ ha^{-1}$ ) (9)	Yıllık Sulama Sistem Gideri ( $\$ ha^{-1}$ ) (9/8 yıl) (10)	Yıllık Toplam Giderler ( $\$ ha^{-1} yıl^{-1}$ ) (5+7+8+10) (11)	Verim ( $kg ha^{-1}$ ) (12)	Amarant Satış Fiyatı ( $\$/kg$ ) (13)	Birim Alanda Brüt Gelir ( $\$/ha/yıl$ ) (12x13) (14)	Birim Alanda Net Gelir ( $\$/ha/yıl$ ) (14-11) (15)	
<b>TDTS</b>	3000	375	6897	3790	5	18950	12053	
<b>TDRDI</b>	3000	375	6836	3590	5	17950	11114	
<b>TDKS75</b>	3000	375	6787	3297,5	5	16487,5	9701	
<b>TDKS50</b>	3000	375	6676	2747,5	5	13737,5	7061	
<b>TDKS25</b>	3000	375	6566	2212,5	5	11062,5	4497	
<b>RF</b>	0	0	6080	1842,5	5	9212,5	3133	

\*Dolar kuru 6 Türk Lirasından hesaplanmıştır.

Denemenin ikinci yılında yatırım, işletim ve üretim giderlerini kapsayan ekonomik analiz sonuçlarına göre farklı sulama konularında net gelirler yüzey damla sulama konularında 4637-12754  $\$/ha$  arasında değişmiştir. Farklı sulama düzeylerinde en yüksek net gelir TS konusunda 12754  $\$/ha$  elde edilirken, bu konuyu RDI 11891  $\$/ha$  konusu izlemiştir.

Yüzeyaltı damla sulama konularında 5304-13444  $\$/ha$  arasında değişmiştir. Farklı sulama düzeylerinde en yüksek net gelir TS konusunda 13444  $\$/ha$  elde edilirken, bu konuyu RDI 12710  $\$/ha$  konusu izlemiştir. Araştırma yılında azalan sulama suyu ile net gelirden azalma görülmüştür. Sulama yapılmayan RF konusunda ise 3732  $\$/ha$  net gelir elde edilmiştir.

Çizelge 4.28. YD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2019)

Konular	Sulama Suyu (mm) (1)	Sulama Suyu (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) (2)	Sulama Süresi (h) (3)	Sulamada İşgücü Gideri (\$ h <sup>-1</sup> ) (4)	Toplam Sulama İşgücü Gideri (\$) (3x4) (5)	Su Fiyatı (\$ m <sup>-3</sup> ) (6)	Su Ücreti (\$ ha <sup>-1</sup> ) (2x6) (7)	Amarant Üretim Giderleri (8)
<b>TS</b>	488	4880	27	3	81	0,1	488	6010
<b>RDI</b>	413	4130	23	3	69	0,1	413	6010
<b>KS75</b>	378	3780	21	3	63	0,1	378	6010
<b>KS50</b>	269	2690	15	3	45	0,1	269	6010
<b>KS25</b>	159	1590	9	3	27	0,1	159	6010
<b>RF</b>	50	500	3	3	8	0,1	50	6010
Konular	Birim Alanda Sulama Sistem Gideri (\$ ha <sup>-1</sup> ) (9)	Yıllık Sulama Sistem Gideri (\$ ha <sup>-1</sup> ) (9/6 yıl) (10)	Yıllık Toplam Giderler (\$ ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> ) (5+7+8+10) (11)	Verim (kg ha <sup>-1</sup> ) (12)	Amarant Satış Fiyatı (\$/kg) (13)	Birim Alanda Brüt Gelir (\$/ha/yıl) (12x13) (14)	Birim Alanda Net Gelir (\$/ha/yıl) (14-11) (15)	
<b>TS</b>	2500	417	6996	3950	5	19750	12754	
<b>RDI</b>	2500	417	6909	3760	5	18800	11891	
<b>KS75</b>	2500	417	6868	3450	5	17250	10382	
<b>KS50</b>	2500	417	6741	2700	5	13500	6759	
<b>KS25</b>	2500	417	6613	2250	5	11250	4637	
<b>RF</b>	0	0	6068	1960	5	9800	3732	

\*Dolar kuru 6 Türk Lirasından hesaplanmıştır.

Çizelge 4.29. YAD sulama yönteminde farklı sulama düzeylerinin ekonomik analizi (2019)

Konular	Sulama Suyu (mm) (1)	Sulama Suyu ( $m^3ha^{-1}$ ) (2)	Sulama Süresi (h) (3)	Sulamada İşgücü Gideri ( $\$ h^{-1}$ ) (4)	Toplam Sulama İşgücü Gideri (\$) (3x4) (5)	Su Fiyatı ( $\$ m^{-3}$ ) (6)	Su Ücreti ( $\$ ha^{-1}$ ) (2x6) (7)	Amarant Üretim Giderleri (8)
TS	404	4040	22	3	67	0,1	404	6010
RDI	347	3470	19	3	58	0,1	347	6010
KS75	315	3150	18	3	53	0,1	315	6010
KS50	227	2270	13	3	38	0,1	227	6010
KS25	138	1380	8	3	23	0,1	138	6010
RF	50	500	3	3	8	0,1	50	6010
Konular	Birim Alanda Sulama Sistem Gideri ( $\$ ha^{-1}$ ) (9)	Yıllık Sulama Sistem Gideri ( $\$ ha^{-1}$ ) (9/6 yıl) (10)	Yıllık Toplam Giderler ( $\$ ha^{-1} yıl^{-1}$ ) (5+7+8+10) (11)	Verim ( $kg ha^{-1}$ ) (12)	Amarant Satış Fiyatı ( $\$/kg$ ) (13)	Birim Alanda Brüt Gelir ( $\$/ha/yıl$ ) (12x13) (14)	Birim Alanda Net Gelir ( $\$/ha/yıl$ ) (14-11) (15)	
TS	3000	375	6856	4060	5	20300	13444	
RDI	3000	375	6790	3900	5	19500	12710	
KS75	3000	375	6753	3600	5	18000	11248	
KS50	3000	375	6650	2820	5	14100	7450	
KS25	3000	375	6546	2370	5	11850	5304	
RF	0	0	6068	1960	5	9800	3732	

\*Dolar kuru 6 Türk Lirasından hesaplanmıştır.

#### 4.29. Birleştirilmiş Varyans Analizleri

Verim, su kullanım randımanı (WUE), sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), bitki boyu, yaprak alan indeksi (LAI), biomas, salkım uzunluğu, hasat indeksi parametrelerine ilişkin birleştirilmiş varyans analiz çizelgeleri Ek Çizelge 16 ile 23 arasında verilmiştir. Yapılan birleştirilmiş varyans analiz sonuçlarının değerlendirilmesinden yılların farklı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çukurova koşullarında, açık alanda yüzeyaltı ve yüzey damla sulama yöntemleriyle uygulanan farklı sulama suyu düzeylerinin amarant bitkisinin verim, verim bileşenleri ve bitkisel üretim fonksiyonları üzerine etkilerini saptamak ve en uygun sulama programını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda açıklanmıştır.

Araştırma yıllarında gözlenen kimi iklim parametrelerinin değişkenliği uygulamaların deneme yıllarında verim, verim bileşenleri unsurlarına ve sulama uygulamalarına etkisinin farklı olmasına neden olduğu sonuçların incelenmesinden açıkça görülmektedir.

YD sulama yönteminde uygulanan sulama suyu miktarı ortalama 471 mm, YAD sulama yönteminde ise 380 mm olmuştur. YAD sulama sisteminde YD göre ortalama %19 oranında daha az su uygulanmıştır. Bunun nedeni YAD yöntemi uygulanan konularda yüzeyden buharlaşma kayıplarının önemli ölçüde azaltılması ya da tümüyle önlenmesidir.

Araştırma yıllarında YD sulama konularında ET değeri (604 mm) YAD sulamaya (496 mm) göre 108 mm daha yüksek olmuştur. Artan sulama suyu ile mevsimlik ET değerlerinde artış gözlenmiştir. YAD yönteminde aynı sulama konularında belirlenen ET değerleri YD yöntemine kıyasla daha düşük kalmıştır.

Araştırmanın her iki yılında da sulama yöntemleri ve sulama konuları amarant tane verimi üzerinde istatistiksel olarak 0.01 önem düzeyinde farklı olduğu belirlenmiştir. YAD yönteminde aynı sulama konularında YD yöntemine göre daha yüksek tane verimleri elde edilmiştir. Araştırmada en yüksek ortalama verim YAD TS konusunda (398 kg/da), bunu YD TS konusunda (387 kg/da) olarak izlemiştir. En düşük ortalama verim her iki deneme yılında RF konusunda (190 kg/da) elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça tane verimi de artış göstermiştir. YAD TS sulama konusunda YD TS sulama konusuna göre verim %3'lük bir artış görülmüştür. YAD sulama yönteminde RDI sulama konusunda verimde %5'lik azalma görülürken sulama suyundan %14 tasarruf sağlanmıştır. YD sulama yöntemi RDI sulama konusunda ise benzer sonuçlar görülmüştür.

ET ile verim arasında doğrusal önemli ilişkiler ve sulama suyu miktarı ile verim arasında her iki sulama yöntemi için de birinci dereceden önemli ilişkiler belirlenmiştir. Araştırma yıllarında amarant bitkisi için  $K_y$  değeri YD sulama konularında 0.78-0.83 ve YAD sulama konularında 0.85-0.89 olarak belirlenmiştir. YAD sulama yöntemi konularında  $K_y$  değerinin YD sulama yöntemi konularına kıyasla daha yüksek çıkmasının nedeni verim değerlerinin yakın olmasına karşılık ET değerlerinin YAD konularında göreceli daha az

olmasındandır. Bu değerlerin 1.0'den küçük olması amarant bitkisinin kuraklığa dayanıklı olduğunu bir göstergesidir.

Direkt yöntemler gravimetrik yöntemler olup, bu yöntemlerde topraktaki su bir toprak örneğinden buharlaştırılmakta, yıkama veya kimyasal reaksiyon yoluyla uzaklaştırılmakta ve uzaklaştırılan miktar tayin edilmektedir. Direkt yöntemlerin en büyük dezavantajı, aynı noktadan birden fazla örnek almanın mümkün olmaması nedeniyle deneme parsellerinde ve toprak profillerinde yol açtığı tahribattır. Çok sayıda örnek alınması durumunda, toprakta makro gözeneklerin oluşmasına yol açmakta, bu durum ise toprak nem rejiminin değişmesine neden olabilmektedir. Diğer bir dezavantajı ise, değişik zamanlarda alınan toprak örneklerinin nem içeriklerindeki farklılıkların hem toprak suyundaki varyasyonu hem de toprağın heterojen yapısından kaynaklanan varyasyonu yansıtacak olmasıdır. Ayrıca bu yöntemle elde edilen sonuç gerçek zaman diliminde değerlendirilemeyerek, ölçümün uzun sürede ortaya çıkarılması da bir eksiklik olarak bilinmektedir. Gravimetrik yöntemin en önemli özelliği ise indirekt yöntemlerin kalibrasyonu için başvurulmuş standart bir yöntem olmasıdır.

İndirekt yöntemlerde, toprağın belli fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin su miktarına bağlı olarak değişimleri esas alınmaktadır. Bu yöntemlerin birçoğunda nem tayini ya toprağa yerleştirilmiş kalıcı sensörler veya toprakta açılan özel yuvalar içerisine okuma anında yerleştirilen sensörler vasıtasıyla kolaylıkla yapılabilmektedir. İndirekt yöntemlerin en önemli özelliği, ekipmanın bir kez tesis edilmesinden sonra toprak yapısında herhangi bir bozulmaya sebebiyet vermeksizin, az bir zaman harcayarak aynı yerde gerçek zaman diliminde ve kolay erişilebilir bir biçimde, sık ve sürekli ölçümlere olanak sağlamalarıdır. Ayrıca, toprağın su içeriği sensörün okunmasıyla birlikte belirlenmiş olmaktadır. İndirekt yöntemler arasında, elektriksel iletkenlik yöntemi, termal iletkenlik yöntemi, nötron yöntemi, gamma ısınları zayıflama yöntemi ve son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılmakta olan TDR (Time Domain Reflectometry) önemli bir yer tutmaktadır.

Çalışmada toprak su içeriklerinin belirlenmesinde TDR yönteminin başarıyla kullanılabileceği belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre TDR ölçüm yönteminin, gravimetrik ölçüm yöntemine göre işgücü ve zamandan önemli ölçüde tasarruf sağladığı belirlenmiştir. Tarım alanlarında israf edilen suyun azaltılması ve yöre çiftçisinin aşırı sulama ile toprak tuzluluğuna neden olmadan daha fazla ürün alabilmesi için indirekt yöntemlerden yararlanmanın işçilik ve su masrafını minimuma indirmesinin yanında azalan su kaynaklarının daha ekonomik biçimde kullanılmasının ülke ve yöre çiftçisine olumlu katkıda

bulunacağı sonucuna varılmıştır. TDR kullanılacağı toprak koşulları dikkate alınarak kalibre edilmesi yöntemin doğruluğunu sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Genel olarak uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça WUE değerlerinde bir azalma gözlenirken, RDI konusu bu kapsam dışında kalmıştır. En yüksek ortalama su kullanım randımanı WUE RF konusunda (0.88-1.04 kg/m<sup>3</sup>) en düşük YD TS konusunda (0.65 kg/m<sup>3</sup>) elde edilmiştir. Denemede IWUE değerlerine bakıldığında en yüksek YAD sulama yönteminde RDI konusunda 0.60- 0.55 kg/m<sup>3</sup> elde edilirken en düşük YD sulama yönteminde KS25 konusunda 0.23- 0.18 kg/m<sup>3</sup> elde edilmiştir. Her iki sulama yönteminde de en yüksek IWUE değerlerini RDI konusundan elde edilirken uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça IWUE değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir.

Çalışmada yaprak alan indeksleri çiçeklenme döneminde en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Bu dönemde en yüksek YAI değerleri YAD TS ve YD TS konularında belirlenmiştir. Sulama suyuna uygulanan kısıtlamalara bağlı olarak YAI değerleri de düşmüş ve en düşük YAI değerleri beklendiği gibi RF konularında ölçülmüştür. Çiçeklenmeden sonra hasada doğru bitkilerde yapraklarda yaşlanma ve dökülmeye bağlı olarak YAI düşüş göstermeye başlamıştır.

Her iki sulama yönteminde TS konularında daha yüksek bitki boyu, yaprak alan indeksi ve kuru madde değerleri elde edilmiştir. Her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki boyu, yaprak alan indeksi, kuru madde miktarı değerleri de artmıştır.

Deneme yıllarında sulama yöntemi ve konularının hasat indeksi üzerine etkisini istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. YAD sulama yönteminde aynı sulama konularında YD yöntemine göre daha yüksek hasat indeksi değerleri elde edilmiştir. En yüksek hasat indeksi değerleri RF konusunda hesaplanmıştır.

Yaprak su potansiyelinin zamansal değişimi incelendiğinde genel olarak hem YD hem de YAD sulama yönteminde su stresi çekmeyen TS konularında diğer araştırma konularına göre daha yüksek YSP değerleri ölçülürken, su stresi altındaki konularında stres düzeyine bağlı olarak daha düşük değerler ölçülmüştür. YSP ile verim arasında ikinci dereceden önemli ilişkiler saptanmıştır. Araştırma sonuçlarından Çukurova koşullarında amarant bitkisinin YSP değerinin -1.0 MPa değeri civarında sulanması durumunda en yüksek verimin alınabileceği görülmüştür.

Amarant bitkisinde klorofil içeriği (SPAD) her iki sulama yönteminde de TS konularında en yüksek değerler elde edilmiştir. YAD sulama yönteminde YD yöntemine göre



daha yüksek SPAD değerleri okunmuştur. Genel olarak su stresi arttıkça klorofil içeriği değerlerinin azaldığı görölmüştür. Klorofil içeriği ile amarant tane verimi arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.

Farklı sulama konularında en yüksek net gelir TS konularında elde edilmiştir. Bu konuyu RDI konusu izlemiştir. YAD sulama yönteminde YD yönteminin aynı sulama konularına göre daha yüksek net gelir elde edilmiştir. Araştırma yılında azalan sulama suyu ile net gelirden azalma görölmüştür. Su eksikliği olmadığı koşullarda tam sulama, su kısıtlı olduğu koşullarda ise planlanmış kısıtlı sulama (RDI) seçeneği önerilebilir.

İki yıllık araştırma sonuçlarına göre Çukurova koşullarında gerek YD ve gerekse YAD yöntemiyle sulanan amarant bitkisinde YAD sulama yönteminin YD sulamaya kıyasla verimde azalma olmadan yaklaşık 100 mm sulama suyu tasarrufu sağladığı görölmüştür. Amarant bitkisi sulama programlamasında bölgede sulama problemi olmadığı dönemler için TS sulama konularının su sıkıntısı olduğunda ise RDI sulama konusu önerilmektedir. Ayrıca, bitkiye dayalı sulama programlama tekniklerinden YSP'nin amarant bitkisinin sulama planlanmasında başarıyla kullanılabileceği kanıtlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abbasi, D., Ruzbehan, Y., Rezaei, A., 2012. "Effect of Harvest Date and Nitrogen Fertilization Rate on the Nutritive Value of Amaranth Forage (*Amaranthus hypochondriacus*)". *Animal Feed Science and Technology* 171, s:6– 13.
- Adeniran, K. A., Amodu, M. F., Amodu, M. O. ve Adeniji, F. A., (2010). Water Requirements of Some Selected Crops in Kampe Dam Irrigation Project. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1(4), s: 119.
- Alba, E., Polignano, G.B., Notarnicola, L., 1997. "Yield stability in a set of Amaranth entries in Southern Italy", *Italian Journal of Agronomy* 1, s:65-71.
- Alemayehu, F., Bendevis, M. A., Jacobsen, S. E., 2015. "The Potential For Utilizing The Seed Crop Amaranth (*Amaranthus spp.*) in East Africa as an Alternative Crop To Support Food Security And Climate Change Mitigation", *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(5), s:321-329
- Anonim, 2010. Amaranthus. Production Guide. Department of Agriculture Forestry and Fisheries. Republic of Spanish of South America. <http://www.daff.gov.za/docs/Brochures/Amaranthus.pdf> (Son Erişim tarihi: 19.03.2020).
- Anonim, 2011. Grain Amaranth <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/amaranth.pdf>. (Son Erişim Tarihi: 13.08.2019).
- Anonim, 2013. Sustainable Water Use Securing Food Production In Dry Areas Of The Mediterranean Region. Final Report. ([www.swup-med.dk](http://www.swup-med.dk)) (Son Erişim Tarihi: 05.10.2019).
- Anonim, 2014. Amarant. (*Amaranthus sp. L.*). <http://www.vurv.cz/altercrop/amaranth.html> (Son Erişim Tarihi: 20.03.2020).
- Arku, A. Y., Musa, S. M., Mofoke. A. L. E., 2012. Determination of Water Requirement and Irrigation Timing for Amaranthus Hybridus in Maiduguri Metropolis. North-Eastern Nigeria. In Proc. of Fourth International Conference on Sustainable Irrigation Organized by Wessex Institute of Technology. UK held at University of South Australia. Adelaide. 10-14th December, s: 279-289.
- Aufhammer, W., 2000. Pseudogetreidearten – Buchweizen, Reismelde und Amarant. Herkunft, Nutzung und Anbau. Ulmer, Stuttgart, s:98-105.
- Aufhammer, W., Kaul, H.P., Herz, P., Nalborezyk, E., Dalbiak, A., Gontarczyk, M., 1995. "Grain Yield Formation and Nitrogen Uptake of Amaranth". *Eur J Agron* 4, s:379-386.
- Ayars, J. E.; Fulton, A.; Taylor, B., 2015. Subsurface Drip Irrigation in California—Here to stay? *Agric. Water Manag.*, 157, s: 39–47.
- Bastug, R., Buyuktas, D., 2003. The Effects of Different Irrigation Levels Applied in Golf Courses on Some Quality Characteristics of Turfgrass. *Irrigation Science*, 22(2), s:87-93.

- Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Betschart, A. A., Saunders, R. M., 1981: A Compositional Study of Amaranth Grain. *Journal of Food Science*. 46(4), s:1175-1180.
- Belton, P. S. ve Taylor, J. R., 2002. *Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential*. Springer Science & Business Media, s:148-155.
- Berghofer, E. ve Schoenlechner, R., 2002. "Grain Amaranth in Pseudocereals and Less Common Cereals". Eds: Belton P.S., Taylor J.R.N., Springer-Verlag, Berlin, s:219-260.
- Brenner, D., Baltensperger, D., Kulakow, P., Lehmann, J., Myers, R., Slabbert, M., Sleugh, B., 2000. Genetic Resources and Breeding of Amaranthus. *Plant Breeding Reviews*. 19, s:227-285.
- Camp, C.R., 1998. Subsurface Drip Irrigation: A review. *Trans. ASAE* 1, 41, s:1353-1363.
- Camp, C. R., Lamm, F. R., Evans, R. G., Phene, C. J. 2000, November. Subsurface Drip Irrigation—Past, Present and Future. In *Proc. Fourth Decennial Nat. Irrigation Symp., Nov*, s: 14-16.
- Caselato-Sousa, V.M. ve Amaya-Farfan, J., 2012. "State of Knowledge on Amaranth Grain: a Comprehensive Review". *J. Food Sci.* 77 (4), s:93-104.
- Ceccarelli, S., Grando, S., Baum, M., 2007. Participatory Plant Breeding in Water-Limited Environments. *Exp. Agric.* 43, s:411-435.
- Challinor, A. J., Simelton, E. S., Fraser, E. D., Hemming, D., Collins, M., 2010. Increased Crop Failure Due to Climate Change: Assessing Adaptation Options Using Models and Socioeconomic Data for Wheat in China. *Environmental Research Letters* 5(3) s:1-8.
- Chandler, D. G., Seyfried, M., Murdock, M., McNamara, J. P., 2004. Field Calibration of Water Content Reflectometers. *Soil Science Society of America Journal*, 68(5), s:1501-1507.
- Chow, L., Xing, Z., Rees, H. W., Meng, F., Monteith, J., Stevens, L., 2009. Field Performance of nYne Soil Water Content Sensors on a Sandy Loam Soil in New Brunswick, Maritime region, Canada. *Sensors*, 9(11), s:9398-9413.
- Clapp, J. ve E. Helleiner, 2012. Troubled futures? The Global Food Crisis and the Politics of Agricultural Derivatives Regulation. *Review of International Political Economy*, 19, s:181-207.
- Cocozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., Tognetti, R., 2013. Effects of Increasing Salinity Stress and Decreasing Water Availability on Ecophysiological Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in a Mediterranean Type Agroecosystem. *Journal of Agronomy and Crop Science* 199 (4), s:229-240.
- Çakmak, B. ve Gökalp, Z. 2013. Kuraklık ve Tarımsal Su Yönetimi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (4), s:1-11.
- Das, S. (2016). *Amaranthus: A promising crop of future* Book. Springer, s:100.

- Dumanoğlu, Z., Geren, H., 2019. Horozibiği (*Amaranthus mantegazzianus*)’nde Farklı Azot ve Fosfor Seviyelerinin Ot Verimi ve Bazı Silaj Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1), s:51-60.
- Ecker, O., Weinberger, K., Qaim, M., 2010. Patterns and Determinants of Dietary Micro Nutrient Deficiencies in Rural Areas of East Africa. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 4, s:175–194.
- Ejjeji, C. J. and Adeniran, K. A., 2010. Effects of Water and Fertilizer Stress on the Yield. Fresh and Dry Matter Production of Grain Amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Australian Journal of Agricultural Engineering*. 1(1), s:18.
- El Youssfi, L., Choukr-Allah, R., Zaafrani, M., Mediouni, T., Sarr, F., Hirich, A., 2012. Effect of Domestic Treated Wastewater use on Three Varieties of Amaranth (*Amaranthus spp.*) under Semi Arid Conditions. In *Proceedings of World Academy of Science. Engineering and Technology* (No. 62). World Academy of Science. Engineering and Technology, s:147-152.
- Emire, S. A., ve Areg, M., 2012. Value Added Product Development and Quality Characterization of Amaranth (*Amaranthus caudatus L* ) Grown in East Africa. *African Journal of Food Science and Technology*, 3(6), s:129-141.
- Ergun, M., Özbay, N., Osmanoğlu, A., Çalkır, A., 2014. Sebze ve Tahıl Olarak Amaranth (*Amarant Spp*) Bitkisi. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.* 4(3), s:21-28.
- Erley, G.S., Kaul, H. P., Kruse, M., Aufhammer, W., 2005. Yield and Nitrogen Utilization Efficiency of the Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat Under Differing Nitrogen Fertilization. *Eur. J. Agron* 22, s:95-100.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O., 1989. Tarla Sulama Sistemleri, Ankara Üniv., Ziraat Fakültesi Yayın No 1155, Ankara.
- FAO, 2009. *FAO and Traditional Knowledge: the Linkages with Sustainability, Food Security and Climate Change Impacts*. FAO, Rome, Italy.
- Farshbaf-Jafari, S., Pirzad, A., Tajbakhsh, M., Ghassemi-Golezani, K., 2014. Effects of Water Supply and Plant Density on Leaf Characteristics of Amaranth (*Amaranthus caudatus L.*). In *2nd International Conference on Sustainable Environment and Agriculture IPCBEE* Vol. 76, s:17-20.
- Frison, E. A., 2006. Biodiversity and Livelihoods In: S Bala Ravi, I Hoeschle Zeledon, M S Swaminathan and E Frison (editors) *Hunger and Poverty: The Role of Biodiversity Report on an International Consultation on the Role of Biodiversity in Achieving the UN Millennium Development Goals of Freedom from Hunger and Poverty*. Chennai, India, s:18–19.
- Gimplinger, D. M., Schulte, A., Erley, G., Dobos, G., Kaul, H. P., 2008. Optimum Crop Densities for Potential Yield and Harvestable Yield of Grain Amaranth are Conflicting. *European Journal of Agronomy* 28(2), s:119-125.

- Grobelnik, M. S., 2006. *The impact of sowing date, plant density and mineral nitrogen fertilization on grain yield and quality of Amaranthus cruentus cv. 'G6'* (Doctoral dissertation, Master Thesis. University of Ljubljana, Slovenia), s:78.
- Hamdy, A., Ragab, R., Scarascia-Mugnozza, E., 2003. Coping with Water Scarcity: Water Saving and Increasing Water Productivity. *Irrig Drain* 52(1), s:3–20.
- Henderson, T. L., Johnson, B. L., Schneiter, A. A., 2000. "Row Spacing. Plant Population. and Cultivar Effects on Grain Amaranth in the Northern Great Plains". *Agronomy Journal*.92(2), s:329-336.
- Howell, T.A., Schneider, A.D, Evett, S.R., 1997. Subsurface and Surface Microirrigation of Corn Southern High Plains. *Transactions of the ASAE*. 40(3), s:635-641.
- Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Dusek, D.A., Copeland, K.S., 1995. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. *ASAE Trans. of the ASAE*. 38(6), s:1737-1747.
- Howell, T.A., 2001. Enhancing Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture. *Agron. J.* 93, 182–289.
- Huntington, T. G., 2006. Evidence for Intensification of the Global Water Cycle: Review and Synthesis. *Journal of Hydrology* Volume 319, Issues 1–4, s:83–95.
- Hura, T., Hura, K., Grzesiak, M., Rzepka, A., 2007. Effect of Long-term Drought Stress on Leaf Gas Exchange and Fluorescence Parameters in C 3 and C 4 plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(2), s:103.
- Irmak, S., Djaman, K., Rudnick, D, R., 2016. Effect of Full and Limited Irrigation Amount and Frequency on Subsurface Drip-irrigated Maize Evapotranspiration. yield. water use efficiency and yield response factors. *Irrigation science*. 34(4), s:271-286.
- Jacobsen, S. E., Itenov, K., Mujica, A., 2002. Amarantho Como un Cultivo Nuevo en el Norte de Europa *Agronomia Tropical* 52 (1), s:109-119.
- Jacobsen, S. E., 2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). *Food Reviews International* 19, s:167–177.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., Jensen, C.R., 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. *Food Reviews International*, 19, s:99-109.
- Jacobsen, S. E., Jensen, C. R., Liu, F. 2012. Improving Crop Production In The Arid Mediterranean Climate. *Field Crops Research*, 128, s: 34-47.
- Jacobsen, S. E., Pedersen, S. M., Qadir, M., Chaves, M., Andria, R., Ragab, R., Omar, E., Benhabib, O., Yazar, A. ve Siddique, K., 2013. Sustainable Water Use Securing Food Production in Dry Areas of the Mediterranean Region Project Final Report. SWUP-MED, s:2-4.
- Jafari, S. F., Pirzad, A., Tabjbakhsh, M., Golezani, K. G., 2014. Effects of Water Supply and Plant Density on Leaf Characteristics of Amaranth (*Amaranthus Caudatus* L.). 2nd International Conference on Sustainable Environment and Agriculture Vol. (76) 4, s:17-20.

- Jamalluddin, N., Massawe, F., J., Symonds, R. C. 2018. Transpiration efficiency of Amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to drought stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, s:1-12.
- Jangir, R., Thanki, J. D., Tajane, D., Kumar, S., 2019. Growth, Yield and Economic of Grain Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) as Affected by Integrated Nitrogen Management. *Int. J. Pure App. Biosci*, 7(3), s:329-334.
- Jensen, M.E., Burman, R. D., Allen, R. G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. Manuals and Reports on Engineering Practices no. 70. ASCE, New York.
- Jiayi, L., Shuan, W., Xinghai, L., Xuho, L., Junying, G., 1989. An Observation of the Root System Growth of Grain Amaranth and its Drought Resistance. *Agric Res Arid Areas*. 3, s:34-41.
- Johnson, B. L. ve Henderson. T. L., 2002. Water Use Patterns of Grain Amaranth in The Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 94(6), s:1437-1443.
- Kang, S., Zhang, L., Hu, X., Li, Z., Jerie, P., 2001. An Improved Water Use Efficiency for Hot Pepper Grown Under Controlled Alternate Drip Irrigation on Partial Roots. *Scientia Horticulturae*, 89(4), s:257-267.
- Kaul, H. P., Kruse, M., Aufhammer, W., 2005. Yield and Nitrogen Utilization Efficiency of the Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat Under Differing Nitrogen Fertilization. *European Journal of Agronomy*, 22(1), s:95-100.
- Keller, J., Bliesner, R.D., 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Chapman and Hall. 115 Fifth Avenue. New York. NY 10003, s:36-45.
- Kpadonou, G. E., Adjoboto, A., Likpete, D. D., Dassigli, Z. P., Akponikpe, P. B. I., Djenontin, A. J., 2019. Improving Traditional Leafy Vegetables Production Through Water Use Efficiency and Fertilizer Microdosing Technology in Benin Republic. *Acta horticulturae*. 1238, s:55-64.
- Lamm, F. R., ve Camp, C. R., 2007. Subsurface drip irrigation. In *Developments in Agricultural Engineering*, Vol. 13, s: 473-551.
- Lamm, F. R., Trooien, T.P., 2003. Subsurface Drip Irrigation for Corn Production: A Review of 10 Years of Research in Kansas. *Irrig. Sci.* 22(3-4), s:195-200.
- Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, M., 2016. Effects of Saline Irrigation On Yield and Qualitative Characterization of Seed of an Amaranth Accession Grown Under Mediterranean Conditions. *J. Agric. Sci.* 2016;154(5), s:858-869.
- Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, A., 2016. M. Effects Of Saline Irrigation On Yield and Qualitative Characterization of Seed of an Amaranth Accession Grown Under Mediterranean Conditions. *J. Agric. Sci.*;154(5), s:858-869.
- Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., Jacobsen, S. E., 2014. Quinoa's Potential in the Mediterranean Region. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 200(5), s:344-360.

- Liu, F. ve Stützel, H., 2002. Leaf Water Relations of Vegetable Amaranth (*Amaranthus* spp.) in Response to Soil Drying. *European Journal of Agronomy*, 16(2), s:137-150.
- Masariramb, M. T., Dlamini, Z., Manyatsi, A. M., Wahome, P. K., Oseni, T. O., Shongwe, V. D., 2012. Soil Water Requirements of Amaranth (*Amaranthus hybridus*) Grown in a Greenhouse in a Semi-arid, Sub-tropical Environment. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 12, s:932-936.
- Mlakar, S.G., Bavec, M., Jakop, M., Bavec, F., 2012. The Effect of Drought Occurring at Different Growth Stages on Productivity of Grain Amaranth *Amaranthus cruentus* G 6. *Journal of Life Sciences* 6(3), s:283-286.
- Mlakar, S. G., Turinek, M., Jakop, M., Bavec, M., Bavec, F., 2010. Grain Amaranth as Alternative and Perspective Crop in Temperate Climate. *Journal of Geography*. 5(1), s:135-145.
- Mu, Q. Y., Zhan, L. T., Lin, C. P., Chen, Y. M., 2020. Non-invasive Time Domain Reflectometry Probe for Transient Measurement of Water Retention Curves in Structured Soils. *Engineering Geology*, 264, 105335.
- Muñoz-Carpena. R, S. Shukla, K. Morgan. 2006. Field Devices For Monitoring Soil Water Content. Regional Extension Bulletinno. Sr-Iwm-2. The Irrigation Water Management Program Team Of The Southern Regional Water Program. USDA-CSREES, s:78-100.
- Myers, R.L., 1996: Amaranth: New Crop Opportunity In: Janick J (ed.): Progress in New Crops ASHS Press, Alexandria: s:207–220.
- O'Brien, G. K., ve Price, M. L., 2008. Amaranth Grain and Vegetable Types. Echo Technical Note. Revised by Larry Yarger. [https://c.ymcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/E66CDFDB-0A0D-4DDE-8AB1-74D9D8C3EDD4/Amaranth Grain & Vegetable Types \[Office Format\].pdf](https://c.ymcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/E66CDFDB-0A0D-4DDE-8AB1-74D9D8C3EDD4/Amaranth_Grain_&Vegetable_Types_[Office_Format].pdf) (Son Erişim tarihi: 19.03.2020).
- Ogunlela, A. O. ve Sadiku, I. B. S., 2017. Yield and Water Use Efficiency of *Amaranthus Cruentus* Grown Under Sms-based Irrigation System. *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment*. 9(3), s:32-42.
- Okunade, D. A., Olanusi, O. A., Adekalu, K. O., 2009. Growth. Yield and Economics of Okra and Amaranth Production Under Irrigation. *International Journal of Vegetable Science* 15, s:29-44.
- Olaniyi, J.O., 2007. Evaluation of Yield and Quality Performance of Grain Amaranth Varieties in the Southwestern Nigeria. *Research Journal of Agronomy* 1,s:42-45.
- Olaniyi, J.O., Adelasoye, K.A., Jegede, C.O., 2008. Influence of Nitrogen Fertilizer on the Growth. Yield and Quality of Grain Amaranth Varieties. *World Journal of Agricultural Sciences* 4: s:506-513.
- Omami, E. N., 2007. *Responses of Amaranth to salinity stress* (Doctoral dissertation, University of Pretoria) s:130-135.

- Omami, E. N., Hammes, P. S., Robbertse, P. J., 2006. Differences in Salinity Tolerance for Growth and Water-Use efficiency in Some Amaranth (*Amaranthus spp.*) genotypes. *New Zeal J Crop Hort*, 34, s:11-22.
- Patel, B. M., Ravindrababu, Y., Patel, P. G., Patel, M. M., Patel, D. K., 2005. Response of Amaranth (*Amaranthus hypocho driacus* L.) to Irrigation Fertilizer. *J. Soils and Crops* 15 (2), s: 247-250.
- Payero J. O., Tarkalson D. D., Irmak, S., 2006. Use of Time Domain Reflectometry for Continuous Monitoring of Nitrate-nitrogen in Soil and Water. *Applied Engineering in Agriculture*, 22(5), s:689-700.
- Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D., Petersen, J. L., 2008. Effect of Irrigation Amounts Applied with Subsurface Drip Irrigation on Corn Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency, and Dry Matter Production in a Semiarid Climate. *Agricultural water management*, 95(8), s:895-908.
- Phene, C.J. ve Beale, O.W., 1976. High-Frequency Irrigation for Water Nutrient Manegement in Humid Regions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40(3), s:430-436.
- Plate, A. Y. A. ve Areas, J. A. G., 2002. Cholesterol-lowering Effect of Extruded Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in Hypercholesterolemic Rabbits. *Food Chemistry*. 76(1), s: 1-6.
- Pospisil, A., Varga, M., Svecnjak, Z., 2006. Grain Yield and Protein Concentration of Two Amaranth Species as Influenced by Nitrogen Fertilizer. *European Journal of Agronomy* 25: 250-253.
- Provenzano, G., 2007. Using HYDRUS-2D Simulation Model to Evaluate Wetted Soil Volume in Subsurface Drip Irrigation Systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. s:342
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., d'Andria, R., Iafelice, G., Marconi, E., 2010. 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* 197, s:407-411.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E., d'Andria, R., 2012. Yield and Quality Characteristics of Chenopodium Quinoa Willd. Grown in Open Field Under Different Saline and Not Saline Irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science* 198(4), s:254-263.
- Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., Ragab, R., 2015a. Assessing Amaranth Adaptability in A Mediterranean Area of South Italy Under Different Climatic Scenarios. *Irrigation and drainage*. 64(1), s:50-58.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., d'Andria, R., Ragab, R., 2015b. Parameterization and Field Validation of SALTMED Model for Grain Amaranth Tested in South Italy. *Irrigation and drainage*. 64(1), s:59-68.
- Putnam, D. H., 1990. Agronomic Practices for Grain Amaranth. In Proc Natl Amaranth Symp. 4th. Edited by: Serv ME. Minneapolis. MN: Univ. of Minnesota. St. Paul, s:151-162.



- Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Doll, J. D., Schulte, E. M., 2014. Amaranth. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/amaranth.html> (Son Erişim tarihi: 19.03.2020).
- Rezaei, M., Ebrahimi, E., Naseh, S., Mohajerpour, M., 2012. A new 1.4- GHz Soil Moisture Sensor. *Measurement*, 45(7), s:1723-1728.
- Quispe, H., Jacobsen, S. E., Jacobsen, S. E., Valdez, A., Suito, M., 1999. Tolerancia de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a la salinidad; Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) tolerance to salinity. 1. Taller Internacional sobre Quinoa. Lima (Peru), s:10-14.
- Ramos-Diaz, J. M., Rinnan, A., Jouppila, K., 2019. Application of NIR Imaging to the Study of Expanded Snacks Containing Amaranth, Quinoa and Kañiwa. *Lwt Journal*, 102, s:8-14.
- Rana, K. N., Patel, G. J., Desai, C. K., Akbari, M. P., 2017. Quality of *Amaranthus hypochondriacus* L.) and Soil Properties Influenced by Irrigation Scheduling Based on Critical Growth Stages and Levels of Iron. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(5), s:101-103.
- Rao, B. H. ve Singh, D. N., 2011. Moisture Content Determination by TDR and Capacitance Techniques: a Comparative Study. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 4(6), s: 132-137.
- Rastogi, A. ve Shukla, S., 2013. Amaranth: a New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 53, s:109-125.
- Ribeiro, J. E., Pieterse, P. J., Famba, S. I., 2018. Amaranth Grain Production as Affected by Watering Regimes and Day Length in Southern Mozambique. *South African Journal of Plant and Soil*. 35(1), s:23-32.
- Rule, M.D., 2007. Corn and Palmer Amaranth Interactions in Dryland and Irrigated Environments. Kansas State University, Manhattan, Kansas, Department of Agronomy, Doctor of Philosophy, s: 87.
- Sakhare, S. D., Inamdar, A. A., Kumar, P. V. K., Dharmaraj, U., 2017. Evaluation of Roller Milling Potential of Amaranth Grains. *Journal of Cereal Science* 73, s:55-61.
- Schahbazian, N., Kamkar, B., Iran-Nejad, H., 2006. Evaluation of Amaranth Production Possibility in Arid and Semi-Arid Region of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences* 5, s:580-585.
- Selçuk, H., 2011. Çukurova Koşullarında Dane Amaran'tın (*Amaranthus Spp.*) Kuraklığa Dayanma Yönünden İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Adana. s: 13-37.
- Sezen, S. M., Yazar, A., Özer, S., Akça, H., Yıldız, M., Günaçtı, H., Bozkurt Çolak, Y. Madanoğlu, O., (2017). Çizgi Kaynaklı Yağmurlama Sulama Sistemi İle Uygulanan Drenaj ve Kanal Suyunun Quinoa Bitkisinin Verim, Verim Bileşenleri İle Su Kullanım Randımanı Üzerine Etkileri. TAGEM TSK/13/A13/P-02/05 No'lu Proje Sonuç Raporu. s: 39-40.

- Silva, J. G., Bianchini, A., Costa, P. M. C., de Almeida Lobo, F., de Almeida, J. P. M., de Moraes, M. F., 2019. Amaranth Response to Water Stress. *Journal of Experimental Agriculture International*. s:1-9.
- Slabbert, R. M., ve Krüger, G. H., 2011. Assessment of Changes in Photosystem II Structure and Function as Affected by Water Deficit in *Amaranthus hypochondriacus* L. and *Amaranthus hybridus* L. *Plant physiology and biochemistry*, 49(9), s:978-984.
- Spehar, C. R., Santos, R. L. B., Jacobsen, S. E., 1998. Andean Grain Crop Introduction to the Brazilian Savannah. International Conference on Sustainable Agriculture on Tropical and Subtropical Highlands with Special Reference to Latin America. Rio de Janeiro. Brazil.
- Snyder, W. E., 2009. Coccinellids in diverse communities: which niche fits?. *Biological Control*, 51(2), s:323-335.
- Senyigit, U., Kanber, R., Hamdy, A., 2016. The Effects of Different Irrigation Water and Nitrogen Levels on the Water-Nitrogen-Yield Functions of Watermelon. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation and Surveying, Environmental Engineering*, 5, s: 73-80.
- Tanrıverdi, Ç., 2005. Using TDR in The Agricultural Water Management. KSU. *Journal of Science and Engineering* 8(2), s:108-115s.
- Tanrıverdi, Ç. ve Degirmenci, H., 2011. Assessment of Management Transfer of Kahramanmaraş Irrigation System. *Scientific Research and Essays* 6(3), s:522- 528.
- Tanrıverdi, C., Degirmenci, H., Gonen, E., Boyaci, S., 2017. To Clarify the Effects of Traditional and Direct Planting on Secondary Product Corn's Productivity and Water Consumption. *SCIENTIFIC PAPERS-SERIES A-AGRONOMY*, 60, s:392-400.
- Tanrıverdi, Ç., Değirmenci, H., Tekinerdoğan, M., Gönen, E., Arslan, F., Atılgan, A., 2018. Precision of Drought Based on the Topsis Method. *Scientific Papers-Series A-Agronomy*, 61, s:516-521.
- Tülün Y., 2005. Toprak Su İçerğinin ve Yarayışlı Su Düzeylerinin TDR (Time Domain Reflectometry) İle Ölçülmesi ve Aletin Çeşitli Toprak Bünye Sınıflarında Kalibrasyonu. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Toprak Anabilim Dalı, s:2.
- Troiani, R. M., Reinaudi, N. Sánchez, T. M., 2008. Agronomic Characteristics Relationship With Yield Seed of Sixteen Genotypes of *Amaranthus* Grown in Argentina. V. International Symposium Amaranth Plant For Future. 9-14 November 2008. Slovak, s:48-55.
- Umebese, C. E., Olatimilehin, T. O., Ogunsusi, T. A., 2009. Salicylic acid Protects Nitrate Reductase Activity, Growth and Proline in Amaranth and Tomato Plants During Water Deficit. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4 (3), s:224-229.
- Williams, J. T. ve Brenner, D., 1995. Grain Amaranth (*Amaranthus* species). In. J T Williams (ed). *Cereals and pseudo cereals* Chapman and Hall. London, s:129–186.

- Wu, H., Yue, S., Sun, H., Corke, H., 1995. Physical Properties of Starch From Two Genotypes of *Amaranthus cruentus* of Agricultural Significance in China. *Starch/Staerke* 47, s:295-297.
- Wu, D., Xu, X., Chen, Y., Shao, H., Sokolowski, E., Mi, G., 2019. Effect of different drip fertigation methods on maize yield, nutrient and water productivity in two-soils in Northeast China. *Agricultural Water Management*. 213, s:200-211.
- Varble, J. L., Chávez, J. L., 2011. Performance Evaluation and Calibration of Soil Water Content and Potential Sensors for Agricultural Soils in Eastern Colorado. *Agricultural Water Management*, 101 (1), s: 93-106.
- Yarnia, M., 2015. The Effect of Water Deficit Stress on Osmotic Metabolites and Anti Oxidant System and Grain And Oil Yield of Amaranth Cv. Koniz. *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science)*, Vol: 8, No 4 (32), s:499-516.
- Yarnia, M., Benam, M. B., Farajzadeh, M. T., 2019. Nobari N. And Ahmedzadeh. V.. 2019. Effect of planting dates and density in drought stress condition on yield and yield components of Amaranth cv. Koniz. *Advances in Environmental Biology*. s:1139-1149.
- Yazar, A., Sezen, S.M., Gencel, B., 2002. Drip Irrigation of Corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) Area in Turkey. *Journal of Irrigation and Drain Engineering*, 51, s: 293–300.
- Yazar, A., Gökçel, F., Sezen, M. S., 2009. Corn Yield Response to Partial Rootzone Drying and Deficit Irrigation Strategies Applied with Drip System. *Plant, Soil and Environment*, 55(11), s: 494-503.
- Yazar, A., Barut, H., Mart, D., Aykanat, S., Torun, M. B., Cakır, B., Benlhabib, O., Jacobsen, S.E., 2014: Comparison of Wheat-based Rotation Systems vs Monocropping Under Dryland Mediterranean Conditions. *Funct. Plant Biol.*, s:64-69.
- Yazar, A., Bozkurt Çolak, Y., Tekin, S., İnce Kaya, Ç., Sezen, M.S., Torun, B., Yıldız, M., Kara, O., 2018. Tarımda Su Tasarrufu: Akdeniz Bölgesinde Sınırlı Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi İçin Teknolojik Geliştirmeler. TÜBİTAK 215O951 Numaralı 1001 Proje Sonuç Raporu, s: 40-42.
- Valentín, F., Nortes, P. A., Domínguez, A., Sánchez, J. M., Intrigliolo, D. S., Alarcón, J. J., López-Urrea, R., 2020. Comparing Evapotranspiration And Yield Performance of Maize Under Sprinkler, Superficial and Subsurface Drip Irrigation in a Semi-Arid Environment. *Irrigation Science*, 38(1), s:105-115.
- Vories, E. D., Tacker, P. L., Lancaster, S. W., Glover, R. E., 2009. Subsurface Drip Irrigation of Corn in the United States Mid-South. *Agricultural Water Management*, 96(6), s: 912-916.
- Zhan, T. L. T., Mu, Q. Y., Chen, Y. M., Ke, H., 2015. Evaluation of Measurement Sensivity and Desing Improvement for Time Domain Reflectometry Penetrometers. *Water Resour. Res.* 51 (4), s:2994-3006.
- Zhang, N., Yu, X., Pradhan, A., 2017. Application of Thermo-time domin Reflectometry Probe in Sand Kaolin Clay Mixtures. *Eng. Geol.* 216, s:98-107.

Zubillaga, M. F., Camina, R., Orioli, G. A., Barrio, D. A., 2019. Response of *Amaranthus cruentus* cv Mexicano to Nitrogen Fertilization Under Irrigation in the Temperate, Semiarid Climate of North Patagonia, Argentina. *Journal of plant nutrition*, 42(2), s:99-110.



## EKLER

Ek Çizelge 1. Amaranat verim değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	57.0625	19.0208	3	1.5823	0.3577
Sulama Yöntemi	1354.69	1354.69	1	112.6950	0.0018**
Hata 1	36.0625	12.0208	3	1.5113	0.2317
Sulama Konuları	252439	50487.8	5	6347.343	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	367.438	73.4875	5	9.2389	0.0001**
Hata	238.63	8.0	30		
Toplam	254492.98		47		0.0001

CV(%)=1.0

Ek Çizelge 2. Amaranat verim değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	25.1667	8.38889	3	6.7111	0.0761
Sulama Yöntemi	1386.75	1386.75	1	1109.400	0.0001**
Hata 1	3.75	1.25	3	0.0868	0.9667
Sulama Konuları	285076	57015.2	5	3958.622	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	298.5	59.7	5	4.1450	0.0056**
Hata	432.08	14.4	30		
Toplam	287222.00		47		0.0001

CV(%)=1.24

Ek Çizelge 3. WUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.00067	0.00022	3	4.4399	0.1252
Sulama Yöntemi	0.22944	0.22944	1	1453.501	0.0001**
Hata 1	0.00015	0.00005	3	0.6991	0.6336
Sulama Konuları	0.11548	0.0231	5	278.7935	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	0.05702	0.0114	5	93.2274	0.0001**
Hata	0.00259726	0.000087	30		
Toplam	0.40536377		47		0.0001

CV(%)=1.11

Ek Çizelge 4. WUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.00019	6.33e-5	3	2.2286	0.1919
Sulama Yöntemi	0.15615	0.15615	1	1582.261	0.0001**
Hata 1	6.22e-5	0.00002	3	0.2608	0.9144
Sulama Konuları	0.64504	0.12901	5	1119.235	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	0.03613	0.00723	5	36.5546	0.0001**
Hata	0.00361429	0.000120	30		
Toplam	0.84118012		47		0.0001

CV(%)=1.35

Ek Çizelge 5. IWUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.00639	0.00213	3	0.9603	0.0585
Sulama Yöntemi	0.23503	0.23503	1	2612.145	0.0001**
Hata1	0.00078	0.00026	3	1.5473	0.1112
Sulama Konuları	0.26687	0.06672	4	4250.896	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	0.0025	0.00062	4	21.0485	0.0031**
Hata	0.00278929	0.000116	24		
Toplam	0.51435632		39		0.0001

CV(%)=2.4

Ek Çizelge 6. IWUE değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.00301	0.001	3	0.6602	0.0348
Sulama Yöntemi	0.13572	0.13572	1	43.8187	0.0001**
Hata1	0.00025	8.25e-5	3	0.4971	0.8942
Sulama Konuları	0.37341	0.09335	4	229.3996	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	0.00056	0.00014	4	10.9121	0.8447
Hata	0.00982000	0.000409	24		
Toplam	0.52277750		39		0.0001

CV(%)=5.06

Ek Çizelge 7. Bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.255	0.085	3	1.2697	0.4245
Sulama Yöntemi	79.5675	79.5675	1	1188.560	0.0001**
Hata1	0.20083	0.06694	3	0.2967	0.8275
Sulama Konuları	10533	2106.6	5	9336.178	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	77.51	15.502	5	68.7027	0.0001**
Hata	6.769	0.226	30		
Toplam	10697.327		47		0.0001

CV(%)=3.6

Ek Çizelge 8. Bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	5.16667	1.72222	3	1.2400	0.4319
Sulama Yöntemi	40.3333	40.3333	1	29.0400	0.0125*
Hata1	4.16667	1.38889	3	0.5165	0.6741
Sulama Konuları	8581.67	1716.33	5	638.3058	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	29.6667	5.93333	5	2.2066	0.0798
Hata	80.6667	2.689	30		
Toplam	8741.6667		47		0.0001

CV(%)=1.4

Ek Çizelge 9. Maksimum YAİ değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.00896	0.00299	3	2.3428	0.2513
Sulama Yöntemi	0.74252	0.74252	1	582.6850	0.0002**
Hata 1	0.00382	0.00127	3	0.6127	0.6121
Sulama Konuları	19.0784	3.81568	5	1834.583	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	0.64949	0.1299	5	62.4555	0.0001**
Hata	0.062396	0.00208	30		
Toplam	20.545581		47		0.0001

CV(%)= 1.10

Ek Çizelge 10. Maksimum YAİ değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	0.07229	0.0241	3	0.2176	0.8789
Sulama Yöntemi	0.01687	0.01687	1	0.1524	0.7224
Hata 1	0.33229	0.11076	3	1.4123	0.2585
Sulama Konuları	14.4619	2.89238	5	36.8782	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	0.16688	0.03338	5	0.4255	0.8272
Hata	2.352917	0.078431	30		
Toplam	17.403125		47		0.0001

CV(%)= 6.94

Ek Çizelge 11. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	44.19	14.73	3	3.0816	0.1900
Sulama Yöntemi	34.68	34.68	1	7.2552	0.0742
Hata 1	14.34	4.78	3	0.1999	0.8956
Sulama Konuları	6348262	1269652	5	53097.61	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	79463.6	15892.7	5	664.6433	0.0001**
Hata	717.4	24	30		
Toplam	6428536.1		47		0.0001

CV(%)= 0.6

Ek Çizelge 12. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	87.8685	29.2895	3	3.7200	0.1546
Sulama Yöntemi	6802.72	6802.72	1	864.0000	0.0001**
Hata 1	23.6206	7.87352	3	0.5423	0.6571
Sulama Konuları	6158560	1231712	5	84835.83	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	35636.3	7127.27	5	490.9002	0.0001**
Hata	435.6	15	30		
Toplam	6201545.7		47		0.0001

CV(%)= 0.4

Ek Çizelge 13. Salkım uzunluğu değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	2.5625	0.85417	3	0.6872	0.6174
Sulama Yöntemi	31.6875	31.6875	1	25.4916	0.0150*
Hata1	3.72917	1.24306	3	0.3070	0.8201
Sulama Konuları	3923.6	784.721	5	193.8247	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	18.4375	3.6875	5	0.9108	0.4872
Hata	121.4583	4.049	30		
Toplam	4101.4792		47		0.0001

CV(%)= 3.03

Ek Çizelge 14. Salkım uzunluğu değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	2.80729	0.93576	3	3.0112	0.1947
Sulama Yöntemi	41.8756	41.8756	1	134.7505	0.0014**
Hata1	0.93229	0.31076	3	0.3853	0.7644
Sulama Konuları	4974.57	994.914	5	1233.470	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	12.8501	2.57002	5	3.1863	0.0200*
Hata	24.1979	0.807	30		
Toplam	5057.2309		47		0.0001

CV(%)= 1.13

Ek Çizelge 15. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2018)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	44.19	14.73	3	3.0816	0.1900
Sulama Yöntemi	34.68	34.68	1	7.2552	0.0742
Hata1	14.34	4.78	3	0.1999	0.8956
Sulama Konuları	6348262	1269652	5	53097.61	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	79463.6	15892.7	5	664.6433	0.0001**
Hata	717.4	24	30		
Toplam	6428536.1		47		0.0001

CV(%)= 0.6

Ek Çizelge 16. Kuru madde miktarı (biyomas) değerlerine ilişkin varyans analizi (2019)

Kaynaklar	KT	KO	SD	F Ratio	Prob > F
Tekerrür	87.8685	29.2895	3	3.7200	0.1546
Sulama Yöntemi	6802.72	6802.72	1	864.0000	0.0001**
Hata1	23.6206	7.87352	3	0.5423	0.6571
Sulama Konuları	6158560	1231712	5	84835.83	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	35636.3	7127.27	5	490.9002	0.0001**
Hata	435.6	15	30		
Toplam	6201545.7		47		0.0001

CV(%)= 0.4



Ek Çizelge 17. WUE değerlerine ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	0.03196834		353.9246	0.0001**
Tekerrür[Yıl]	6	0.00088296		1.6292	0.1530
Sulama Yöntemi	1	0.20562939		2276.543	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi	1	0.02098793		232.3593	0.0001**
Sulama Konuları	5	0.39059916		864.8721	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	0.27026280		598.4211	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	0.03445414		76.2890	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	0.03213272		71.1489	0.0001**
Hata	66	0.00596147	0.000090		
Toplam	95	0.99287891			0.0001**

CV(%)=1.2

Ek Çizelge 18. IWUE değerlerine ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	11.285599		54353.31	0.0001**
Tekerrür[Yıl]	6	0.000783		0.6289	0.7064
Sulama Yöntemi	1	0.269270		1296.847	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi	1	0.160324		772.1450	0.0001**
Sulama Konuları	4	0.364661		439.0665	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	4	1.708942		2057.636	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	4	0.017488		21.0569	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	4	0.005385		6.4841	0.0002**
Hata	54	0.011212	0.000208		
Toplam	79	13.823664			0.0001**

CV(%)=1.8

Ek Çizelge 19. Tane verimlerine ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	2330.51		216.4802	0.0001**
Tekerrür[Yıl]	6	82.23		1.2730	0.2819
Sulama Yöntemi	1	2741.34		254.6423	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi	1	0.09375		0.0087	0.9259
Sulama Konuları	5	535543.55		9949.286	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	1971.30		36.6227	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	604.47		11.2298	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	61.47		1.1420	0.3472
Hata	66	710.52	10.8		
Toplam	95	544045.49			0.0001**

CV(%)=1.1

Ek Çizelge 20. Bitki boylarına ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	5069.227		3644.410	0.0001**
Tekerrür[Yıl]	6	5.422		0.6496	0.6902
Sulama Yöntemi	1	116.600		83.8273	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi	1	3.300		2.3728	0.1282
Sulama Konuları	5	18701.429		2688.997	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	413.262		59.4211	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	92.488		13.2985	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	14.688		2.1120	0.0749
Hata	66	91.803	1.391		
Toplam	95	24508.220			0.0001**

CV(%)=1.0

Ek Çizelge 21. Bitki boylarına ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	3984.8151		1749.613	0.0001**
Tekerrür[Yıl]	6	5.3698		0.3930	0.8810
Sulama Yöntemi	1	0.3545		0.1556	0.6945
Yıl*Sulama Yöntemi	1	73.2086		32.1437	0.0001**
Sulama Konuları	5	8815.0755		774.0871	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	83.0964		7.2970	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	8.8209		0.7746	0.5715
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	22.4667		1.9729	0.0942
Hata	66	150.318	2.278		
Toplam	95	13143.525			0.0001**

CV(%)=2.1

Ek Çizelge 22. Kuru madde miktarına ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	3454		191.4480	0.0001**
Tekerrür[Yıl]	6	132		1.2198	0.3074
Sulama Yöntemi	1	2933		162.5505	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi	1	3904		216.3885	0.0001**
Sulama Konuları	5	12224287		135497.7	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	282534		3131.695	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	41660		461.7725	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	73440		814.0302	0.0001**
Hata	66	1191	18		
Toplam	95	12633536			0.0001**

CV(%)=1.0

Ek Çizelge 23. Hasat indeksine ilişkin bileşik analiz tablosu

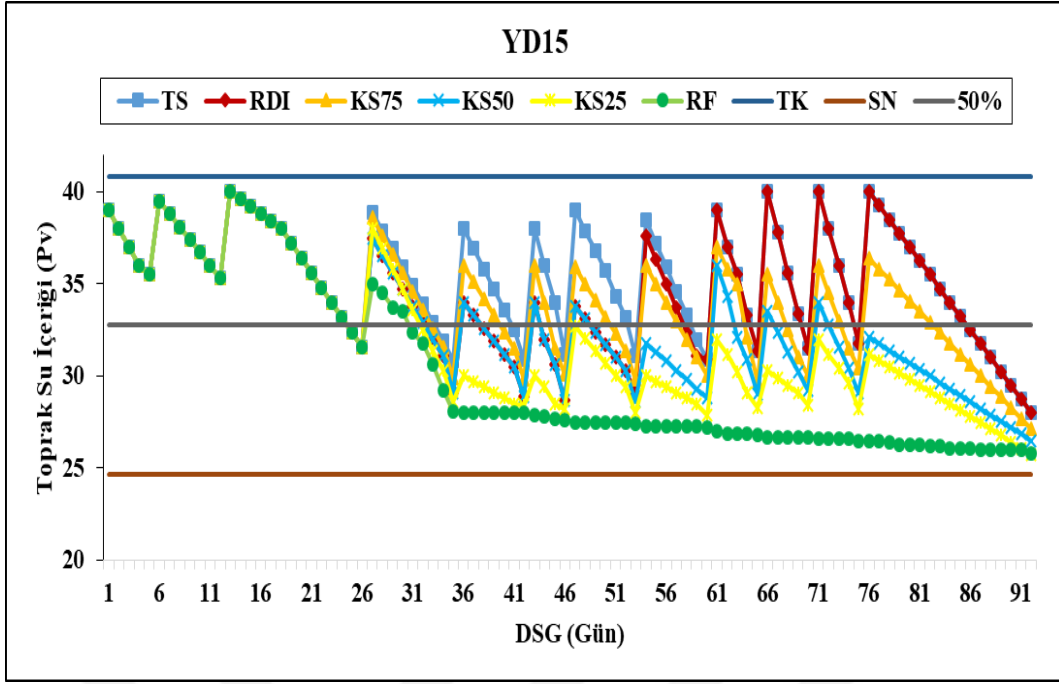
Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	0.00040135		8.4879	0.0049**
Tekerrür[Yıl]	6	0.00021470		0.7567	0.6064
Sulama Yöntemi	1	0.00744163		157.3781	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi	1	0.00235129		49.7259	0.0001**
Sulama Konuları	5	0.62194658		2630.628	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	0.05116404		216.4069	0.0001**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	0.02743894		116.0576	0.0001**
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	0.01522639		64.4026	0.0001**
Hata	66	0.00312081	0.000047		
Toplam	95	0.72930572			0.0001**

CV(%)=2.0

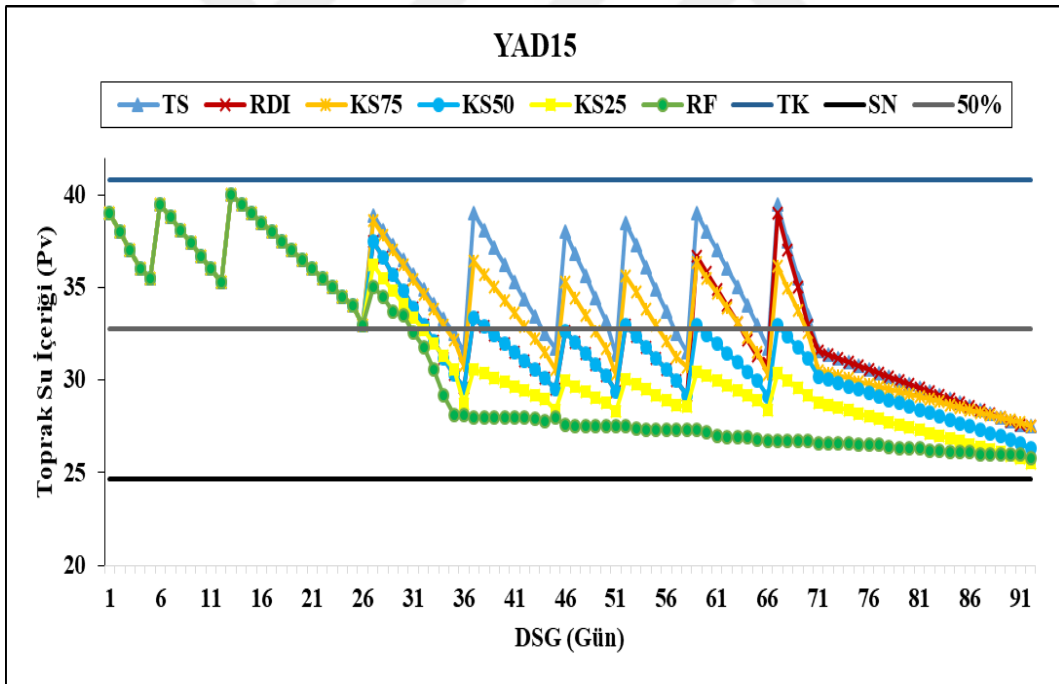
Ek Çizelge 24. YAI değerlerine ilişkin bileşik analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
Yıl	1	0.491634		11.7931	0.0010**
Tekerrür[Yıl]	6	0.081248		0.3248	0.9217
Sulama Yöntemi	1	0.267759		6.4229	0.0136*
Yıl*Sulama Yöntemi	1	0.491634		11.7931	0.0010**
Sulama Konuları	5	32.516447		155.9980	0.0001**
Yıl*Sulama Konuları	5	1.023822		4.9118	0.0007**
Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	0.588247		2.8221	0.0227*
Yıl*Sulama Yöntemi*Sulama Konuları	5	0.228122		1.0944	0.3719
Hata	66	2.751427	0.04169		
Toplam	95	38.440341			0.0001**

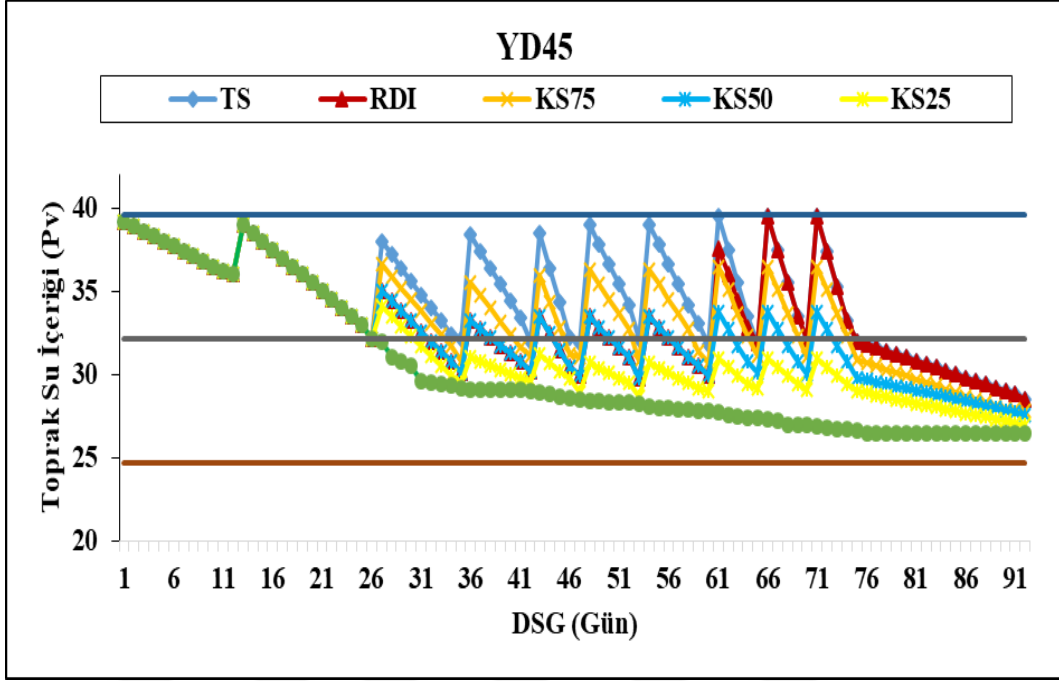
CV(%)=5.0



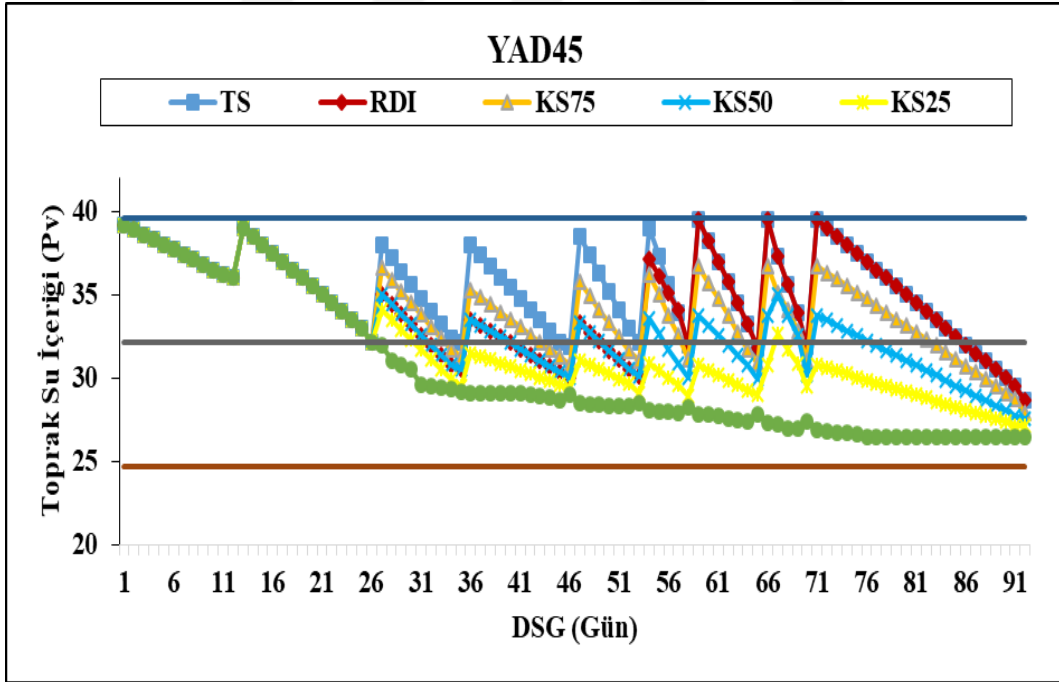
Ek Şekil 1. YD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018)



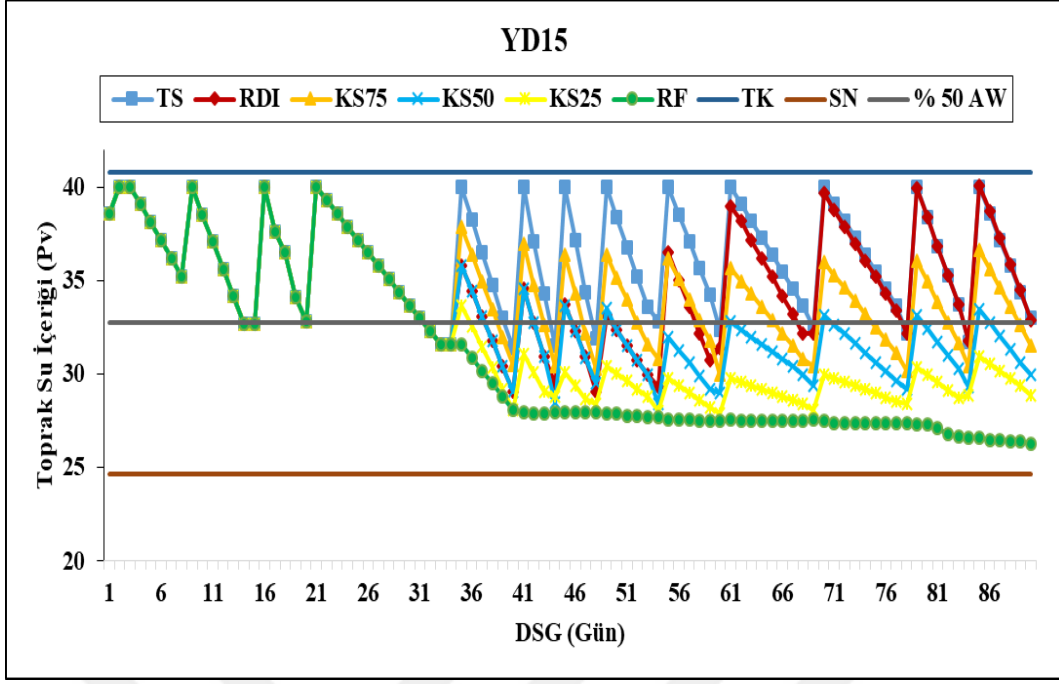
Ek Şekil 2. YAD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018)



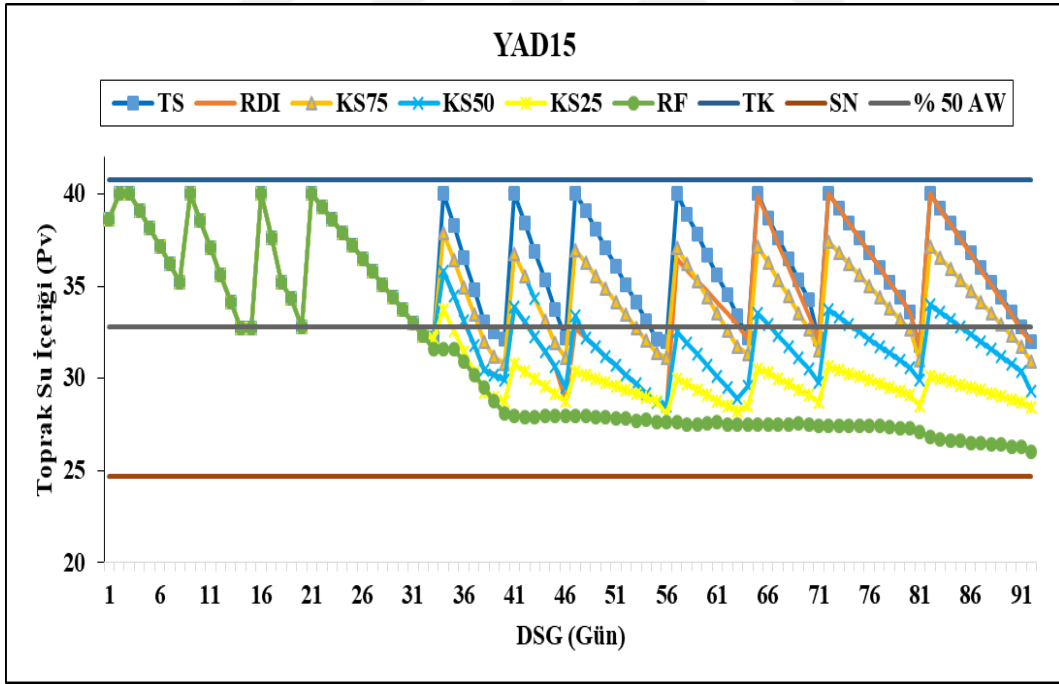
Ek Şekil 1. YD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018)



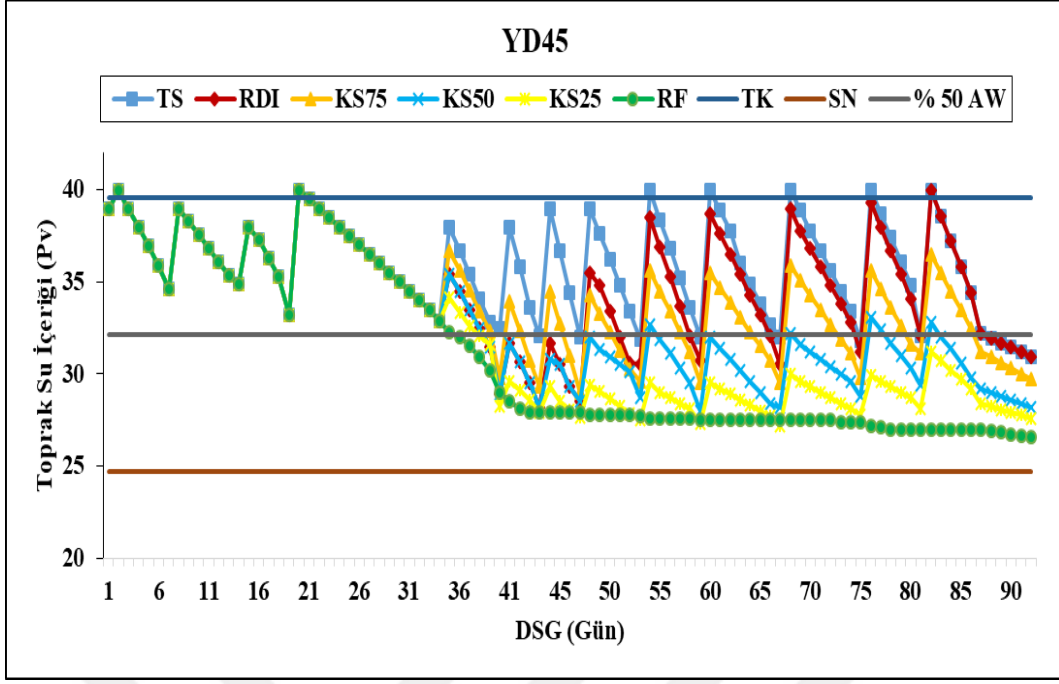
Ek Şekil 1. YAD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2018)



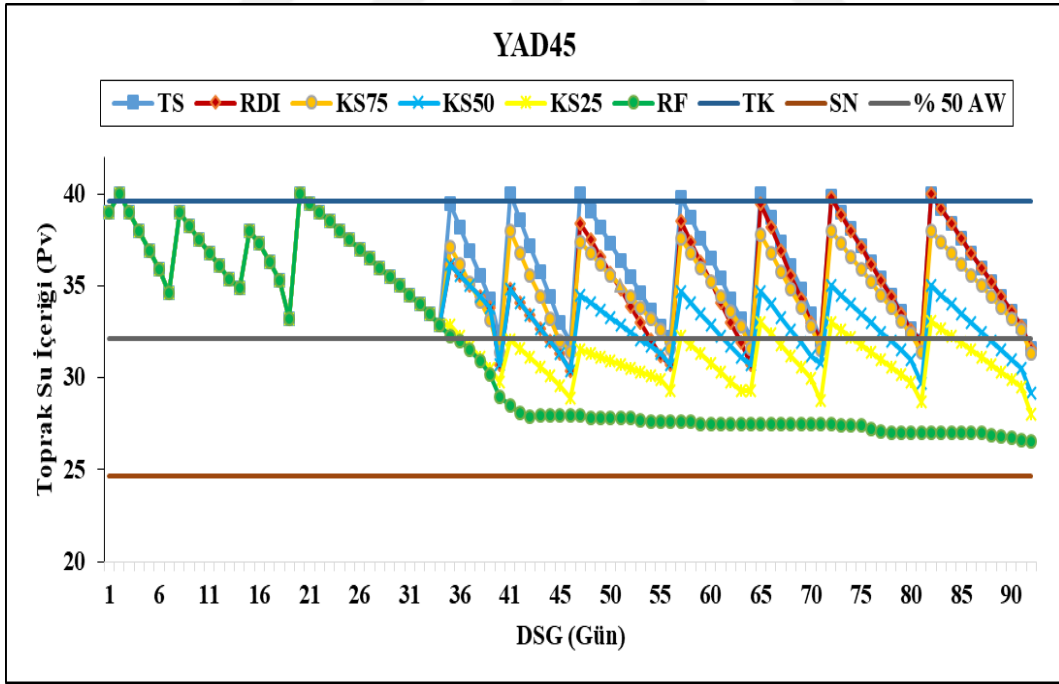
Ek Şekil 5. YD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019)



Ek Şekil 6. YAD Sulama yönteminde 15 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019)



Ek Şekil 7. YD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019)



Ek Şekil 8. YAD Sulama yönteminde 45 cm derinlikte toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2019)

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Engin GÖNEN  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 02.07.1990, Göle  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (535) 214 07 51  
e-posta : [engingonen@hotmail.com](mailto:engingonen@hotmail.com); [engin.gonen@tarimorman.gov.tr](mailto:engin.gonen@tarimorman.gov.tr)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	KSÜ /Biyosistem Mühendisliği	2020
Yüksek lisans	KSÜ /Biyosistem Mühendisliği	2015
Lisans	KSÜ/ Tarımsal Yapılar ve Sulama	2011

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2017	KSÜ/Fen Bilimleri Ens.	Araştırma Görevlisi
2017-....	Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Ens.	Araştırmacı

### Yabancı Dil

İngilizce Yökdil 2018 (65)

### Yayımlar

- Gönen, E.**, Tanrıverdi, Ç. ve Şenyğit U., 2015. Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Sıra Aralıklarının Pamuk Bitkisinin Verim ve Verilecek Sulama Suyu Miktarı Üzerine Etkisi. 1. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi. 9-11 Haziran 2015.
- Tanrıverdi, Ç., **Gönen, E.**, Arslan, F. ve Akkök, C., 2015. Akıllı Tarımsal Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. 1. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi. 9-11 Haziran 2015.
- Tanrıverdi, Ç., Değirmenci, H., **Gönen, E.** and Boyacı, S., 2016. A Comparison of the Gravimetric and TDR Methods in Terms of Determining the Soil Water Content of the Corn Plant. A. Agronomy, Vol. LIX, 2016. ISSN:2285-5785. Pp:153-158.
- Tekin, S., Boyacı, S., Sezen, M. S., **Gönen, E.**, Soylu, E., Soylugüzel, E., Özge, Z., Ketenci, A. M. ve Üstün, Y., 2016. Kahramanmaraş Yöresinde Yaygın Olarak Kullanılan Damla Sulama Damlatıcılarının Hidrolik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi. 19(4),445-453.



5. Tanrıverdi, Ç., **Gonen, E.**, Adurrahman, H., Sulaiman, S. C., Abdullah, F. R. and Hamad, K. O., 2016. Determing Thermal Comfort Zones for Outdoor Recreation Planning : A Case Study District Shaqlawa-Iraq.4. GEOMED Symposium, May 23-26, 2016.
6. Tanrıverdi, Ç., Değirmenci, H., **Gönen, E.** ve Arslan, F., 2016. Pamuk Bitkisinin Kısıtlı Sulama Uygulamaları ve Bitki Su Tüketimi. Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu K.Maraş.
7. Değirmenci, H., Tanrıverdi, Ç., Arslan, F. ve **Gönen, E.** ve Çelik, H., 2016. Sulama Şebekelerinin Modernizasyonunda MASSCOTE Yaklaşımı. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi. 12-15 Nisan 2016, Antalya.
8. Tanrıverdi, Ç., Değirmenci, H., **Gonen, E.** and Boyacı, S., 2017. To Clarify The Effects of Traditional and Direct Planting on Secondary Product Corn's Productivity and Water Consumption. A. Agronomy, Vol. LIX, 2016. ISSN:2285-5785. Pp:392-397.
9. Değirmenci, H., Tanrıverdi, Ç., Arslan, F. and **Gonen, E.**, 2017. Benchmarking Performance of Large Scale Irrigation Schemes With Comparative Indicators in Turkey. Land Reclamation, Earth Observation and Surveying, Enviromental Engineering. Vol VI, ISSN:2285-6064. Pp:87-92.
10. **Gonen, E.**, Bozlurt Çolak, Y., Solak, M. and Kara, Z., 2017. CWSI Use of Oportunities and Creating an Irrigation Program. ISGG, 18-21 October 2017, Canakkale, Turkey.
11. Tekin, S., **Gönen, E.**, Metin, S., Ayman, S., Gümüşsoy, H., İmert, U. ve Naciye, G., 2017. Effect Of Locust Extract On Type Of On-Line Dripping Clogging. International Advanced Researches Engineering Congress.
12. Tekin, S., **Gonen, E.**, Metin, S., Kıyanççek, F., Ayman, S., Naciye, G., İmert, U. ve Gümüşsoy, H., 2017. Effect Of Locust Extract On Type Of In-Line Dripping Clogging.International Conference on Technology, Engineering and Science (IconTES). 26-29 October, 2017.
13. Çolak, YB., Yazar, A., **Gonen, E.** and Eroğlu, EÇ., 2018. Yield and quality response of surface and subsurface drip-irrigated eggplant and comparison of net returns. Agricultural Water Management 206, 165-175.
14. Tanrıverdi, C., Degirmenci, H., **Gonen, E.** ve Senyigit U., 2018. Conditions of Kahramanmaras Different Row Spacing on the cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) Effect of Irrigation Water Yields and Applied Amount. Kahramanmaras Sutcu Imam University Journal Of Natural Sciences 21 (2), 185-190.
15. Tanrıverdi, C., Degirmenci, H., Tekinerdogan, M., **Gonen, E.**, Arslan, F. and Atılğan, A., 2018. Precision of Drought Based on the Topsis Method. A. Agronomy, Vol. LIX, ISSN:2285-5785. Pp:392-397.
16. Çolak, YB., Yazar, A., Tangolar, S., Kuşvuran, K. ve **Gonen, E.**, 2018. Çukurova Bölgesinde Royal Sofralık Üzüm Çeşidinde Damla Yöntemiyle Uygulanan Farklı Sulama Düzeylerinin Verim Üzerine Etkisi ve Ekonomik Analizi. Alatarım, 17(1):41-51.
17. **Gonen, E.**, Bozkurt Çolak, Y. ve Yazar, A., 2018. Farklı Amarant Çeşitlerinin Çukurova Bölgesine Adaptasyonu. I. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu, 328-335 pp.
18. Tanrıverdi, Ç., **Gönen, E.**, Değirmenci, H., Bozkurt Çolak, Y. ve Gönen, S., 2018. Kuraklık ve Tuzluluğa Dayanıklı Amarant (*Amarant spp*) Bitkisinin Önemi. 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar Ve Sulama Kongresi Antalya, 26-28 Eylül 2018,243-250.
19. **Gönen, E.**, Tanrıverdi, Ç., Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A. ve Sesveren, S., 2018. Bitkiye Dayalı Ölçümler Kullanılarak Gün İçerisinde En Uygun Sulama Zamanının Belirlenmesi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar Ve Sulama Kongresi Antalya, 26-28 Eylül.
20. Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A., Tangolar, S., Duraktekin, G. Ve **Gönen, E.**, 2018. Development of Irrigation Program using Leaf Water Potential in Royal Table Grape

- Variety in the Mediterranean Region. 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar Ve Sulama Kongresi Antalya, 26-28 Eylül.
21. Duraktekin, G., Bozkurt Çolak, Y., Özfıdaner, M., Baydar, A. ve **Gönen, E.**, 2018. Effect of Deficit Irrigation On Yield and Water Use Efficiency of Watermelon. 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar Ve Sulama Kongresi Antalya, 26-28 Eylül.
  22. Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A., Tangolar, S., Duraktekin, G. Ve **Gönen, E.**, 2018. Development of Irrigation Program using Leaf Water Potential in Royal Table Grape Variety in the Mediterranean Region. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı:199-208, ISSN 1304-9984.
  23. Duraktekin, G., Bozkurt Çolak, Y., Özfıdaner, M., Baydar, A. ve **Gönen, E.**, 2018. Effect of Deficit Irrigation On Yield and Water Use Efficiency of Watermelon. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı:218-222, 2018 ISSN 1304-9984.
  24. **Gönen, E.**, Tanrıverdi, Ç., Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A. ve Sesveren, S., 2018. Bitkiye Dayalı Ölçümler Kullanılarak Gün İçerisinde En Uygun Sulama Zamanının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı:281-289, ISSN 1304-9984.
  25. Tanrıverdi, C., Degirmenci, H., Tekinerdoğan, M., **Gönen, E.**, Arslan, F. and Atılğan, A., 2018. Precision of Drought Based on the Topsis Method. Agriculture for Life Life for Agriculture International Conference. 6-8 June Bucharest, Romania.

## **Projeler**

1. Kuraklık ve Küresel İklim Değişikliğine Adaptasyonda Yeni Yaklaşımlar: Toprakaltı ve Yüzey Damla Sulama Stratejilerinin Amarant (*Amarantus Spp*) Bitkisinin Verim, Verim Bileşenleri, Kalite ve Su Kullanma Randımanları Üzerine Etkileri” başlıklı 1180832 No’lu TÜBİTAK 1001 Projesi (Bütçe 256.350,00 TL). (Yürütücü).
2. Spektral ve Termal Görüntüler Kullanılarak Farklı Su Düzeylerinin Mısır Bitkisinin Verim, Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi TAGEM Bilimsel Araştırmalar Projesi (Bütçe 100.000,00 TL). (Yürütücü).
3. Farklı Gübre Dozlarında Damla Sulama ile Sulanan Pamuk Bitkisinde Sulama Suyu Miktarının Gravimetrik ve TDR (Time Domain Reflectometry) Yöntemleriyle Belirlenmesi (BAP- Sonuç Raporu, 2014/1-11 YLS).
4. Türkiye’de Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Performanslarının Belirlenmesi: Tarsus Yöresinde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Teknik Performanslarının Belirlenmesi. (TAGEM) (Projede Araştırmacı) (2017-2018)
5. Çukurova Koşullarında Yüzealtı Damla Sulama Sistemlerinde Farklı Derinlik ve Damlatıcı Mesafelerinin Yonca Bitkisine (*Medicago savita L.*) Etkileri. (TAGEM) (Proje’de araştırmacı).
6. ASM ile Doğu Akdeniz Bölgesinde Buğday Verim Tahmini ve Ürün İzleme. TAGEM) (Proje’de araştırmacı).
7. Farklı Toprak İşlemenin Buğday Bitkisinin, Farklı Toprak İşleme ve Sulama Düzeylerinin II. Ürün Soya Bitkisinin Verim ve Verim Kriterleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. TAGEM) (Proje’de araştırmacı).
8. TANRIVERDİ, Ç. ve **GÖNEN, E.**, (2015). Farklı Gübre Dozlarında Damla Sulama ile Sulanan Pamuk Bitkisinde Sulama Suyu Miktarının Gravimetrik ve TDR (Time Domain Reflectometry) Yöntemleriyle Belirlenmesi (BAP- Sonuç Raporu, 2014/1-11 YLS).

9. Türkiye'de Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Performanslarının Belirlenmesi: Tarsus Yöresinde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Teknik Performanslarının Belirlenmesi. (TAGEM) (Projede Araştırmacı) (2017-2018)
10. Çukurova Koşullarında Yüzealtı Damla Sulama Sistemlerinde Farklı Derinlik ve Damlacı Mesafelerinin Yonca Bitkisine (*Medicago savita L.*) Etkileri. (TAGEM) (Proje'de araştırmacı).
11. ASM ile Doğu Akdeniz Bölgesinde Buğday Verim Tahmini ve Ürün İzleme. TAGEM) (Proje'de araştırmacı).
12. Farklı Toprak İşlemenin Buğday Bitkisinin, Farklı Toprak İşleme ve Sulama Düzeylerinin II. Ürün Soya Bitkisinin Verim ve Verim Kriterleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. TAGEM) (Proje'de araştırmacı).

