



**İKİNCİ ÜRÜN SUSAMDA (*Sesamum indicum* L.) KISINTILI
SULAMANIN VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Emir Doğan KUMRALTEKİN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKİNCİ ÜRÜN SUSAMDA (*Sesamum indicum* L.) KISINTILI SULAMANIN
VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Emir Doğan KUMRALTEKİN
0000-0001-6410-8385

Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İKİNCİ ÜRÜN SUSAMDA (*Sesamum indicum* L.) KISINTILI SULAMANIN VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Emir Doğan KUMRALTEKİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN

Bu tez çalışması, ikinci ürün susam bitkisinin (*Sesamum indicum* L.) damla sulama yöntemi ile uygulanan kısıntılı sulama altında su-verim ilişkilerini, verim ve kalite bileşenlerinin tepkilerini incelemek amacıyla, yarı-nemli iklime sahip Bursa’da yapılmıştır. Denemede 5 farklı sulama konusu seçilmiş olup bitki kök bölgesindeki nem düzeyi her 7 günde bir gözlemlenerek topraktaki mevcut nemi tarla kapasitesine ulaştırmak için gerekli suyun %100’ünün uygulanması (S1), S1 konusu için uygulanan suyun %75’i (S2), S1 konusu için uygulanan suyun %50’si (S3), S1 konusu için uygulanan suyun %25’i (S4) ve susuz konu (S5) şeklinde programlanmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Çalışmada yerli tescil olan “Muganlı-57” susam çeşidi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; sulama konuları dikkate alınarak uygulanan sulama suyu miktarları 127,0-354,7 mm arasında gerçekleşmiştir. Bitki su tüketimi değerleri ise 246,0-449,5 mm arasında bulunmuştur. Tane verimi değerleri 76,3-189,2 kg da⁻¹, bitki boyuna ilişkin değerler 91,0-140,8 cm, ilk kapsül yüksekliği değerleri 43,7-60,9 cm, yan dal sayısı değerleri 1,2-3,6 adet bitki⁻¹, kapsül sayısı değerleri 40,3-59,3 adet bitki⁻¹, kapsüldeki tane sayısı 47,3-61,3 adet kapsül⁻¹, bin tane ağırlığı 2,97-3,87 g, protein oranı %18,6-20,4, protein verimi 15,5-35,8 kg da⁻¹, yağ oranı %56,3-62,6 ve yağ verimi ise 43,0-109,9 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Araştırmada mevsimlik verim tepki etmeni (k_y) 1,28 olarak belirlenmiştir. Susam bitkisinin su kullanım etkinliği (WUE), 0,31-0,43 kg m⁻³ mm arasında bulunmuştur. Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise 0,50-0,57 kg m⁻³ arasında değişmiştir. Sonuç olarak, ikinci ürün susam bitkisinde en yüksek tane verimine (189,2 kg da⁻¹) ulaşmak için S1 sulama konusu sulama programı olarak önerilebilir. Bölgede su kaynaklarının kısıtlı olması koşulunda, WUE ve IWUE değerleri dikkate alınarak S2 konusu (%25 su kısıntısı) su tasarrufu açısından sulama programı olarak tercih edilebilir. Fakat bu koşulda, tane veriminde önemli düzeyde yaklaşık %10,7’lik bir düşüş olabileceği ve kısıntılı sulama işletmeciliğinin oldukça dikkatli planlanması gerektiği söylenilebilir.

Anahtar Kelimeler: İkinci ürün susam, damla sulama, kısıntılı sulama, verim, kalite

2021, viii + 61 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION ON YIELD AND QUALITY OF SECOND CROP SESAME (*Sesamum indicum* L.)

Emir Doğan KUMRALTEKİN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN

This experiment was carried out in Bursa, which has a sub-humid climate, in order to examine the water-yield relationships, responses of yield and quality components under deficit irrigation of second crop sesame plant (*Sesamum indicum* L.) irrigated with drip irrigation method. In this experiment, 5 different irrigation treatments were selected, and the moisture level in the plant root zone was observed every 7 days and 100% (S1) of the water required to bring the existing moisture in the soil to the field capacity, 75% (S2) of the water required for S1 treatment, 50% (S3) of the required water for S1 treatment, 25% (S4) of the water required for S1 treatment and the rainfed treatment (S5) were programmed. The experiment was applied in 3 replicates according to the randomized blocks experimental design. In the study, the locally registered “Muganlı-57” variety was used. According to the research results; the total amounts of irrigation water applied to irrigation treatments was between 127,0-354,7 mm. Crop evapotranspiration values were 246,0-449,5 mm. Kernel yield values, plant height values, first capsule height values, side branch number values, capsule number values, grain number in capsule, thousand grain weight, protein ratio, protein yield, oil ratio and oil yield were obtained as respectively, 76,3-189,2 kg da⁻¹, 91,0-140,8 cm, 43,7-60,9 cm, 1,2-3,6 pieces plant⁻¹, 40,3-59,3 pieces plant⁻¹, 47,3-61,3 pieces capsule⁻¹, 2,97-3,87 g, 18,6-20,4%, 15,5-35,8 kg da⁻¹, 56,3-62,6% and 43,0-109,9 kg da⁻¹. In the study, the seasonal crop yield response factor, ky, was determined as 1,28. Water use efficiency (WUE) of the sesame plant was found between 0.31-0.43 kg m⁻³. Irrigation water usage efficiency (IWUE) was found between 0,50-0,57 kg m⁻³. As a result, S1 irrigation treatment can be suggested as irrigation program in order to reach the highest grain yield (189,2 kg da⁻¹) in the second crop sesame plant. If the water resources in the region are limited, taking into account the WUE and IWUE values, the S2 treatment (25% water deficit) can be preferred as an irrigation program in terms of water savings. However, under this condition, it can be said that there may be a significant decrease of approximately 10,7% in the grain yield and the deficit irrigation management should be planned very carefully.

Keywords: Second crop sesame, drip irrigation, deficit irrigation, yield, quality

2021, viii + 61 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde ve yürütülmesinde beni yönlendiren ve çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve büyük desteğini gördüğüm değerli danışmanım Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN'a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmama bilgi ve tecrübeleriyle büyük katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Mehmet SİNCİK'e, tarla denemesi boyunca yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Bilge KESKİN ARSLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca bana göstermiş oldukları büyük anlayış ve manevi destek için sevgili aileme, sulama alanına geçmemi sağlayan sayın Prof. Dr. Halim ORTA'ya ve TÜBİTAK projesinde bursiyerliğini yaptığım sayın Prof. Dr. Hakan BÜYÜKCANGAZ'a sonsuz teşekkürler.

Emir Doğan KUMRALTEKİN
29/01/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Susam Bitkisi	6
2.2. Susamın Sulanması Üzerine Çalışmalar	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Araştırma Alanının Yeri.....	15
3.1.2. İklim Özellikleri	15
3.1.3. Toprak Özellikleri	17
3.1.4. Bitki Özellikleri.....	18
3.1.5. Sulama Suyu	18
3.1.6. Sulama Sistemi.....	19
3.1.7. Araştırmada Kullanılan Donanımlar	20
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizleri	21
3.2.2. Tarımsal İşlemler	22
3.2.3. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları.....	23
3.2.4. Toprak Su İçeriği Ölçümleri	24
3.2.5. Uygulanacak Sulama Suyu Miktarı ve Sulama Süresinin Belirlenmesi	24
3.2.6. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi	25
3.2.7. Su-Verim İlişkileri	26
3.2.8. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği	27
3.2.9. Bitki Boyu	27
3.2.10. Yan Dal Sayısı	27
3.2.11. İlk Kapsül Yüksekliği	28
3.2.12. Kapsül Sayısı.....	28
3.2.13. Kapsüldeki Tane Sayısı.....	28
3.2.14. Bin Tane Ağırlığı	28
3.2.15 Verim.....	28
3.2.16 Yağ Oranı ve Verimi	29
3.2.17. Protein Oranı ve Verimi	29
3.2.18. İstatistiksel Değerlendirme	29
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	30
4.1. Gelişme Dönemleri	30
4.2. Uygulanan Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketimi	31
4.3. Verim, Verim Bileşenleri ve Kalite Özellikleri	35
4.3.1. Bitki Boyu	35
4.3.2. Yan Dal Sayısı	36
4.3.3. İlk Kapsül Yüksekliği	37

4.3.4. Kapsül Sayısı.....	39
4.3.5. Kapsüldeki Tane Sayısı.....	40
4.3.6. Bin Tane Ağırlığı	41
4.3.7. Tane Verimi	43
4.3.8. Protein Oranı ve Verimi	45
4.3.9. Yağ Oranı ve Verimi.....	48
4.4. Su-Verim ilişkileri.....	51
4.5. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği	52
5. SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ.....	63



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

ΔS	İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişim
da	Dekar
ha	Hektar
kg	Kilogram
k_y	Verim tepki etmeni
P_w	Toprağın kuru ağırlığının yüzdesi cinsinden nem miktarı
t	Ton
T_a	Hava sıcaklığı
W	Toprak örneğinin yaş ağırlığı
W_s	Toprak örneğinin kuru ağırlığı
μm	Mikrometre
γ_t	Toprağın hacim ağırlığı
meq	Miliekivalen
kcal	Kilokalori

Kısaltmalar

Açıklama

A	Alan
D	Drenaj miktarı, mm
ET	Evapotranspirasyon
ET_a	Mevsimlik gerçek bitki su tüketimi
ET_c	Mevsimlik bitki su tüketimi
I	Uygulanan sulama suyu miktarı
IRR	Mevsimlik sulama suyu miktarı
IWUE	Sulama suyu kullanım etkinliği
K _{pc}	Bitki-kap katsayısı
MN	Mevcut nem
R	Yüzey akış miktarı, mm
TK	Tarla kapasitesi
UL	Bitkilerin tamamen stres olduğu üst sınır
WUE	Su kullanım etkinliği
YA	Yaş ağırlık
YLD	Meyve verimi
$YLD_{rainfed}$	Susuz konudan elde edilen yumru verimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Deneme alanı.....	15
Şekil 3.2. Yolçatı (Göbelye) Göleti.....	19
Şekil 3.3. Bir parseldeki sulama sistemi.....	20
Şekil 3.4. Damla sulama sistemi.....	20
Şekil 3.5. Toprak burgu, hassas terazi ve etüv.....	21
Şekil 3.6. Rotovator ile toprak işleme.....	23
Şekil 3.7. Tesadüf blokları deneme desenine göre deneme planı.....	24
Şekil 4.1. Vejetatif gelişme dönemi (a), çiçeklenme dönemi (b), kapsül oluşumu dönemi (c), tane gelişim dönemi (d), olgunlaşma dönemi (e).....	31
Şekil 4.2. Deneme konularına göre yetiştirme dönemi boyunca toprak su içeriği değişimleri.....	33
Şekil 4.3. Sulama suyu miktarı ve tane verimi arasındaki ilişki.....	50
Şekil 4.4. Bitki su tüketimi ve tane verimi arasındaki ilişki.....	52
Şekil 4.5. Oransal su tüketimi eksilişi ile tane verimi azalışı arasındaki ilişki.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Türkiye’de susam üretim alanları, üretim ve verim düzeyleri	2
Çizelge 1.2. Dünyada susam üretimi.....	3
Çizelge 3.1. Bursa ili uzun yıllar ortalama meteorolojik verileri... ..	16
Çizelge 3.2. Deneme alanına ilişkin meteorolojik veriler.....	17
Çizelge 3.3. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	17
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan sulama suyu analiz sonuçları.....	19
Çizelge 3.5. Tarımsal faaliyetler.....	22
Çizelge 4.1. Susam bitkisinin gelişme dönemleri.....	30
Çizelge 4.2. Deneme konularına göre sulama tarihleri ve her sulamada uygulanmış sulama suyu miktarları.....	32
Çizelge 4.3. Deneme konularına ait mevsimlik bitki su tüketimi değerleri.....	34
Çizelge 4.4. Bitki boyu yüksekliği varyans analizi sonuçları.....	35
Çizelge 4.5. Bitki boyu yüksekliği LSD testi sonuçları	35
Çizelge 4.6 Yan dal verimi varyans analizi sonuçları.....	37
Çizelge 4.7 Yan dal sayısı LSD testi sonuçları.....	37
Çizelge 4.8. İlk kapsül yüksekliği varyans analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.9 İlk Kapsül yüksekliği LSD testi sonuçları.....	38
Çizelge 4.10. Kapsül sayısı varyans analizi sonuçları.....	39
Çizelge 4.11. Kapsül sayısı LSD testi sonuçları.....	39
Çizelge 4.12. Kapsüldeki tane sayısı varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.13. Kapsüldeki tane sayısı LSD testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.14. Bin tane ağırlığı varyans analizi sonuçları.....	42
Çizelge 4.15. Bin tane ağırlığı LSD testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.16. Tane verimi varyans analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4.17. Tane verimi LSD testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.18. Protein oranı varyans analizi sonuçları.....	45
Çizelge 4.19. Protein oranı LSD testi sonuçları.....	46
Çizelge 4.20. Protein verimi varyans analizi sonuçları.....	47
Çizelge 4.21. Protein verimi LSD testi sonuçları.....	47
Çizelge 4.22. Ham yağ oranı varyans analizi sonuçları.....	48
Çizelge 4.23. Ham yağ oranı LSD testi sonuçları.....	48
Çizelge 4.24. Ham yağ verimi varyans analizi sonuçları.....	49
Çizelge 4.25. Ham yağ verimi LSD testi sonuçları.....	49
Çizelge 4.26. Susam bitkisinde oransal su tüketimi ve tane verimindeki azalışlar.....	51
Çizelge 4.27. Su Kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği sonuçları.....	52

1. GİRİŞ

Ülkemizde insan sağlığı, beslenme ve ülke ekonomisi açısından bitkisel yağlar çok önemlidir. Ülkemiz toprakları yağ bitkilerinin yetiştirilmesine uygun olup, istenilen üretim seviyelerine ulaşamamakta, bu ihtiyaç dış ülkelerden giderilmektedir. Ülkemizde üretilen yağ üretimi için yetiştirilen bitkiler; çığıt, ayçiçeği, susam, soya fasulyesi, kolza, yer fıstığı, haşhaş, kenevir, keten ve aspirdir. Susam tarımı Türkiye’de, Trakya, Akdeniz, Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yapılmaktadır (Onurlubaş 2007).

Susam tohumları yaklaşık olarak %50-60 yağ ve %25 protein ihtiva etmektedir. Ülkemizde susam yağı ekonomik olmadığı için tüketimi sınırlı kalmıştır. Susam ülkemizde ağırlıklı olarak tahin helvası üretiminde, pasta sanayinde, simit ve unlu mamullerin imalatında, kozmetik sanayinde, sabun üretiminde ve çoğu üründe kullanılmaktadır. Ülkemizde tescilli çeşitlerin tohumları; beyaz, saf sarı, sarı-kahverengidir (Tan 2015).

Yağ sanayi bir ülkenin temel ihtiyaçlarından birisidir ve hammaddesi yağlı tohumlu bitkilerdir. Ülkemiz tohum üretim potansiyeline sahip olmasına karşın ihtiyacımızın yarsını bile karşılayamamaktayız. Üretmekte olduğumuz kenevir, haşhaş, susam ve yerfıstığı gibi yağlı tohumlu bitkileri yağ sanayinde etkin bir biçimde kullanamamaktayız. Ülkemizin yağ açığını kapatabilmemiz için bu bitkilerin üretim ve verimi üzerinde durulmalıdır (Şahin 2014).

Ülkemizde kişi başına düşen bitkisel yağ tüketimi gelişmiş ülkelere göre çok çok azdır. Sağlıklı bir kişinin günde yaklaşık olarak 2,8-3,0 kilo-kaloriye (kcal) ihtiyacı vardır. Bunun da %30-35’i bitkisel yağlardan oluşmalıdır. İnsan gerek duyduğu yağın üçte birini sulu yemeklerden, üçte birini katı yağlardan ve diğer üçte birini de süt, süt ürünleri ve yağlı çerezlerden almalıdır. Araştırmalara göre insanların yemeklerden alması gerekli yağ miktarı 63 gr gün⁻¹’dür. Fakat ülkemizde 2014 yılı verilerine göre bu tüketim kişi başı yılda 23 kg’dır (Arıoğlu 2016).

Ülkemizde, susam üretim alanları 1988 yılında 940 000 dekar iken, 2019 yılında 248 604 dekara düşmüştür. Susam tohumu üretim miktarı ise 1988 yılında 45 bin ton iken, 2019 yılında yaklaşık 16,9 bin tona gerilemiştir. Ayrıca susam tohumu verimi 1988 yılında 48 kg da⁻¹ iken, 2019 yılında 68 kg da⁻¹ olmuştur. Susam ekim alanları ve üretim miktarı azalmasına karşın birim alandan elde edilen tohum verimi artmıştır (Çizelge 1.1) (TÜİK 2019).

Çizelge 1.1. Türkiye’de susam üretim alanları, üretim ve verim düzeyleri

Yıllar	Ekim Alanı (da)	Üretim (ton)	Verim (kg da ⁻¹)
1988	940 000	45 000	48
1998	690 000	34 000	49
2008	292 236	20 338	70
2013	248 070	15 457	62
2018	259 858	17 437	67
2019	248 604	16 893	68

Erişim tarihi: 24.03.2020

Türkiye’de, susam üretimi iller bazında incelendiğinde önemli değişikliklerin meydana geldiği görülmektedir. Adana’da 2004 yılında üretim miktarı 95 ton iken, bu değer 2019 yılında 1526 ton’a, Afyonkarahisar’da 66 ton’dan 76 ton’a, Balıkesir’de 268 ton’dan 625 ton’a, Manisa’da 1112 ton’dan 3413 ton’a ve Uşak’ta 647 ton’dan 2181 ton’a ulaşmıştır. Diğer taraftan, 2004-2019 yılları arasında susam üretimi Antalya’da 5746 ton’dan 3567 ton’a, Bursa’da 26 ton’dan 14 ton’a, Mersin’de 2 301 ton’dan 100 ton’a, Muğla’da 3840 ton’dan 3060 ton’a ve Şanlıurfa’da 5609 ton’dan 323 ton’a gerilemiştir (TÜİK 2019).

Dünya’da susam üretimi yapan bazı ülkelerin 2018 yılı üretim alanları ve üretim düzeyleri Çizelge 1.2.’de görülmektedir. Dünya’da susam üretim miktarı bakımından sırasıyla Sudan, Myanmar, Hindistan, Nijerya, Tanzanya ve Çin ilk altı sırada yer alırken, Türkiye 32. sırada yer almıştır (FAO, 2018).

Çizelge 1.2. Dünyada susam üretimi

Sıra	Ülke	Üretim Alanı (ha)	Sıra	Ülke	Üretim Miktarı (ton)
1	Sudan	3480000	1	Sudan	981000
2	Hindistan	1730000	2	Myanmar	768858
3	Myanmar	1463447	3	Hindistan	746000
4	Tanzanya	800000	4	Nijerya	572761
5	Güney Sudan	617908	5	Tanzanya	561103
6	Nijerya	539089	6	Çin	433386
7	Burkina Faso	438941	7	Etiyopya	301302
8	Etiyopya	415112	8	Burkina Faso	253936
9	Çad	325114	9	Güney Sudan	206522
10	Çin	311203	10	Çad	172539
31	Türkiye	25981	32	Türkiye	17437

Erişim tarihi: 24/03/2020

Susam, Türkiye’de uzun yıllar doğal seleksiyon sonucu çevre koşullarına adapte olmuştur. Türkiye’de susam tarımının yaygınlaşabilmesi için üreticilerin elindeki düşük verim ve kaliteye sahip çeşitler, yüksek tohum ve yağ verimine sahip çeşitlerle değiştirilmelidir. Susam üretimi ortalama 20-50 kg da⁻¹ arasındadır. Fakat yüksek verimli çeşitler ileri tarım yöntemleri ile yetiştirilirse, verim 200 kg da⁻¹’a çıkarılabilmektedir (Baydar 1998).

Yukarıda susam bitkisinin önemine, Türkiye ve Dünya’daki üretim alanları ve üretim miktarlarına, aşağıda ise suyun ve sulama zamanının planlanması konusunun önemine değinilmiştir.

Su canlıların varlıklarını sürdürebilmeleri için olmazsa olmaz bir ihtiyaçtır. Aynı zamanda su, başlı başına bir yaşam alanıdır. Küresel ısınma, iklim değişikliği, artan ve gelişen nüfus neticesinde suya olan talep gitgide artmaktadır. Böylelikle kullanılabilir su kaynakları azalmaktadır (Bayramoğlu ve ark. 2013).

Ülkemiz yarı kurak iklim kuşağında olmasından dolayı yağışlar zamansız ve dağılımı düzensizdir. Mevcut su kaynaklarımız artan su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Ayrıca tarımsal üretimde yüzey sulama ile su bilinçsiz bir şekilde kullanılmakta olup kullanılabilir su kaynaklarımız endüstri ve çevre kirliliği ile gitgide azalmaktadır (Kadıoğlu 2008).

Hızla artmakta olan nüfusun gıda ihtiyaçlarını karşılayabilmek için entansif tarım çok önemlidir. Bunun için ilk önce mevcut arazi ve su kaynakları etkin bir biçimde kullanılmalıdır. Ülkemizde tarım alanlarının daha da azaldığı günümüz koşullarında, birim alandan daha fazla ürün alabilmek için sulamaya önem verilmelidir. Yüksek verimin alınabilmesi için, bitkilere uygun sulama yöntemi ile gerektiği zaman yeteri kadar su sağlanabilmelidir. Sulama projeleri planlanırken, bitkilerin ihtiyaç duyacakları su göz önüne alınmalı ve bitkilerin ihtiyaç duyacakları su zamanında ve yeteri kadar sağlanabilmelidir (Orta ve ark. 2001)

Ülkemiz, kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunduğu için sulamanın önemi artmaktadır. Su kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde su ekonomik bir biçimde kullanılmalıdır. Bitki kök bölgesindeki su, optimum gelişme için olması gerekenden daha az olursa verimde azalmalar olabilir. Bu tip durumlarda sulama programı yapılırken üretim yapılan tarımsal alanlarda göz önünde bulundurulmalıdır. Son yıllarda ülkemizde su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde getirisi yüksek bitkiler damla sulama yöntemi ile sulanmaya başlanmıştır (Şehirali ve ark. 2005).

Kurak ve yarı kurak iklimlere sahip bölgelerde bitkilerin optimum bir şekilde gelişebilmeleri için gerekli olan yağışın yetersiz ve düzensiz olması verim açısından sulamayı önemli kılmaktadır. Sulamanın önemi her geçen gün artmaktadır. Fakat tarımsal sulamada kullanılan su kaynakları giderek azalmaktadır. Üstüne üstlük dünyada su tüketimi ve ihtiyacı giderek artmaktadır. Bundan dolayı yetersiz yağışların olduğu bölgelerde sulama suyu ve maliyeti yüksek su kaynakları talebi yükseldikçe optimum verim için su-üretim fonksiyonlarına gereksinim artmaktadır (Gençoğlu ve Yazar 1999).

Tarımsal üretimde en temel unsur sulama suyu ve uygulanacak sulama miktarının ekonomik düzeyde yeterli olmasıdır. Yarı kurak iklim bölgelerinde düşen yağış ekonomik düzeyde bitkisel üretimi mümkün kılmamaktadır. Ekonomik açıdan bakıldığında bitkiler için gerekli suyun karşılanması gerekmektedir. Ayrıca hızla nüfuz artmakta ve diğer endüstrilerin su talebi hızla artmaktadır. Böylece tarıma sunulan sulama suyu miktarı azalmaktadır. Bu sebeple suyun kısıtlı olduğu bölgelerde kısıntılı sulama tekniğine yönelmek gerekmektedir (Gençoğlu ve ark. 2005).

Özellikle Marmara Bölgesinde, su kaynaklarının azalması ve sulama maliyetinin artması suyun ekonomik bir biçimde kullanılmasını gerektirmektedir. Ayrıca, bölgede ikinci ürün yetiştiriciliğinin artması ve mevcut su kaynaklarının kirlenmesi, tarımda kullanılacak suyu daha da önemli kılmaktadır. Bu yüzden mevcut suyun en uygun bir şekilde kullanılabilmesini sağlayacak çalışmalar zorunludur (Ayas 2007).

Son dönemlerde düşen yağış miktarlarının azalması ve kurak geçen dönemlerin uzunluğu nedeniyle bitkisel üretimde suyun önemi daha da artmıştır. Sulama ile verim alabilmek için; bitki, toprak ve iklim koşullarına uygun sulama yöntemi seçilmeli, seçilmiş yöntemle uygun iyi bir sisten planlaması yapılmalı, sulama aralığı ve her sulamada da uygulanacak sulama suyu miktarları doğru bir biçimde belirlenmelidir (Yazgan ve ark. 2004).

Bu çalışmanın amacı, yarı-nemli iklim kuşağı içerisinde yer alan Bursa'da damla sulama yöntemiyle sulanan ikinci ürün Susamda, kısıntılı sulama uygulamalarının, verim ve kalite özellikleri, verim tepki etmeni ve su kullanım etkinliği üzerine etkilerinin ortaya konulmasıyla birlikte en uygun sulama programının belirlenmesidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, susam bitkisi hakkında bilgilere ve susamın sulanması üzerine yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Susam Bitkisi

Susam bitkisi (*Sesamum indicum* L.) Personatae takımının, Pedaliaceae familyasının Sesamum cinsine ait önemli bir yağ bitkisidir (Arıoğlu 2007). Susamın ismi Arapça kökenli olup ''simsim'' kelimesinden gelmektedir. Susam besin içeriği açısından önemli bir besin kaynağıdır (Arıoğlu 1999).

Susam dünyada tarımı yapılan en eski bitkilerden birisidir. Susamın kökeni bilinmemektedir. Hindistan'da İndus Vadisi'nde yapılan arkeolojik kazılarda M.Ö. 5500 yıllarına ait susamla ilgili kalıntılara rastlanmıştır. Ayrıca Anadolu ve Harappan'da tarımı yapıldığı tahmin edilmektedir. Susamın kökeninin Afrika olduğu ve buradan Batı Asya, Çin ve Japonya'ya yayıldığı iddia edilmektedir. Ayrıca bazı yabani türlere Afrika'da rastlanılmıştır. Buna karşın ilk ıslah çalışması Hindistan'da yapılmıştır. Tüm bu iddialar dolayısıyla susamın kökeninin neresi olduğu kesin olarak söylenememektedir (Purseglove 1977). Babil Yazıtları'nda da susamdan bahsedilmektedir. Antik Yunanlı yazar Herodot (M.Ö. 484-M.Ö. 425) çalışmalarında susamdan bahsetmiştir. Ayrıca Asur tabletlerinde susamdan bahsedilmiştir (Şahin 2014).

Susam yağı %35-45 oranında oleik ve linoleik asit içermektedir. Susam yağının oksitlenmeye karşı dirençli hale gelmesini sağlayan ise içerdiği %0,5-1,5'lik sesamin ve %0,3-0,5'lik sesamolindir. Sesamolin insan sağlığı için çok önemlidir, kan ve kolesterolü olumlu anlamda düşürmektedir. Susam tohumları dünyada yağ üretimi için kullanılsa da ülkemizde unlu mamul ve tahin üretiminde çokça kullanılmaktadır. Ayrıca küspe olarak da yem sanayinde kullanılmaktadır (Bürkük 2019).

Susam bitkisi çeşide ve ekolojik koşullara bağlı olarak 90-120 günlük gelişme döneminde aylık sıcaklık ortalamasının 20 °C'nin altına düşmemesi ve tohumların çimlenme döneminde toprak sıcaklığının minimum 12-15 °C, optimum 20-25 °C olması gereklidir. Gelişme süresince toplam 2500–2800 °C'lik bir sıcaklık ihtiyaç duymaktadır. Çimlenme sırasındaki yağışlardan ve kuru rüzgarlardan zarar görmektedir. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkından olumsuz etkilenmekte ve gelişme süresi uzamaktadır (Tan 2012).

2.2. Susamın Sulanması Üzerine Çalışmalar

Derviş 1981, Çukurova'da yaptığı çalışmada susam bitkisinin su tüketimini belirlemiştir. Çalışmada kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde sulama yapılmıştır. Mevsimlik bitki su tüketimini 396,4 mm ve tane verimini 164 kg da⁻¹ olarak tespit etmiştir.

Derviş 1986, yılında Çukurova'da yaptığı çalışmada ikinci ürün susamın mevsimlik bitki su tüketimini saptamıştır. Susamın mevsimlik su tüketimini 464,6 mm ve tane verimini ise 166,8 kg da⁻¹ olarak bulmuştur.

Şimşek ve ark. (2003), Şanlıurfa koşullarında 2 yıl süreyle yürüttükleri denemede, yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan susamın farklı su uygulama sıklığı ve bitki sıklığının verim ve su üretim fonksiyonları üzerine etkilerini araştırmışlar, deneme konularına göre ilk yıl 398-971 mm ve ikinci yıl 486-1037 mm su uygulamışlardır. Suyu, yağmurlama yöntemi ile vermişlerdir. Sulama aralığının 6, 12, 18 ve 24 gün ve bitki sıklığının 50-30 cm, 70-30 cm, 80-40 cm ve 70-70 cm olduğu konulara göre 2 yılın ortalama verimleri sırasıyla, 179,0-120,8 kg da⁻¹; 160,5-115,3 kg da⁻¹; 155,5-115,3 kg da⁻¹ ve 113,2-59,9 kg da⁻¹ arasında bulunmuştur. Araştırmacılar verim tepki etmenini (k_y) 0,45-1,22 arasında ve sulama suyu kullanım etkinliği değerini ise, 1,19-2,82 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında bulmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre, bölge koşulları için 6 gün sulama aralığı ve 50x30 cm bitki sıklığı önerilmiştir. Su kısıtının olduğu dönemlerde, 18 gün sulama aralığı ile %37 oranında sudan tasarruf sağladığında üründe %14'lük bir azalış meydana geldiğinden, etkin bir sulama stratejisi olarak bildirilmiştir.

Gerçek ve ark. (2002), Şanlıurfa koşullarında 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada, susam bitkisini 10 gün ara ile yağmurlama sulama yöntemiyle sulayarak su tüketim değerlerini belirlemişlerdir. Bu verileri Turc (T), Hargreaves (H), Jensen- Haise (J-H) ve FAO Modifikasyonlarından Penman (P-FAO), Radyasyon (R-FAO), Blaney-Criddle (BC-FAO) ve Kap Buharlaşma yöntemleri (A-FAO) ile hesapladıkları referans bitki su tüketimi değerleriyle kıyaslamışlardır. Bu çalışmada, susam bitkisi için A sınıfı kap buharlaşma yöntemi (A-FAO), en iyi sonucu gösteren referans bitki su tüketimi tahmin yöntemi olmuştur. Bu yöntemle hesaplanan referans bitki su tüketimi ile gerçek bitki su tüketimi değerleri oranı %93, bitki su tüketim değerleri ile referans bitki su tüketimi değerleri arasında korelasyon katsayısı 0,72 ve hata kareler ortalamasını 3,79 bulunmuştur.

Gerçek ve ark. (2004), Şanlıurfa koşullarında iki yıl süreyle yürüttükleri çalışmada, sulama yöntemlerinin ve sıra aralığının susamın verim ve verim bileşenlerine etkisini araştırmışlardır. Denemede damla ve yağmurlama sulama yöntemi kullanılmış ve dört sıra aralığı belirlemişlerdir (500-300 mm, 700-300 mm, 800-400 mm ve 700-700 mm). Gerekli sulama suyu miktarı her gün A Sınıfı buharlaşma kabı yardımı ile ölçülmüş ve sulama aralığı 12 gün olarak belirlenmiştir. Denemede bitki boyu yüksekliği damla sulamada 100 cm, yağmurlama sulamada 112 cm bulunmuştur. Yan dal sayısı damla sulamada 4,62 adet, yağmurlama sulamada 4,39 adet olarak belirlenmiştir. Bitki başına kapsül sayısı değerleri damla sulamada 103 adet ve yağmurlama sulamada 89 adet bulunmuştur. Araştırmada en yüksek tohum verimi 500-300 mm sıra aralığında 191,3 kg da⁻¹ olarak bulunurken en düşük tohum verimi ise 700 mm sıra aralığında 122,0 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Damla sulamada verim 1732 kg ha⁻¹ iken yağmurlama sulamada 1440 kg ha⁻¹'dir. Araştırmada verilen sulama suyu miktarları damla ve yağmurlama sulama için 1998 ve 1999 yılları için sırasıyla 1102 mm, 995 mm, 1135 mm ve 1111 mm'dir. Sonuçlar, tane verimi, bitki yüksekliği ve kapsül sayısının sulama yöntemlerinden ve sıra aralığından önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Sonuçta susamda en yüksek verimin elde edilebilmesi için sıra aralıklarının mümkün olduğunca dar (300 mm) ve damla sulama yöntemi tercih edilmesi önerilmiştir.

Uçan ve ark. (2007), Kahramanmaraş'ta tarla koşullarında yürüttükleri çalışmada, sulama sıklığı ve miktarının su kullanım etkinliği ve susam verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma, killi-tınlı bir bünyeye sahip tipik bir Akdeniz iklimi koşullarında yapılmıştır. Çalışmada, bölgeye uyumlu, yüksek tohum ve yağ verimine sahip olan Muganlı-57 çeşidini kullanmışlardır. Denemede sulama suyu, karık sulama yöntemi ile uygulanmıştır. Sulama suyu miktarını belirlemek için A sınıfı bir buharlaşma kabından faydalanmışlardır. Üç farklı sulama aralığı (I1, I2 ve I3 sırasıyla; 7, 14, 21 gün) ve 4 farklı bitki-kap katsayısı (Kcp 1: 0,60; Kcp 2: 0,80, Kcp 3: 1,00 ve Kcp 4: 1.20) deneme konuları olarak belirlenmiştir. Çalışmada, uygulanan sulama suyu miktarlarını 2003 yılında 467-857 mm ve 2004 yılında 398-654 mm olarak hesaplamışlardır. En yüksek mevsimlik bitki su tüketimini 2004 yılında I3Kcp 4 (1019 mm) konusunda ve en düşük değeri de I1Kcp 1 (598 mm) konusunda bulmuşlardır. Her iki deneme yılında da sulama suyu düzeylerinin tohum verimini önemli düzeyde etkilediğini belirlemişlerdir. Ancak, sulama aralığının verime etkisi önemli düzeyde bulunmamıştır. Ortalama olarak, Kcp 3 konusunda en yüksek tohum verimi ($1,915 \text{ t ha}^{-1}$), Kcp 1 konusunda ($1,538 \text{ t ha}^{-1}$) en düşük tohum verimini elde etmişlerdir. Mevsimsel verim tepki etmenini (ky) 2003 ve 2004 yıllarında sırasıyla 1,01 ve 0,54 ve ortalamasını 0.65 olarak bulmuşlar. Her bir deneme konusu için ET Epan⁻¹ oranlarını 2003 yılında 0,3-1,3 arasında ve 2004 yılı için 0,1-1,1 arasında hesaplamışlardır. Sonuç olarak, tarla koşullarında yetişen susamda verimi en yüksek seviyeye çıkarmak için Kcp 3 (1,00) konusunu önermişlerdir.

Tantawy ve ark. (2007), Mısır'da yürüttükleri çalışmada, su stresi koşullarında yetiştirilen farklı susam çeşitlerinde sulama optimizasyonu araştırmışlardır. Denemeyi, 2003 ve 2004 yılları arasında Mısır'daki Shandaweel Tarımsal Araştırma Merkezi'nde yapmışlardır. Denemede dört susam çeşidi (Giza 32, Toshky 1, Shandaweel 3 ve Sohag 3) kullanmışlar, iki farklı sulama uygulaması yapmışlardır (yedi ve beş kez sulama). Bu denemede iki sezon boyunca beş kez sulandığında susam çeşitlerinin ortalama verim değerleri $1,03-1,47 \text{ t ha}^{-1}$ arasında değişmiştir. Yedi kez sulama yapılan susama ait iki yıllık ortalama verim değerleri ise $1,09-1,55 \text{ t ha}^{-1}$ arasında değişmiştir. Sonuç olarak, sulama sayısı yediden beşe düştüğünde verimde %6,42'ye varan bir azalma olduğunu gözlemlemişler ve su stresine karşı en duyarlı çeşidin Giza 32 olduğunu

belirlemişlerdir. Tane verimi ve su tüketimi sonuçlarını bir Verim-Stres modeli tahminleriyle karşılaştırmışlar, yedi ve beş sulama uygulaması altında gerçek verim ve su tüketimi ile iyi bir uyum sağladığını görmüşlerdir. Susam için toplam miktar 4367 - 4728 m³ ha⁻¹ arasında olan ve 1027 m³ ha⁻¹'a kadar tasarruf sağlayabilen, %2'den az verim kaybı olan beş sulamayı önermişlerdir.

Eskandari ve ark (2009), İran'da iki yıl yürüttükleri çalışmada, su kısıntısının susam çeşitlerinde tane ve yağ verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Denemede kullanılan susam çeşitleri yellow witte, TN₂₃₈, TS₃, Safiabadi ve yerel çeşit olan Ramhormoz olmuştur. Deneme konuları ise I₁, I₂, I₃ ve I₄ olarak sırasıyla A sınıfı kaptan 150 mm, 200 mm, 250 mm ve 300 mm buharlaşma sonrası sulama yapılmasıdır. Deneme, ana parselde sulama seviyeleri ve alt parselde susam çeşitleri olmak üzere tesadüf blokları deneme deseninde bölünmüş parseller şeklinde düzenlenmiştir. Araştırmada en fazla ürün verimi 1464,23 kg.ha⁻¹ ile I₂ x C₃ (TS₃) interaksyonundan elde edilmiştir. En az tane verimi ise 588,17 kg.ha⁻¹ ile I₄ x C₁ (yellow witte) interaksyonundan elde edilmiştir. Sonuç olarak, tane ağırlığı dışındaki bütün özellikler sulama rejimlerinden dolayı önemli ölçüde etkilenmiştir (P<0.01). Toprak su içeriği arttıkça protein içeriği artmış fakat bitki başına biyolojik verim ve tane verimi, yağ içeriği ve protein verimi azalmıştır. Şiddetli su stresi ile (I₄), yağ ve protein verimleri sırasıyla %28,18 ve %10,77 azalmıştır. Bu azalmanın nedeni, farklı sulama düzeyleri altında susamın tane verimindeki azalmalara bağlanmıştır. Tüm sulama konularında en üstün çeşidin TS₃ olduğu belirtilmiştir.

Ahmed ve Mahmoud (2010), Sudan'da yaptıkları çalışmada, sulamanın susamın su tüketimi, su kullanım etkinliği ve bitki katsayısına etkisini araştırmışlardır. Kullanılan susam çeşitleri, "Khidir" ve "Promo" olmuştur. Uygulanan sulama suyu konuları sırasıyla Q1, Q2, Q3, Q4, ve Q5 (750 mm, 650 mm, 550 mm, 450 mm ve 350 mm) olmuştur. Sulama aralığı 10 gün olarak belirlenmiştir. En yüksek su kullanım etkinliği 650 mm sulama suyu altında elde edilmiştir. Sonuç olarak Pan buharlaşmasıyla hesaplanan bitki katsayıları, her koşulda, modifiye Penman ve Penman-Monteith formülü ile elde edilenlerden daha düşük bulunmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarları sulama konularına göre 3500-7500 m³ ha⁻¹'dir. Verim değerleri ise bu

konular için ilk sezon 1700-3450 kg ha⁻¹, ikinci sezon için 973-4188 kg ha⁻¹'dir. Su kullanım etkinliği değerleri ise sırasıyla ilk sezon için 2,0-4,2 m³ kg⁻¹, ikinci sezon için ise 1,8 -4,0 m³ kg⁻¹'dir.

Naim ve ark. (2010), Sudan'da farklı sulama suyu seviyelerinin iki susam çeşidinin (Khidir ve Promo) verim ve verim bileşenlerine olan etkilerini araştırmak için ardışık iki mevsimde (2001/2002 ve 2002/2003) bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Denemeyi yarı kurak ve killi toprak yapısına sahip bir bölgede yapmışlardır. Tohumlar, 70 cm'lik aralıklarla ekilmiştir. Denemede beş sulama düzeyi kullanmışlar (750, 650, 550, 450 ve 350 mm) ve bütün parsellere ekimden sonra ilk 30 gün boyunca aynı sulama düzeyinde su uygulamışlardır. Denemeye ait iki yıllık ortalama verim değerleri; bitki başına kapsül sayısı 59,5-185 adet, kapsüldeki tane sayısı 55,3- 65,5 adet, 1000 tane ağırlığı değerleri 2,9-3,7 g, bitki başına tohum verimi 10,3-44 gr olarak bulunmuştur. Ayrıca dekara tane verimi ortalamaları iki sezon için sırasıyla 0,89-3,45 t ha⁻¹ ve 0,975-4,188 t ha⁻¹'dir. Sonuç olarak, en yüksek sulama düzeyinin (750 mm), bitki başına kapsül sayısını, kapsül içindeki tohum sayısını, bin tane ağırlığını ve tohum verimini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, çeşitlerin tohum verimi üzerine etkisi önemsiz olmuştur. Denemenin ikinci yılında ise ilk yıla oranla daha fazla kapsül, kapsül başına tohum sayısı, 1000 tane ağırlığı ve yüksek tohum verimi gözlemlemişlerdir.

El-Lattief (2015) yaptığı çalışmada, sulama aralıklarının Güney Mısır koşullarında iki susam çeşidinde (Giza 32 ve Toushki 3) tane verim ve verim özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Denemeyi Qena'daki South Valley Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Çifliği'nde kumlu bünyeye sahip topraklarda gerçekleştirmiştir. Denemede üç sulama rejimi kullanılmış ve bunlar 7 gün (I1), 9 gün (I2) ve 11 günde (I3) bir sulama olmuştur. Büyüme mevsimi boyunca, I₁, I₂, ve I₃ konularına sırasıyla 9851, 8883 ve 8055 m³ ha⁻¹ su uygulanmıştır. Denemeye ait iki yıllık verim değerleri I1, I2 ve I3 konuları için sırasıyla; bitki boyu, 118,7 cm-144,1 cm, ilk kapsül yüksekliği, 57,5 cm-67,4 cm, bitki başına yan dal sayısı, 1,820 adet-2,350 adet, bitki başına kapsül sayısı 52 adet-64,2 adet, 1000 tane ağırlığı 2,840 g-3,405 g ve, bitki başına tohum ağırlığı 4,825 g-6,495 g ve tane verimi 1091 kg ha⁻¹-1541 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir. Denemeye ait iki yıllık kalite değerleri ise; yağ verimi için 559-788 kg ha⁻¹, yağ oranı için %51,1-%51,2,

protein oranı için %20-%20,9 arasında değişmiş, IWUE 0,135-0,170 kg m⁻³ olarak bulunmuştur. İncelenen sulama rejimleri, bitki boyunu, bitki başına dal sayısını, bitki başına kapsül sayısını, 1000 tane ağırlığını, bitkide tohum ağırlığını ve hektara düşen yağ verimlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Çalışmada en yüksek verim değerleri 7 ve 9 gün aralıklarla yapılan sulamalarda 154,1 kg da⁻¹ ve 150,7 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Fakat I₁ ve I₂ konuları arasında tane veriminde istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Araştırmacı, sulama suyu kullanım etkinliğinin (IWUE) en yüksek olduğu değeri dokuz günde bir yapılan sulamada 0,170 kg m⁻³ olarak tespit etmiştir. Protein içeriği bakımından Touseki 3 çeşidi öne çıkmıştır.

Nadeem ve ark. (2015), Pakistan'da yaptıkları çalışmada, bitki sıklığı ve sulama rejimlerinin etkisi altında susamın büyüme ve verimini araştırmışlardır. Deneme, üç bitki sıklığı (30x20 cm, 45x15 cm ve 60x10 cm) ve üç sulama rejiminden (ekimden 20 ve 40 gün sonra olmak üzere 2 sulama; ekimden 20, 40 ve 60 gün sonra olmak üzere 3 sulama ve ekimden 20, 40, 60 ve 80 gün sonra olmak üzere 4 sulama) oluşmuştur. Varyans analizi, tüm bitki sıklığı ve sulama rejimlerinin susamın büyümesi ve verimini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. 45x15 cm ekilen bitkilerde, bitki başına dal (15,67 adet), bitki başına kapsül (38 adet), bitki başına tohum ağırlığı (31,89 g), tohum indeksi (2,83 g), biyolojik verim (742,33 kg ha⁻¹) ve hasat indeksi (%30,44) en yüksek değerlere ulaşmış ve ardından 60x10 cm bitki sıklığı gelmiştir. Diğer yandan, dört sulama konusunda, bitki boyu (103,33 cm), bitki başına dal sayısı (16,44 adet), bitki başına kapsül sayısı (41,22 adet), bir kapsüldeki tohum sayısı (54,56 adet), bir bitki ağırlığı (33,22 g), tohum indeksi (2,92 g), biyolojik verim (2321,21 kg ha⁻¹), tohum verimi (748,78 kg ha⁻¹) ve hasat indeksi (%31) en yüksek değerlere ulaşmıştır. En fazla tohum verimi (765 kg ha⁻¹) ve verim bileşenleri 45x15 cm ekim x dört sulama ile yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir. En az verim değerleri ise 30x20 cm ekim x iki sulama konularından elde edilmiştir. Ayrıca, dört sulama ve üç sulama sonuçları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu nedenle, en fazla tohum verimini elde etmek için 45x15 cm ekim ve üç sulama (ekimden 20. 40 ve 60 gün sonra olmak üzere 3 sulama) yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Baştuğ ve ark. (2016), Antalya koşullarında yürüttükleri 2 yıllık çalışmada, ikinci ürün olarak yetiştirilen 2 farklı çeşit (Muganlı-57 ve Birkan) susam bitkisine ait mevsimlik sulama suyu gereksinimi ve su kullanım etkinliğini araştırmışlardır. Ayrıca susam bitkisi için kısıntılı sulama yöntemi ile su uygulayarak bitkideki su-verim ilişkilerini, verim ve kalite özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışmada, lizimetre koşullarında damla sulama ve karık sulama yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Deneme sonuçlarına göre “Muganlı-57” çeşidi için; bitki su tüketim değerleri karık sulamada 537,9 mm, damla sulamada 527,5 mm ve susuz konuda 164,9 mm ve su kullanım randımanı (WUE) karık sulamada 0,40, damla sulamada 0,39 ve susuz konuda ise 0,25 olarak belirlenmiştir. Verim değerleri damla sulamada 207 kg da⁻¹, karık sulamada 216 kg da⁻¹ ve susuz konuda 40,7 kg da⁻¹, yağ içeriği damla sulamada %52,78, karık sulamada %51,31 ve susuz konuda %44,82, protein içeriği damla sulamada %17,16, karık sulamada %22,43 ve susuz konuda %22,51 arasında değişmiş, susamda verim tepki etmeni $k_y=1,2$ olarak hesaplanmıştır. Antalya koşullarında ikinci ürün susam bitkisinin kesinlikle sulanması gerektiğini, mümkünse damla sulama yönteminin kullanılmasını ve su tasarrufu açısından “Muganlı-57” çeşidinin kullanılmasını önermişlerdir.

Hailu ve ark. (2018), Etiyopya’da 3 yıl süre ile yaptıkları çalışmada sulu tarımda susamda su eksikliği ve su uygulama tekniklerini araştırmışlardır. Araştırmada su ihtiyacının %100, %75 ve %50’sini karşılamışlar ve 3 farklı karık sulama yöntemi kullanmışlardır. Denemede "ADI" susam çeşidi bitki materyali olarak kullanılmıştır. Sulama yöntemleri ve sulama konularına göre tane verimi değerleri %100 sulama konusunda; 116,4 kg da⁻¹, 117,3 kg da⁻¹ ve 124,2 kg da⁻¹, %75 sulama konusunda; 131,9 kg da⁻¹, 139,2 kg da⁻¹ ve 134,9 kg da⁻¹ ve %50 sulama konusunda; 128,5 kg da⁻¹, 124,6 kg da⁻¹ ve 117,0 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Su kullanım etkinliği değerleri ise %100 sulama konusunda; 1,114 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 1,068 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 1,654 kg ha⁻¹ mm⁻¹, %75 sulama konusunda; 1,203 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 0,994 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 1,555 kg ha⁻¹ mm⁻¹, ve %50 sulama konusunda; 1,166 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 1,121 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 1,230 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar geleneksel karık sulama tekniğinin, yarı kurak iklim koşullarında optimum verim elde etmede ve su tasarrufu sağlamada etkili olacağını önermişlerdir.

Ebrahimian ve ark. (2019), Azerbaycan’da 3 yıl süre ile yaptıkları çalışmada 4 farklı sulama programı uygulamışlardır. Su uygulamasında A sınıfı buharlaşma kabı kullanılmış ve potansiyel evapotranspirasyonun %40, %60, %80 ve %100’ü uygulanmıştır. Denemede, bin dane ağırlığı; 2,1-3,2 g tane verimi; 127,5-164,1 kg da⁻¹, yağ oranı; %34,2-%35,6 ve ham yağ verimi; 43,6-58,3 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Ayrıca sulama suyu kısıldıkça oleik asit, linoleik asit ve palmitik asit içeriklerinde önemli bir azalma gözlemlenmiştir.

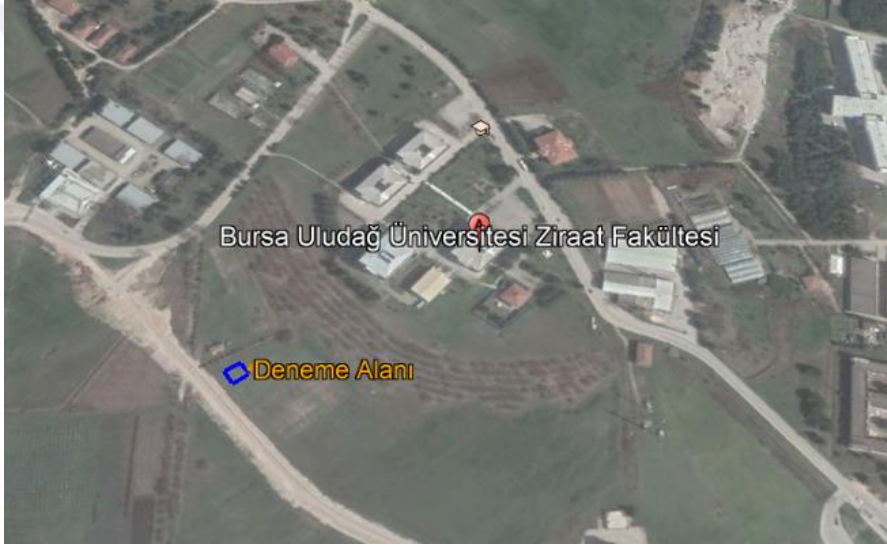
Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da yaptıkları çalışmada ikinci ürün susamın farklı gelişim dönemlerinde yapılan sulamaların verim ve yağ kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada “Orhangazi 99” susam çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada dokuz farklı sulama konusu gerçekleştirmişlerdir. Bunlar S1’den S9’a sırasıyla; susuz, seyreltme döneminde, çiçeklenme döneminde, kapsül bağlama döneminde, seyreltme ve çiçeklenme döneminde, seyreltme ve kapsül bağlama döneminde, seyreltme çiçeklenme ve kapsül bağlama döneminde ve S9 konusuna ise S8 konusuna uygulanan suyun %50’si kadar su uygulanan konular olmuştur. Denemeye ait verim ve verim bileşenleri değerleri (S1’den S9’a), tane verimi için 112-192 kg da⁻¹, bitki boyu için 127-179 cm, yan dal sayısı için 3,80- 5,43 adet, ilk kapsül yüksekliği için 33,7-41,6 cm, bitki başına kapsül sayısı için 128-259 adet, bitki sap kalınlığı için 1-1,01 cm, bin tane ağırlığı için 3,59-4,03 g olarak bulunmuştur. Denemeden elde edilen protein oranı değeri %24,3-%27,7, yağ oranı ise %53,1-%55,9 arasında değişmiştir. Protein, yağ ve yağ asitleri için yapılan varyans analizlerinde önemli farklılıklara rastlanılmamıştır. Araştırma süresince konulara uygulanan sulama suyu düzeyleri; 43-482 mm olmuştur. Mevsimlik bitki su tüketimi değerleri; 146,3-628,3 mm’dir. En yüksek verim ise 628,3 mm su uygulama ile 253 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Su kaynaklarının kısıt olduğu bölgelerde ikinci ürün susamda seyreltme, çiçeklenme ve kapsül bağlama dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine ulaştırılması ile en yüksek verime (253 kg da⁻¹) ulaşılabileceği tavsiye edilmiştir. Sezonluk sulamada yapılacak %50’lik su kısıntısı ile verimde %0,2’lik bir azalışın görüleceği saptanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Yeri

Çalışma, 2018 yılında, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yürütülmüştür. Araştırma alanının ortalama denizden yüksekliği 112 m'dir ve 40° 13' 33 enlemi (N), 28° 51' 34 doğu boylamında (E) yer almaktadır. Çalışma alanının konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme Alanı

3.1.2. İklim Özellikleri

Bursa; Marmara Bölgesi'nin güney-doğusunda yer almaktadır. Yaz mevsiminde sıcak ve kurak, kış mevsiminde ise soğuk ve yağışlı bir iklime sahiptir.

Deneme alanına ait uzun yıllar meteorolojik verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Bursa Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır (1960-2019) (Çizelge 3.1). Uzun yıllara ait iklim verilerine göre; yıllık ortalama sıcaklık 16 °C, aylık ortalamalarda en soğuk ay 5,3 °C ile Ocak ve en sıcak ay ortalaması 24,4 °C ile

Temmuz ayıdır. Yıllık toplam yağış 705,5 mm'dir. Yağış en fazla 108,5 mm olarak Aralık ayında düşmüştür. Yıllık ortalama bağıl nem %71,2'dir. Yıllık ortalama rüzgar hızının 2 m yükseklikteki değeri $2,0 \text{ m s}^{-1}$ 'dir. Deneme alanının 2019 yılına ait bazı iklim özellikleri ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bursa ili uzun yıllar ortalama meteorolojik verileri (1960-2019).

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama rüzgar hızı ¹ (m/s)	Ortalama bağıl nem (%)	Yağış (mm)
Ocak	5,3	2,5	74,1	85,6
Şubat	6,3	2,5	72,4	71,5
Mart	8,6	2,4	71,7	69,1
Nisan	12,9	2,1	70,1	65,7
Mayıs	17,6	2,0	68,1	46,0
Haziran	22,0	2,0	62,3	36,7
Temmuz	24,4	2,3	59,6	15,8
Ağustos	24,2	2,3	61,5	18,9
Eylül	20,3	1,9	66,8	42,7
Ekim	15,5	1,6	73,9	70,1
Kasım	10,8	1,7	75,0	74,9
Aralık	7,3	2,3	74,7	108,5

¹ 2 m yükseklikteki rüzgar hızı

Çizelge 3.2. Deneme alanına ilişkin meteorolojik veriler (2018 yılı).

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama rüzgar hızı ¹ (m/s)	Ortalama bağıl nem (%)	Yağış (mm)
Ocak	6,3	83,2	1,5	54,5
Şubat	8,8	83,4	1,6	76,6
Mart	12,2	75,4	1,9	116,3
Nisan	15,4	73,6	1,9	3,9
Mayıs	19,4	83,7	2,1	72,7
Haziran	22,9	71,4	2,3	29,2
Temmuz	25,5	62,6	2,2	14,3
Ağustos	25,8	62,5	3,1	5,0
Eylül	21,4	70,0	2,4	44,2
Ekim	16,7	74,3	2,1	64,0
Kasım	12,0	76,2	1,6	63,4
Aralık	5,9	8,3	1,5	137,1
Ort./Top.	16,0	71,2	2,0	233,3

¹ 2 m yükseklikteki rüzgar hızı

3.1.3. Toprak Özellikleri

Araştırma alanındaki toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.3'te verilmiştir. Çalışma alanının toprakları killi bir bünyeye sahiptir. 0-120 cm toprak derinliğinde; 30 cm'lik toprak katmanları için hacim ağırlığı 1.35-1.38 g cm⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Tarla kapasitesi, kuru ağırlık yüzdesi cinsinden 38.17-43.01 ve solma noktası, 23.18-27.07 değerleri arasında, 0-60 cm toprak derinliği için elverişli nem ise 97.9 mm'dir.

Çizelge 3.3. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
0-30	24,32	26,18	49,50	C	1,35	38,17	27,07
30-60	23,28	26,22	50,50	C	1,36	40,01	27,03
60-90	21,88	24,62	53,50	C	1,34	43,01	26,75
90-120	21,64	37,86	40,50	C	1,38	40,05	23,28

Çizelge 3.3. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (devamı)

Toprak Derinliği (cm)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Kireç (%)	Saturasyon (%)	Yarayışlı (kg da ⁻¹)		Organik Madde (%)
					Fosfor	Potasyum	
0-30	0,45	6,1	0.0	101	8,9	46	0,72
30-60	0,45	6,4	0.0	109	3,5	36	0,43
60-90	0,79	7,1	1,3	110	8,1	39	0,57
90-120	0,64	8,0	43,7	101	6,9	25	0,17

3.1.4. Bitki Özellikleri

Araştırmada bitki materyali olarak kullanılan “Muganlı 57” susam çeşidi, 2012 yılında tescil edilmiştir. Sulu tarımda ikinci ürün olarak yetiştirildiğinde verimi 120-150 g, bin tohum ağırlığı 3-5 g, bitki boyu 80-150 cm, kapsül başına düşen tohum yatağı sayısı 4’e ulaşmaktadır ve kapsül şekli dört köşeli, tüylüğü seyrek, yaprak büyüklüğü orta düzeydedir (Bürkük 2019). Ayrıca çeşit; beyaz renkli çiçeğe sahip olup, taneleri sarı renkli ve yağ oranı da % 50-60 arasındadır (Akpınar 2017).

3.1.5. Sulama Suyu

Araştırmada kullanılan sulama suyu, Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü’nde yer alan Yolcatı (Göbelye) Göleti’nden sağlanmıştır. (Şekil 3.2). Göletten alınan su 140 m kotunda bulunan havuza, oradan da deneme alanına en yakın almaca ve borular ile deneme alanına ulaşmıştır. Göletten alınan su örneği, U. S. S. L. S. (1954)’de belirtilen esaslara göre analiz edilmiş (Çizelge 3.4), buna göre kullanılacak suyun C₂S₁ sınıfına dahil olduğu ve sulama için elverişli olduğu belirlenmiştir.



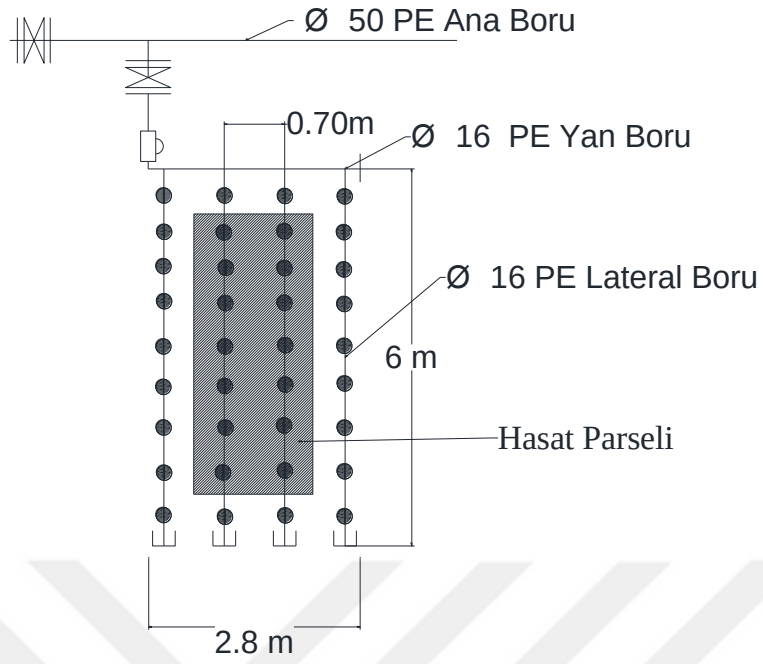
Şekil 3.2. Yolçatı (Göbelye) Göleti

Çizelge 3.4. Denemede kullanılan sulama suyu analiz sonuçları

pH	EC x 106 (μ mhos/cm)	SAR	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺² (meq/L)
7,12	310	0,23	0,28	0,04	1,66
Mg ⁺² (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁻² (meq/L)	B (ppm)	pH
1,34	2,40	0,20	0,71	0,85	7,12

3.1.6. Sulama Sistemi

Susam sulamasında kullanılan damla sulama sistemi parsel bazında Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Kontrol birimi; hidrosiklon, disk filtre, vana ve manometrelerden oluşmuştur. Sulamada kullanılacak su, araştırma alanına yakın bir almaçtan 75 mm'lik HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) boru yardımıyla kontrol birimine kadar getirilmiş, kontrol biriminden deneme alanına kadar 75 mm'lik PE boru kullanılmıştır. Ana boru hatları da 50 mm dış çaplı PE borulardan oluşmuştur. Bitki sıralarına birer adet 16 mm dış çaplı PE lateral boru serilmiştir (Şekil 3.4). Lateral borular boylamasına geçik (in-line) basınç regülatörlü damlatıcılara sahiptir. Damlatıcıların 1 atm basınçta debisi 2 l/h, damlatıcı arası mesafe ise 33 cm'dir.



Şekil 3.3. Bir parseldeki sulama sistemi



Şekil 3.4. Damla sulama sistemi

3.1.7. Araştırmada Kullanılan Donanımlar

Araştırmada, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama ve Drenaj Laboratuvarı imkanlarından faydalanılmıştır. Bozulmuş ve

bozulmamış toprak örnekleme seti, etüv ve hassas terazi denemede kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Toprak burgu, hassas terazi ve etüv

3.2. Yöntem

Bu bölümde, deneme konuları hakkında bilgi verilmiş, arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarında kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizleri

Toprak örnekleri sistematik örnek alma yöntemine göre alınmıştır (Black 1965). Deneme alanındaki topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemek için arazide 120 cm derinlikte açılan profillerde her 30 cm'lik katmanlardan alınan bozulmuş ve bozulmamış örneklerde aşağıda belirtilen çalışmalar Tüzüner (1990)'da anlatılan ilkelerle yapılmıştır.

Toprak bünyesi Bouyoucos hidrometre yöntemi ile; hacim ağırlığı, bozulmamış toprak örneklerinde silindir metodu ile tayin edilmiştir. Tarla kapasitesi, bozulmamış toprak örneklerinde basınçlı membran aleti yardımıyla, 1/3 atmosfer basınç altında tuttukları nem miktarının belirlenmesiyle ve solma noktası, bozulmuş toprak örneklerinde basınçlı membran aleti vasıtasıyla 15 atmosfer basınç altında tuttukları nem miktarının belirlenmesiyle elde edilmiştir.

Deneme alanındaki toprakların pH değeri, saturasyon çamuruyla, cam elektrotlu Beckman pH-metre ile bulunmuştur. Alınabilir potasyum (K_2O), amonyum asetat çözeltisi içinden geçen potasyum düzeyi fleymfotometrede okunarak tayin edilmiştir. Kireç (%), Scheibler kalsimetresi vasıtasıyla belirlenmiştir. Alınabilir Fosfor (P_2O_5), Olsen Metodu ile belirlenmiştir. Organik Madde (%) miktarı, Walkley-Black yöntemi ile bulunmuştur.

3.2.2. Tarımsal İşlemler

Çalışmada gerçekleştirilen tarımsal işlemler ve tarihleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Arazide bulunan kolzanın hasadından hemen sonra arazide pullukla derin sürüm yapılmıştır. Ardından toprak rotovator ile işlenmiştir (Şekil 3.6). Parselasyon işlemi tamamlandıktan sonra 70 cm sıra aralığında 3 cm toprak derinliğine elle ekim ve aynı zamanda gübre uygulaması yapılmıştır (13.07.2018). Ardından kurulan sulama sistemi ile çimlenme ve çıkış suyu uygulanmıştır. Bitkiler 50 cm yüksekliğe ulaşınca 16.08.2018 tarihinde konulu sulamalara başlanmış ve 28.09.2020 tarihinde sulama uygulamaları kesilmiştir. Susam bitkileri 09.11.2018 tarihinde de hasat edilmiştir.

Çizelge 3.5. Tarımsal faaliyetler

Tarih	Uygulanan tarımsal işlemler
03.07.2018	Pullukla derin sürüm yapıldı.
10.07.2018	Rotovator ile toprak işleme yapıldı.
13.07.2018	El ile ekim yapıldı ve sulama sistemi kuruldu
13.07.2018	5 kg da ⁻¹ 15-15-15 NPK gübreleme yapıldı.
23.07.2018	Susam çıkış tarihi.
13.08.2018	Yabancı ot temizliği.
16.08.2018	Konulu sulamaların başlangıcı.
28.09.2018	Sulamanın kesilmesi.
09.11.2018	Hasat.



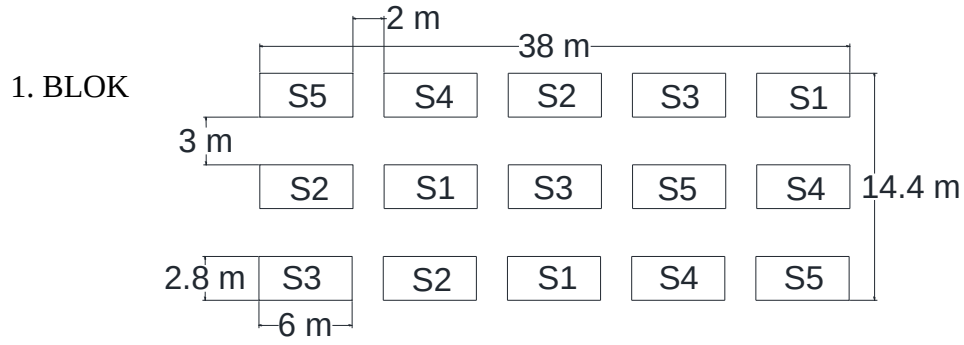
Şekil 3.6. Rotovator ile toprak işleme

3.2.3. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları

Çalışmada, tesadüf blokları deneme deseni kullanılmış, 3 tekrarlı biçimde yürütülmüştür (Şekil 3.7). Her parsel de dört sıra bulunmaktadır. Parsellerde sıra arası mesafe 0.70 m, sıra üzeri mesafe 0.10 m alınmıştır. Parsel boyutları ekimde $2.8 \text{ m} \times 6.0 \text{ m} = 16.8 \text{ m}^2$, hasatta $1.4 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 7 \text{ m}^2$ olmuştur.

Araştırma konuları ise;

- S1: Gelişme dönemi boyunca, her 7 günde bir 0-60 cm toprak derinliğinde tüketilen suyun %100'ünün deneme parsellerine uygulanması,
- S2: S1 konusuna verilmesi gereken sulama suyu miktarının %75'i,
- S3: S1 konusuna verilmesi gereken sulama suyu miktarının %50'si,
- S4: S1 konusuna verilmesi gereken sulama suyu miktarının %25'inin uygulanması ve
- S5: Susuz (çimlenme ve çıkış hariç) konu şeklinde oluşturulmuştur.



Şekil 3.7. Tesadüf blokları deneme desenine göre deneme planı

3.2.4. Toprak Su İçeriği Ölçümleri

Toprak su içeriğinin belirlenmesi için her 7 günde bir sulama öncesi 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm toprak derinliklerinden toprak burgu ile bozulmuş toprak örnekleri alınmış ve toprak su içeriği değerleri gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

3.2.5. Uygulanacak Sulama Suyu Miktarı ve Sulama Süresinin Belirlenmesi

Parsellere verilecek sulama suyu miktarının tespitinde Eşitlik 3.1 kullanılmıştır (Yıldırım, 2013). Susam bitkisinin etkili kök derinliği olan 60 cm için her 7 günde bir gravimetrik yöntemle belirlenen mevcut nemi tarla kapasitesine ulaştıracak sulama suyu derinliği hesaplanmıştır.

$$I = \frac{(TK-MN)}{100} \gamma_t DP \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

I = Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı, mm,

TK = Tarla kapasitesi, %,

MN = Topraktaki mevcut nem, %,

γ_t = Toprağın hacim ağırlığı, g cm⁻³

D = Etkili kök derinliği,

P = Islatılan alan oran değerlerini ifade etmektedir.

Islatılan alan oranı için Eşitlik 3.2 kullanılmıştır (Yıldırım, 2013).

$$P = k \frac{S_d}{S_l} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

P = Islatılan alan oranı,

k = Katsayı (Tarla bitkileri için k = 1 alınmaktadır),

S_d = Damlatıcı aralığı, m,

S_l = Lateral aralığı, m'dir.

Denemede sulama süresi ise Eşitlik 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır (Kadayıfçı 1996).

$$t_s = \frac{d_n A}{q n_d} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

t_s = Sulama süresi, h,

d_n = Sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,

A = Sulama yapılacak parselin alanı, m²,

q = Damlatıcıların debisi, L/h ve

n_d = Damlatıcıların sayısı, adet, değerlerini ifade etmektedir.

3.2.6. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Bitki su tüketimi için toprak-su dengesi eşitliğinden (Eşitlik 3.4) faydalanılmıştır (Garrity ve ark. 1982, James 1988).

$$ET = I + P \pm \Delta S - D - R \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

ET = Bitki su tüketimi, mm,
I = Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,
P = Düşen yağış, mm,
 ΔS = İki toprak nemi ölçümü arasındaki fark, mm/60 cm,
D = Drenaj miktarı, mm,
R = Yüzey akış miktarı, mm olarak ifade edilmektedir.

Bu çalışmada, her sulamada uygulanacak sulama suyu damla sulama yöntemi ile uygulandığından ve toprağın tarla kapasitesi değerini aşmayacağından yüzey akış (R) değeri ihmal edilmiştir (Oktem ve ark. 2003). Ayrıca drenaj olasılığı için 60-90 cm toprak derinliğinde nem artışı olup olmadığı izlenmiştir.

3.2.7. Su-Verim İlişkileri

Su-verim ilişkilerini belirlemek için modeller geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı Stewart eşitliğidir (Stewart ve ark. 1976, Doorenbos ve Kassam 1979). Bu modelde oransal su tüketimi eksikliği ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki incelenmektedir. Su-verim tepki etmeni Eşitlik 3.5 ile hesaplanmıştır.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte;

Y_a = Su kısıntısı altında gerçek verim (kg da^{-1}),
 Y_m = Tam sulama altında en yüksek verim (kg da^{-1}),
 ET_a = Su kısıntısı altında gerçek su tüketimi (mm),
 ET_m = Tam sulama durumunda en yüksek su tüketimi (mm),
 k_y = Su-verim tepki etmenini ifade etmektedir.

Denemede, parsellerden elde edilmiş olan tane verimi ile mevsimlik su tüketimleri arasındaki ilişkiler bu yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

3.2.8. Su Kullanım Etkinliği

Çalışmada, farklı sulama konularının verimliliğini değerlendirmede su kullanım etkinliğinden faydalanılmıştır. Farklı sulama konularına göre su kullanım etkinliği (WUE, kg m⁻³) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE, kg m⁻³) sırasıyla Eşitlik 3.6 ve Eşitlik 3.7 kullanılarak hesaplanmıştır (Sinclair ve ark. 1984; Yazar ve ark. 1999; Howell 2001).

$$WUE = \frac{GY_i}{ET_i} \quad (3.6)$$

$$IWUE = \frac{GY_i - GY_0}{I_i - I_0} \quad (3.7)$$

Eşitliklerde; GY_i deneme konusundan elde edilen tane verimi (kg da⁻¹), GY₀ çimlenme ve çıkış dönemi dışında bir daha sulama yapılmayan konudan elde edilen tane verimi (kg da⁻¹), ET_i deneme konusundan elde edilen mevsimlik bitki su tüketimi (mm), I_i deneme konusuna göre uygulanan sulama suyu (mm), I₀ çimlenme ve çıkış dönemi dışında bir daha sulama yapılmayan konuya uygulanan sulama suyudur (mm).

3.2.9. Bitki Boyu

Bitki boyu değerleri hasat zamanı parsellerin 2. ve 3. sıralarından rastgele seçilmiş 10 bitkiden alınan örneklerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Toprak yüzeyinden başlayarak, ana sapın uç noktasına kadar ölçülerek bulunmuştur (Bürkük, 2019).

3.2.10. Yan Dal Sayısı

Hasat zamanı parsellerinin 2. ve 3. sıralarından rastgele seçilmiş 10 bitkiden alınan örneklerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bitkilerde bulunan yan dalların sayılması ile bulunmuştur (Bürkük, 2019).

3.2.11. İlk Kapsül Yüksekliği

Hasat zamanı parsellerin 2. ve 3. sıralarından rastgele seçilmiş 10 bitkiden alınan örneklerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Toprak yüzeyinden ilk kapsüle kadar olan mesafenin ölçülmesi ile bulunmuştur (Bürkük, 2019).

3.2.12. Kapsül Sayısı

Hasat zamanı parsellerin 2. ve 3. sıralarından rastgele seçilmiş 10 bitkiden alınan örneklerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bitkilerdeki kapsüllerin sayılıp ortalaması alınmıştır (Bürkük, 2019).

3.2.13. Kapsüldeki Tane Sayısı

Hasat zamanı parsellerin 2. ve 3. sıralarından rastgele seçilmiş 10 bitkiden alınan örneklerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bitkiler kurutulduktan sonra ana sapında ve yan dallarında bulunan kapsüllerin sayılıp ortalaması alınmıştır (Bürkük, 2019).

3.2.14. Bin Tane Ağırlığı

Hasat zamanı parsellerin 2. ve 3. sıralarından rastgele seçilmiş 10 bitkiden alınan örneklerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Parsellerden alınan tohumlarından 400 tohum alınarak 0,01 g hassasiyetli terazide tartılarak bulunan değerlerin ortalaması alınarak bulunmuştur (Bürkük, 2019).

3.2.15. Verim

Bitkiler her parselin 2. ve 3. sıralarından hasat edildikten sonra, elde edilen tohum verimleri, hasat alanı değerinden dekara verime çevrilerek hesaplanmıştır (Bürkük, 2019).

3.2.16. Yağ Oranı ve Verimi

Parsellerden elde edilen tohum örneklerinin yağ oranı Soxhlet cihazı yardımı ve Ekstraksiyon yöntemi baz alınarak belirlenmiştir (Kadaster 1960; Pomeranz ve Clifton 1994).

3.2.17. Protein Oranı ve Verimi

Parsellerden elde edilen örneklerin protein oranı, Kjeldahl yöntemi yardımıyla belirlenmiştir (Ivanov 1974; Cürat 2010).

3.2.18. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırma sonucunda, konulara göre elde edilen verilere tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizleri uygulanmış ve istatistiksel farklı grupların belirlenmesinde Asgari Önemli Farklılık (AÖF-LSD) testi kullanılmıştır (Turan, 1995). Varyans analizlerinde 0,01 önem düzeyi, farklı grupları belirlemek için 0,05 önem düzeyi dikkate alınmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Gelişme Dönemleri

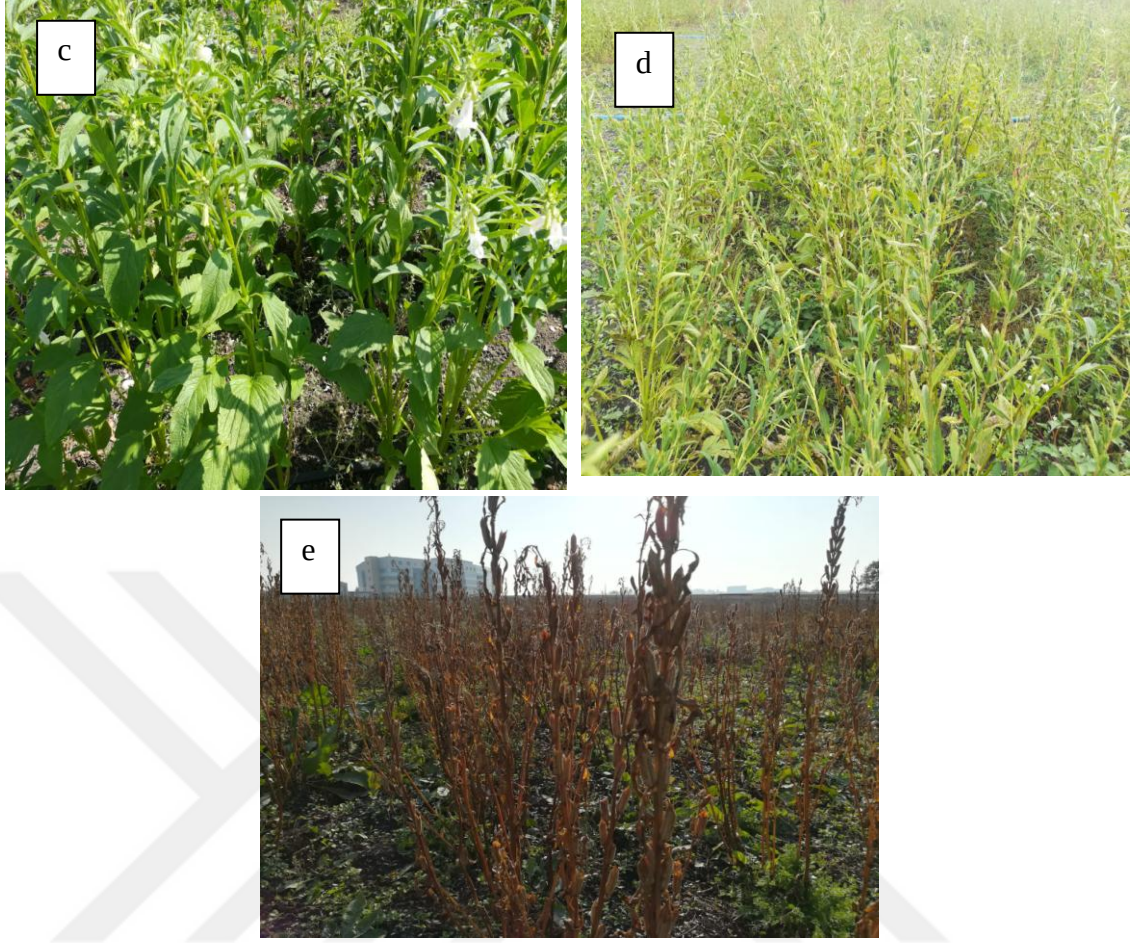
“Muganlı-57” susam çeşidi 13.07.2018 tarihinde ekilmiş ve 09.11.2018 tarihinde hasat edilmiştir. Gelişme dönemleri ve yaklaşık tarihleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. 2. Ürün susam bitkisi yetiştirme dönemi 119 gün sürmüştür. Vejetatif gelişme, çiçeklenme, kapsül oluşumu, tane gelişimi ve olgunlaşma dönemlerine ait görseller Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Susam bitkisinin gelişme dönemleri

Fenolojik Dönemler	Tarih	YGS ¹
Ekim	13.07.2018	194
Çıkış	23.07.2018	204
Vejetatif	15.08.2018	227
Çiçeklenme	30.08.2018	242
Kapsül oluşumu	13.09.2018	256
Tane Gelişimi	08.10.2018	280
Olgunlaşma	30.10.2018	302
Hasat	09.11.2018	312

¹Yılın gün sayısı





Şekil 4.1. Vejetatif gelişme dönemi (a), çiçeklenme dönemi (b), kapsül oluşum dönemi (c), tane gelişim dönemi (d), olgunlaşma dönemi (e).

4.2. Uygulanan Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketimi

Araştırma süresince deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve tarihleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Susamın sulanmasına ekimle (13.07.2018) birlikte çimlenme ve çıkış suyu verilmesiyle, konulu sulamalara ise 16.08.2018 tarihinde başlanmıştır. Sulamalar 28.09.2018 tarihinde kesilmiştir.

Susam bitkisine tüm gelişme dönemi boyunca 12 kez su uygulanmıştır. Tam sulama yapılan S1 konusuna 354,7 mm ve S5 konusuna 127,0 mm su uygulanmıştır.

Çizelge 4.2. Deneme konularına göre sulama tarihleri ve her sulamada uygulanmış sulama suyu miktarları (mm)

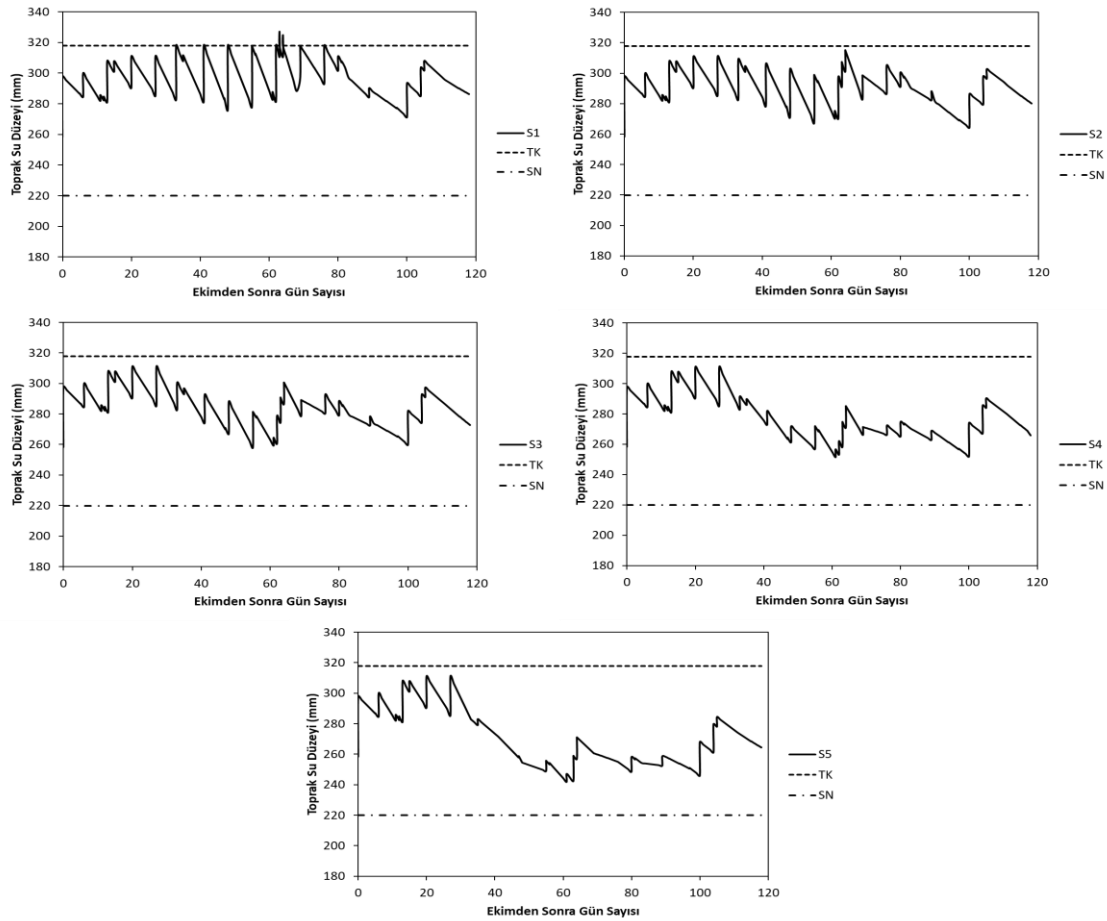
Tarih	S1	S2	S3	S4	S5
13.07.2018	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5
20.07.2018	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
27.07.2018	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6
03.08.2018	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3
10.08.2018	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
16.08.2018	35,1	26,3	17,5	8,8	0
24.08.2018	36,4	27,3	18,2	9,1	0
30.08.2018	41,6	31,2	20,8	10,4	0
07.09.2018	32,9	24,7	16,4	8,2	0
14.09.2018	36,0	27,0	18,0	9,0	0
21.09.2018	21,0	15,7	10,5	5,2	0
28.09.2018	24,7	18,5	12,3	6,2	0
Toplam	354,7	297,7	240,8	183,9	127,0

Baştuğ ve ark. (2016), Antalya koşullarında ikici ürün susam bitiksinde lizimetre kullanarak yaptıkları çalışmada karık sulama için 380,0 mm ve damla sulama için 410,5 mm su uygulamışlardır. Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da yaptıkları çalışmada ikinci ürün susamın farklı gelişim dönemlerinde uyguladıkları sulamaların verim ve yağ kalitesine etkilerini araştırmışlar ve susam bitkisine yetiştirilme döneminde 43-482 mm su uygulamışlardır. Bu çalışmada uygulanan sulama suyu miktarları yukarıdaki çalışmalarda bulunan değerlerle paralellik göstermektedir. Sulama suyu miktarları arasındaki farklılık iklim koşullarına bağlanabilir.

Gerçek ve ark. (2004), Şanlıurfa’da kurak koşullarda 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışmada damla sulama yöntemi ile sulama yapmışlar, 1998 yılında 1102 mm su, 1999 yılında ise 1135 mm su uygulamışlardır. El-Latif ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada, Güney Mısır koşullarında sulama aralıklarının susam verimi üzerine etkilerini araştırmışlar ve 805,5-888,3-985,1 m³ ha⁻¹ su uygulamışlardır. Tantawy ve ark. (2007),

yaptıkları çalışmada, su stresi altında yetiştirilen farklı susam çeşitlerinin sulama optimizasyonunu araştırmışlar, beşer ve yedişer gün ara ile 397,0-538,8 mm su uygulamışlar. Şimşek ve ark. (2003), yılında yaptıkları çalışmada, Şanlıurfa koşullarında killi ve kireçli toprakta yağmurlama sulama yöntemi ile susam yetiştirmişler, denemenin ilk yılı 398,0-971,0 mm su uygularken denemenin ikinci yılı ise 486,0-1037,0 mm su uygulamışlardır. Yukarıdaki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla bu çalışmada elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesine bağlanabilir.

Bitki yetiştirme dönemi boyunca gerçekleştirilen 12 sulama ve meydana gelen yağışlar sonucunda konulara göre oluşan toprak su içeriği değişimleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Deneme konularına göre yetiştirme dönemi boyunca toprak su içeriği değişimleri

Deneme konularına ait mevsimlik bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Tam sulama koşulunda (S1) susamın bitki su tüketimi 449,5 mm olurken, S5 konusunda 246,0 mm olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Deneme konularına ait mevsimlik bitki su tüketimi değerleri

Deneme Konuları	Uygulana Sulama Suyu (I, mm)	Yağış (P, mm)	Mevsimlik bitki su tüketimi (ETc, mm)
S1	354,7	127,7	449,5
S2	297,7	127,7	392,6
S3	240,8	127,7	349,9
S4	183,9	127,7	301,9
S5	127,0	127,7	246,0

Derviş (1986), Çukurova'da ikinci ürün susamın mevsimlik bitki su tüketimini belirlemek için yaptığı çalışmada susamın mevsimlik su tüketimini 464,6 mm olarak bulmuştur. Baştuğ ve ark. (2016), Antalya koşullarında yaptıkları çalışmada ikinci ürün susamda lizimetre koşullarında susam bitkisinin mevsimlik su tüketimini araştırmışlar, damla sulama için 164,9-527,5 mm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmadaki bitki su tüketimi değerleri yukarıdaki çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

Derviş (1981), Çukurova'da yaptığı diğer bir çalışmada susam bitkisinin mevsimlik su tüketimini 396,4 mm olarak tespit etmiştir. Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova'da yaptıkları çalışmada ikinci ürün susamın mevsimlik bitki su tüketim değerlerini 146,3-628,3 mm olarak tespit etmişlerdir. Yukarıdaki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla bu çalışmada elde edilen bitki su tüketimi miktarlarında meydana gelen farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesine bağlanabilir.

4.3. Verim, Verim Bileşenleri ve Kalite Özellikleri

4.3.1. Bitki Boyu

Denemeden elde edilen susam bitki boyu verilerine uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4'te ve deneme konularından elde edilen ortalama bitki boyu değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar da Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bitki boylarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, %1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır. Denemeden elde edilen verilere göre 5 farklı grup oluşmuştur. Denemede en yüksek bitki boyu 140,8 cm ile S1 konusunda, en düşük bitki boyu ise 91,0 cm ile S5 konusundan (susuz) elde edilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında sulama ile susam bitkisinin boyu artmaktadır.

Çizelge 4.4. Bitki boyu yüksekliği varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	28,9653	14,483	1,20 ^{öd}
Konu	4	4449,8827	1112,471	92,37**
Hata	8	96,3413	12,043	
Genel	14	4575,1983	326,800	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.5. Bitki boyu yüksekliği LSD testi sonuçları

Konu	Bitki Boyu (cm)
S ₁	140,8 a ¹
S ₂	130,8 b
S ₃	118,3 c
S ₄	109,6 d
S ₅	91,0 e
LSD _{0,05}	6,534

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

El-Lattief (2015), Mısır’da yaptığı denemede, üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11’er gün ara ile) bitki boyunu 142,6-118,7 cm arasında bulmuştur. Bu çalışmada elde edilen bitki boyu değerleri yukarıdaki çalışma ile paralellik göstermektedir.

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da ikinci ürün susam için yaptıkları çalışmada susamın bitki boyu değerlerini 127-184 cm arasında tespit etmişlerdir. Nadeem ve ark. (2015), Pakistan’da killi-tınlı bir bünyeye sahip arazide yaptıkları çalışmada 4 farklı sulama konusunda bitki boylarını 103,3-83,78 cm arasında bulmuşlardır. Baştuğ ve ark. (2016), Antalya’da kumlu bir toprak yapısına sahip arazide, lizimetre koşullarında damla ve karık sulama yöntemleri kullanılarak yaptıkları çalışmada en yüksek bitki boylarının 102-114 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Gerçek ve ark. (2004), Şanlıurfa’da 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışmada yağmurlama ve damla sulama yöntemlerini karşılaştırmışlar, bitki boyu değerlerini 95-112 cm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bitki boylarında meydana gelen farklılıklar bitki çeşidi, iklim faktörleri ve sulama programlarındaki farklılıklara bağlanabilir.

4.3.2. Yan Dal Sayısı

Araştırmada deneme konularından elde edilen yan dal sayısı verilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Sonuç olarak %1 düzeyde önemli farklılıklar bulunmuştur. Yapılan LSD testi sonucuna göre dört farklı grup oluşmuştur. (Çizelge 4.7).

Deneme konularından elde edilen verilere göre en yüksek yan dal sayısı 3,6 adet bitki⁻¹ ile S1 sulama konusundan elde edilirken, en düşük yan dal sayısı 1,2 adet bitki⁻¹ ile S5 konusundan elde edilmiştir. Yan dal sayısı değerleri sulama düzeyinin artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

Çizelge 4.6. Yan dal verimi varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,0280000	0,014	0,25 ^{öd}
Konu	4	9,3466667	2,337	41,98 ^{**}
Hata	8	0,4453333	0,056	
Genel	14	9,8200000	0,701	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.7. Yan dal sayısı LSD testi sonuçları

Konu	Yan dal sayısı (adet bitki ⁻¹)
S ₁	3,6 a
S ₂	2,9 b
S ₃	2,6 bc
S ₄	2,2 c
S ₅	1,2 d
LSD _{0,05}	0,444

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada susamın yan dal sayısı değerlerini 3,03-5,43 adet olarak tespit etmişlerdir. El-Lattief (2015) Mısır’da yaptığı çalışmada, üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11’er gün ara ile sulama) yan dal sayısı değerlerini 1,82-2,35 adet arasında ölçmüştür. Gerçek ve ark. (2004) Şanlıurfa’da 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışmada yağmurlama ve damla sulama yöntemlerini karşılaştırmışlar, yan dal sayısı değerlerinin 3,57-4,62 adet arasında değişmekte olduğunu belirlemişlerdir. Yan dal sayısı değerlerinde meydana gelen farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesi olabilir.

4.3.3. İlk Kapsül Yüksekliği

Yapılan araştırmada deneme konularından elde edilen susam bitkilerindeki ilk kapsül yüksekliği verilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, sulama uygulamalarının ilk kapsül yüksekliği değerleri üzerine etkisi

P<0,01 düzeyinde önemli olmuştur. Yapılan LSD testi sonucu da Çizelge 4.9'da verilmiş, dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.8'e bakıldığında ilk kapsül yüksekliğinin en fazla olduğu değer 64,0 cm ile S1 konusundan elde edilmiştir. En düşük değer ise 41,0 cm ile susuz konudan elde edilmiştir. Sulama seviyesi azaldıkça ilk kapsül yüksekliği değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.8. İlk kapsül yüksekliği varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	1,34400	0,672	0,1008 ^{öd}
Konu	4	553,08267	138,271	20,7344 ^{**}
Hata	8	53,34933	6,69	
Genel	14	607,77600	43,413	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.9. İlk Kapsül Yüksekliği LSD testi sonuçları

Konu	İlk kapsül yüksekliği (cm)
S ₁	60,9 a
S ₂	56,4 ab
S ₃	52,2 bc
S ₄	48,0 cd
S ₅	43,7 d
LSD _{0,05}	4,862

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

El-Lattief (2015) tarafından Mısır'da susam bitkisi için yapılan çalışmada, üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11'er gün ara ile sulama) elde edilen ilk kapsül yüksekliği değerleri 56,0-63,8 cm arasında değişmiştir. Bu çalışmada tam sulama koşulu altında elde edilen ilk kapsül yüksekliği değerleri yukarıdaki çalışma ile paralellik göstermektedir.

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada susamın ilk kapsül yüksekliği değerlerini 33,7-42,1 cm arasında bulmuşlardır. İlk kapsül yüksekliği değerlerinde meydana gelen farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri ve sulama programlarındaki farklılıklara bağlanabilir.

4.3.4. Kapsül Sayısı

Araştırmada deneme konularından elde edilen kapsül sayılarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Sonuç olarak %1 düzeyde önemli farklılıklar bulunmuştur. Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiş, dört farklı grup oluştuğu görülmüştür.

Denemede en yüksek kapsül sayısı değeri S1 tam sulama konusunda 59,3 adet bitki⁻¹ iken en düşük kapsül sayısı değeri ise susuz konu olan S5’te 40,3 adet bitki⁻¹ olmuştur. Sulama düzeyleri kapsül sayısı değerlerini önemli bir şekilde etkilemiştir.

Çizelge 4.10. Kapsül sayısı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	7,93600	3,968	0,9225 ^{öd}
Konu	4	739,95733	184,989	43,0074 ^{**}
Hata	8	34,41067	4,301	
Genel	14	782,30400	55,879	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.11. Kapsül sayısı LSD testi sonuçları

Konu	Kapsül sayısı (adet/bitki)
S ₁	59,3 a
S ₂	57,7 a
S ₃	53,3 b
S ₄	47,0 c
S ₅	40,3 d
LSD _{0,05}	3,905

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

El-Lattief (2015) Mısır’da üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11’er gün ara ile sulama) bitki başına kapsül sayısı değerlerinin 52-64,2 adet bitki⁻¹ olarak değiştiğini belirlemiştir. Bu çalışmada belirlenen kapsül sayısı değerleri ile yukarıdaki çalışmada bulunan değerler arasında paralellik bulunmaktadır.

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada susam bitkisinde kapsül sayısı değerlerini 128-295 adet bitki⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Gerçek ve ark. (2004), Şanlıurfa’da 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışmada yağmurlama ve damla sulama yöntemlerini karşılaştırmışlar ve bitki başına kapsül değerlerinin 89-103 adet arasında değiştiğini bulmuşlardır. Kapsül sayısı değerlerinde meydana gelen farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri ve sulama programlarındaki farklılıklara bağlanabilir.

4.3.5. Kapsüldeki Tane Sayısı

Yürütülen çalışmada deneme konularında elde edilen kapsüldeki tane sayısı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama uygulamalarının kapsüldeki tane sayısına etkisi %1 önem düzeyindedir. Yapılan LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.13’te verilmiştir. Yapılan testte dört farklı grup oluşmuştur. Araştırma sonucunda deneme konularından elde edilen kapsülde tane sayıları uygulanan sulama suyu miktarları ile artmıştır. Kapsül başına en yüksek tane sayısı değeri 61,3 ile S1 konusundan elde edilirken en düşük tane sayısı ise 47,3 ile S5 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. Kapsüldeki tane sayısı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	5,20000	2,600	0,5270 ^{öd}
Konu	4	342,93333	85,733	17,3784 ^{**}
Hata	8	39,46667	4,933	
Genel	14	387,60000	27,686	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.13. Kapsüldeki tane sayısı LSD testi sonuçları

Konu	Kapsüldeki tane sayısı (adet kapsül ⁻¹)
S ₁	61,3 a
S ₂	58,7 ab
S ₃	56,0 bc
S ₄	53,7 c
S ₅	47,3 d
LSD _{0,05}	4,182

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Bürkük (2019) yaptığı çalışmada Diyarbakır koşullarında tescilli bazı susam çeşitlerinin tarımsal kalite ve özelliklerini incelemiş, yörede yetişen susam çeşitlerinin kapsüldeki tohum sayılarını Cumhuriyet-99'da 81,66 adet, Hatipoğlu çeşidinde ise 66,24 adet olarak bulmuştur. Hatipoğlu çeşidi tane sayısı bu çalışmayla paralel iken, Cumhuriyet-99 çeşidi paralel değildir. Bu farklılık susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesine bağlanabilir.

4.3.6. Bin Tane Ağırlığı

Denemeden elde edilen susam bitkisi bin tane ağırlığı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, konular arasındaki farklılıklar %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuş, bloklar arası fark önemsiz bulunmuştur. Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15'e bakıldığında, en yüksek bin tane ağırlığı değeri 3,87 g ile S1 sulama konusundan elde edilirken, en düşük bin tane ağırlığı değeri 2,97 g ile S5 konusundan elde edilmiştir. Sulama düzeyleri azaldıkça bin dane ağırlığının da azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.14. Bin tane ağırlığı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,0173333	0,009	0,2063 ^{öd}
Konu	4	1,5000000	0,375	8,9286 ^{**}
Hata	8	0,3360000	0,042	
Genel	14	1,8533333	0,135	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.15. Bin tane ağırlığı LSD testi sonuçları

Konu	Bin tane ağırlığı (g)
S ₁	3,87 a
S ₂	3,67 ab
S ₃	3,43 bc
S ₄	3,23 cd
S ₅	2,97 d
LSD _{0,05}	0,386

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

El-Lattief (2015) Mısır'da yaptığı çalışmada, üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11'er gün ara ile) bin tane ağırlığı değerlerini 2,840-3,405 g arasında bulmuştur. Naim ve ark. (2010), Sudan'da 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada bin tane ağırlığı değerlerini 2,9-3,6 g arasında belirlemişlerdir. Eskandari ve ark. (2009), İran'da ikinci ürün susam için 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada bin tane ağırlığı değerlerini 2,55-3,55 g arasında bulmuşlardır. Ebrahimian ve ark. (2019), Azerbaycan'da yaptıkları çalışmada bin tane ağırlığı değerlerini 2,1-3,2 g arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ki değerler yukarıdaki çalışmalarda elde edilen değerlerle paralellik göstermektedir.

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova'da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada susam bitkisinde bin tane ağırlığı değerlerini 3,59-4,03 g olarak bulmuşlardır. Bu farklılığın sebebi susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri ve sulama programlarındaki farklılıklar olabilir.

4.3.7. Tane Verimi

Tam ve kısıntılı sulama konularında elde edilen ikinci ürün susam tane verimi ortalama değerlerine uygulanan varyans analizi ve LSD testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre sulama konuları arasında %1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar olduğu saptanırken tekrarlar arasında farklılık gözlemlenmemiştir.

Denemeden elde edilen verilere göre 5 farklı grup oluşmuştur. En yüksek verim 189,2 kg da⁻¹ ile S1 konusundan elde edilmiş, en düşük verim değeri ise 76,3 kg da⁻¹ ile susuz konudan (S5) elde edilmiştir. Sulama düzeyi azaldıkça dekara verim değerlerinin de azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.16. Tane verimi varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	170,817	85,409	0,758 ^{öd}
Konu	4	24656,151	6163,538	54,724 ^{**}
Hata	8	901,029	112,629	
Genel	14	25725,997	1837,571	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.17. Tane verimi LSD testi sonuçları

Konu	Tane verimi (kg da ⁻¹)
S ₁	189,2 a ¹
S ₂	169,0 b
S ₃	138,1 c
S ₄	109,0 d
S ₅	76,3 e
LSD _{0,05}	19,982

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Derviş (1986), Çukurova’da ikinci ürün susamın tane verimini 166,8 kg da⁻¹ olarak bulmuştur. Baştuğ ve ark. (2016), Antalya koşullarında 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada, ikinci ürün susamda lizimetre koşullarında damla sulama konuları, karık sulama ve susuz konu için ilk yıl sırasıyla 207-75,7 kg da⁻¹, 216 kg da⁻¹, 40,7 kg da⁻¹, ikinci yıl için ise 201,3-64,7 kg da⁻¹, 206,4 kg da⁻¹ ve 30,3 kg da⁻¹ tane verimi değerleri elde etmişlerdir. Ebrahimian ve ark. (2019), Azerbaycan’da yaptıkları çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabı kullanmışlar ve tane verimi değerlerini 1 275-1 641 kg ha⁻¹ olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada elde edilen verim değerleri yukarıdaki çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada susamın tane verimini 112-253 kg da⁻¹ aralığında bulmuşlardır. Derviş (1981), Çukurova’da yaptığı çalışmada susam bitkisinin tane verimini 164 kg da⁻¹ olarak tespit etmiştir. Naim ve ark. (2010), Sudan’da yarı kurak ve killi bir toprak yapısına sahip bölgede 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada tane verimini 97,5-418,8 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. Eskandari ve ark. (2009), İran’da ikinci ürün susamda 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından 100 mm su buharlaştığı zaman sulama yapılan konuda 163,9 kg da⁻¹ ile en yüksek verimi saptamışlar, en düşük verim ise 58,8 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. El-Lattief (2015), Güney Mısır’da kum bünyeye sahip topraklarda yaptığı çalışmada 7 gün aralıklarla yapılan sulamada 154,1 kg da⁻¹ ile en yüksek tane verimine ulaşırken en düşük verimi ise 109,1 kg da⁻¹ ile 11 gün

aralıklarla yapılan sulamalardan elde etmiştir. Tantawy ve ark. (2007), Mısır’da yürüttükleri çalışmada en yüksek tane verimini 147 kg da⁻¹ ile Shandaweel 3 çeşidinden elde ederlerken en düşük tane verimini 103 kg da⁻¹ ile Giza 32 çeşidinden elde etmişlerdir. Hailu ve ark. (2018), Etiyopya’da 3 yıl süre ile yaptıkları çalışmada, karık sulama yöntemlerini kullanmışlar, tane verimi değerlerini 116,4-139,2 kg da⁻¹ arasında bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla bu çalışmada elde edilen tane veriminde meydana gelen farklılıklar iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesine bağlanabilir.

4.3.8. Protein Oranı ve Verimi

Çalışmada incelenen kalite parametrelerinden birisi olan protein oranına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Kısıntılı sulamanın protein oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Konulara göre protein oranı ortalama değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek protein oranı %20,4 ile S5 sulama konusundan elde edilirken, en düşük protein oranı değeri ise %18,6 ile S2 sulama konusundan elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre su kısıntı düzeyi arttıkça protein oranının arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.18. Protein oranı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,5352533	0,268	0,4930 ^{öd}
Konu	4	6,4759600	1,619	2,9825 ^{öd}
Hata	8	4,342680	0,543	
Genel	14	11,353893	0,811	

Çizelge 4.19. Protein oranı verimi LSD testi sonuçları

Konu	Protein oranı (%)
S ₁	19,0
S ₂	18,6
S ₃	18,7
S ₄	19,3
S ₅	20,4
LSD _{0,05}	-

El-Lattief (2015) Mısır'da üç farklı sulama rejiminde (7,9 ve 11'er gün ara ile) elde ettiği protein oranı sonuçlarına göre, konular arasında önemli farklılıklar bulmadığını belirtmiş ve protein oranı değerlerini %20,0-20,9 olarak belirlemiştir. Bu çalışmadan elde edilen protein oranı sonuçları yukarıdaki çalışma ile paralellik göstermektedir.

Baştuğ ve ark. (2016), Antalya'da lizimetre koşullarında damla ve karık sulama yöntemleri kullanılarak yaptıkları çalışmada, en yüksek protein oranını damla sulama yöntemi altında tam sulama konusunun %25'i düzeyinde sulamada %24,23 ile elde ederlerken, en düşük protein oranını %17,47 ile damla sulama yöntemi ile sulanan tam sulama konusundan elde etmişlerdir. Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova'da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada protein oranını %24,3-%27,7 olarak belirlemişler, gelişme dönemlerine göre yapılan sulamaların protein oranı üzerine etkisini istatistiksel olarak önemsiz bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmada elde edilen istatistiksel sonuç bu çalışmada elde edilen sonuç ile paralellik göstermiştir. Eskandari ve ark. (2009), İran'da 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada en yüksek protein oranını A sınıfı kaptan 250 mm su buharlaştığında yapılan sulamada %28,89 olarak tespit etmişler, en düşük protein oranı ise %18,86 ile susuz konuda bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmalarda belirlenen protein oranı değerleri bu çalışma ile farklılık göstermektedir. Bunun sebepleri susam çeşidi, iklim, sulama programlarındaki farklılıklar ve ikinci ürün olarak ekime bağlanabilir.

Protein verimine ilişkin varyans analizi sonuçları da Çizelge 4.20'de ve LSD testi sonuçları ise 4.21'de verilmiştir. En yüksek protein verimi değeri 35,8 kg da⁻¹ ile S1 sulama konusundan elde edilirken en düşük protein verimi değeri 15,5 kg da⁻¹ ile S5

konusundan elde edilmiştir. Sulama düzeyi azalıkça tane verimi azalışına bağlı olarak protein veriminin azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.20. Protein verimi varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	6,74800	3,374	1,3796 ^{öd}
Konu	4	783,46267	195,866	80,0869 ^{**}
Hata	8	19,56533	2,446	
Genel	14	809,77600	57,841	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.21. Protein verimi LSD testi sonuçları

Konu	Protein verimi (kg da ⁻¹)
S ₁	35,8 a
S ₂	31,4 b
S ₃	25,8 c
S ₄	21,1 d
S ₅	15,5 e
LSD _{0,05}	2,945

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Eskandari ve ark (2009), İran’da 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada, en yüksek protein verimini 33,8 kg da⁻¹ ile A sınıfı kaptan 150 mm su buharlaştığında sulama yapılan konuda elde ederlerken, en düşük protein verimini 16,8 kg da⁻¹ ile her 300 mm su buharlaştığında yapılan sulamalardan elde etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen protein verimleri yukarıdaki çalışmada elde edilen değerler ile paralellik göstermektedir.

Ekinci (2018) yaptığı çalışmada, Kahramanmaraş koşullarında ana ürün susam yetiştirmiş, Muganlı-57 çeşidini kullanmış ve protein verimini 13,04 kg da⁻¹ olarak bulmuştur. Protein veriminde meydana gelen bu farklılık susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesi olabilir.

4.3.9. Yağ Oranı ve Verimi

Araştırmada incelenen yağ oranına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiş ve kısıntılı sulamanın yağ oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Konulara göre yağ oranı sonuçları ise Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre en yüksek ham yağ oranı %62,6 ile S3 konusundan elde edilirken, en düşük yağ oranı %56,3 ile S5 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.22. Ham yağ oranı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	19,545213	9,773	0,8443 ^{öd}
Konu	4	74,972467	18,743	1,6193 ^{öd}
Hata	8	92,59645	11,575	
Genel	14	187,11413	13,365	

Çizelge 4.23. Ham yağ oranı LSD testi sonuçları

Konu	Yağ oranı (%)
S ₁	58,3
S ₂	60,2
S ₃	61,4
S ₄	62,6
S ₅	56,3
LSD _{0,05}	-

Anğın ve Çatalkaya (2019), Çukurova’da ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada susam bitkisinde yağ oranını %53,1-55,9 olarak belirlemişler ve gelişim dönemlerine göre yapılan sulamaların yağ oranı üzerine etkisini istatistiksel olarak önemsiz bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmada elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar paralellik göstermiştir.

El-Lattief (2015) Mısır’da üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11’er gün ara ile sulama) en yüksek yağ oranını %51,2 ile 11 günde bir yapılan sulamalardan elde ederken, en düşüğünü %50,9 ile 9 günde bir yapılan sulamalardan elde etmiştir. Eskandari ve ark. (2009), İran’da 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada en yüksek oranını %54,92 ile A

sınıfı kaptan 150 mm su buharlaştığında yapılan sulamalardan elde ederlerken en düşük yağ oranını %38,3 ile 300 mm su buharlaştığında yapılan sulamalardan elde etmişlerdir. Baştuğ ve ark. (2016), Antalya’da lizimetre koşullarında damla sulama yöntemi ile yaptıkları çalışmada en yüksek yağ içeriğini %52,87 ile tam sulama konusundan elde ederlerken, en düşük yağ içeriğini %44,76 ile susuz konudan elde etmişlerdir. Ebrahimian ve ark. (2019) Azerbaycan’da yaptıkları çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabı kullanmışlar ve susamın yağ oranını %34,2-35,6 arasında bulmuşlardır. Yağ oranında meydana gelen farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri ve sulama programlarındaki farklılıklara bağlanabilir.

Yağ verimine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24’te, LSD testine ilişkin sonuçlar ise Çizelge 4.25’te verilmiştir. Araştırmada yağ veriminde %1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Sonuç olarak 4 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. Araştırmada en yüksek yağ verimi 109,9 kg ile S1 konundan elde edilirken, en düşük yağ verimi 43,0 kg ile S5 konusundan elde edilmiştir. Sonuçlara göre sulama düzeyi azaldıkça tane verimindeki azalmaya bağlı olarak yağ veriminin azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.24. Ham yağ verimi varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	31,2520	15,626	0,4012 ^{öd}
Konu	4	8629,7640	2157,441	55,3886 ^{**}
Hata	8	311,6080	38,951	
Genel	14	8972,6240	640,902	

^{öd}: önemli değil

^{**}: p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.25. Ham yağ verimi LSD testi sonuçları

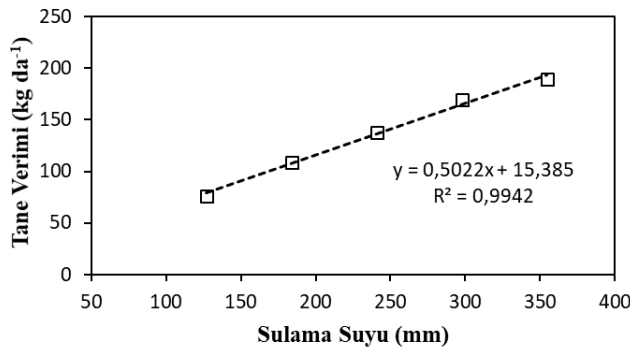
Konu	Ham yağ verimi (kg da ⁻¹)
S ₁	109,9 a
S ₂	101,5 a
S ₃	84,8 b
S ₄	68,2 c
S ₅	43,0 d
LSD _{0,05}	11,751

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

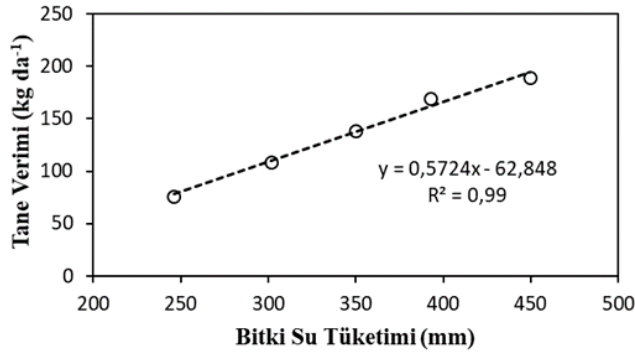
El-Lattief (2015) Mısır’da üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11’er gün ara ile sulama) en yüksek ham yağ verimini 78,8 kg da⁻¹ ile 7 günde bir yapılan sulamalardan elde ederken, en düşük ham yağ verimini 55,9 kg da⁻¹ ile 11 günde bir yapılan sulamalardan elde etmiştir. Eskandari ve ark (2009), İran’da 2 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada en yüksek yağ verimini 74,4 kg da⁻¹ ile A sınıfı kaptan her 150 mm su buharlaştığında yapılan sulamalardan, en düşük yağ verimini ise 22,4 kg da⁻¹ ile her 300 mm su buharlaştığında yapılan sulamalardan elde etmişlerdir. Ebrahimian ve ark. (2019), Azerbaycan’da yaptıkları çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabı kullanmışlar ve ham yağ verimlerini 43,6-58,3 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. Ham yağ verimlerinde meydana gelen farklılıklar susam bitkisi çeşidi, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesine bağlanabilir.

4.4. Su-Verim İlişkileri

Denemeden elde edilen tane verimi ile konulara uygulanan sulama suyu düzeyleri arasındaki ilişki Şekil 4.3’te, tane verimi ile bitki su tüketimi sonuçları arasındaki ilişki de Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.3. Sulama suyu miktarı ve tane verimi arasındaki ilişki



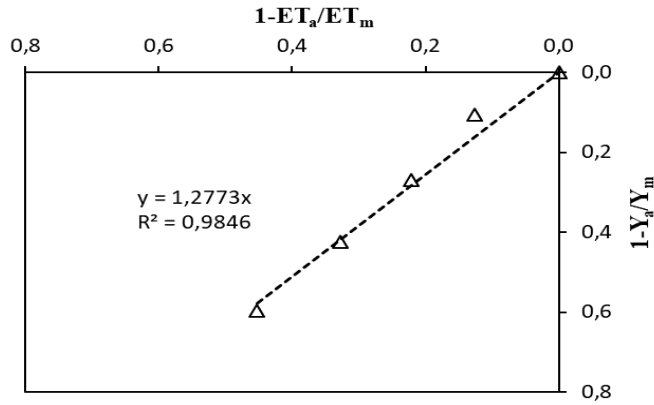
Şekil 4.4. Bitki su tüketimi ve tane verimi arasındaki ilişki

Sonuçlara bakıldığında araştırma konularına göre sulama suyu ve bitki su tüketimi ile tane verimi değerleri arasındaki doğrusal ilişkilerin $p < 0,01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Bu koşulda, araştırmanın sulama seviyelerine ait oransal su tüketimi eksilişi ($1 - ET_a/ET_m$) ve oransal tane verimi azalışı ($1 - Y_a/Y_m$) sonuçları bulunmuş (Çizelge 4.26), verim tepki etmeni Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.26. Susam bitkisinde oransal su tüketimi ve tane verimindeki azalışlar

Konular	$1 - ET_a/ET_m$	$1 - Y_a/Y_m$
S1	0	0
S2	0,127	0,107
S3	0,222	0,270
S4	0,328	0,424
S5	0,453	0,597



Şekil 4.5. Oransal su tüketimi eksilişi ile tane verimi azalışı arasındaki ilişki

Su eksikliğinin bitkisel üretimdeki verime etkisini gösteren mevsimlik verim tepki etmeni (k_y) susam bitkisi için 1,28 olarak bulunmuştur (Şekil 4.5)

Baştuğ ve ark. (2016), Antalya koşullarında ikinci ürün susamda yaptıkları çalışmada “Muganlı-57” ve “Birkan” çeşitleri için verim tepki etmenini 1,2 olarak bulmuşlardır. Şimşek ve ark. (2003), Şanlıurfa koşullarında 2 yıl süreyle yürüttükleri çalışmada susamın verim tepki etmenini 0,45-1,22 arasında belirlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen mevsimlik verim tepki etmeni değeri yukarıdaki çalışmalarda belirlenen değerlerle paralellik göstermiştir.

4.5. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği

Yarı-nemli iklim şartlarında yetiştirilen ikinci ürün susam bitkisinin, deneme konularına göre su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım (IWUE) etkinlikleri sırasıyla Şekil 4.27’de verilmiştir. WUE ve IWUE değerlerinin sırasıyla konulara göre 0,31-0,43 kg m^{-3} ve 0,50-0,57 kg m^{-3} aralıklarında değiştikleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Su Kullanım Etkinliği ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği Sonuçları

Deneme Konuları	WUE (kg m^{-3})	IWUE (kg m^{-3})
S1	0,42	0,50
S2	0,43	0,54
S3	0,39	0,54
S4	0,36	0,57
S5	0,31	-

Baştuğ ve ark. (2016), Antalya’da ikinci ürün susamda lizimetre ile yaptıkları çalışmada “Muganlı-57” ve “Birkan” çeşitlerini kullanmışlar, WUE değerlerini 0,18-0,41 $\text{kg da}^{-1} \text{mm}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca en yüksek WUE değeri “Muganlı-57” çeşidinden elde edilmiştir. Bu çalışma ile yukarıdaki çalışmanın WUE değerleri paralellik göstermektedir.

Şimşek ve ark. (2003), Şanlıurfa'da yaptıkları çalışmada yerli susam çeşidi kullanmışlar, WUE değerlerini 1,02-1,89 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında bulmuşlardır. Kassab ve ark. (2005), Mısır'da yaptıkları çalışmada damla sulama yöntemi ile susam bitkisini sulamışlar, WUE değerlerini 0,93-0,546 kg m⁻³ olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen WUE değerleri ile yukarıda ki çalışmalarda belirlenen değerler arasındaki farklılık bitki çeşidi, iklim faktörleri, sulama programı farklılıkları ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesine bağlanabilir.

Lattief (2015) Mısır'da üç farklı sulama rejiminde (7, 9 ve 11'er gün ara ile sulama) IWUE değerlerini sırasıyla 0,15, 0,170, 0,135 kg m⁻³ olarak bulmuştur. Hailu ve ark. (2018), Etiyopya'da 3 yıl süre ile yaptıkları çalışmada sulu tarımda susamda su eksikliği ve su uygulama tekniklerini araştırmışlar, IWUE değerlerini 0,994-1,654 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmalarla bu çalışmanın sulama suyu kullanım etkinliği değerleri farklılıklar göstermiştir. Sebebi temel olarak, iklim faktörleri, sulama programlarındaki farklılıklar ve susamın ikinci ürün olarak yetiştirilmesi olabilir.

5. SONUÇ

Yarı-nemli iklim kuşağı içerisinde yer alan Bursa’da damla sulama yöntemiyle sulanan ikinci ürün susam bitkisinde, kısıntılı sulama uygulamalarının, verim ve kalite özellikleri, verim tepki etmeni ve su kullanım etkinliği üzerine etkilerinin ortaya konulmasıyla birlikte en uygun sulama programının belirlenmesi amacıyla yürütülen araştırmanın sonuçları aşağıda özet olarak verilmiştir.

Deneme süresince deneme konularına 127,0-354,7 mm su uygulanmıştır. Mevsimlik bitki su tüketimi ise 246,0-449,5 mm arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları karşılaştırıldığında tam sulama konusu olan S1’e oranla; S2 sulama konusuna %16,0, S3 konusuna %32,1, S4 konusuna %48,1 ve S5 konusuna %64,2 daha az su verilmiştir.

Kısıntılı sulamanın bitki boyu, yan dal sayısı, ilk kapsül yüksekliği, kapsül sayısı, kapsüldeki tane sayısı ve bin tane ağırlığı değerleri üzerine etkileri $P<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Sözü geçen parametreler için en düşük ortalama değerler susuz konudan (S5) elde edilmiş ve uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça ortalama değerler yükselmiştir.

Kısıntılı sulamanın tane verimi, protein verimi ve yağ verimi değerleri üzerine etkileri $P<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, protein oranı ve yağ oranı üzerine etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. En yüksek tane verimi değeri, S1 tam sulama konusundan elde edilmiş ($189,2 \text{ kg da}^{-1}$), en düşük tane verimi ise susuz konu olan S5 konusunda belirlenmiştir ($76,3 \text{ kg da}^{-1}$). Sulama düzeyi arttıkça tane veriminin önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Kalite yönünden, en yüksek protein oranı susuz konudan (%20,4), en düşük protein oranı ise S2 konusundan (%18,6) elde edilmiştir. Diğer kalite özelliği yağ oranı için en yüksek ortalama değer S4 konusundan (%62,6) elde edilirken, en düşük yağ oranı susuz konuda (%56,3) bulunmuştur. Protein ve yağ verimleri ise konulara göre tane verimindeki artışa paralel olarak artış göstermişlerdir.

Deneme sonucunda uygulanan sulama suyu ve bitki su tüketimi ile tane verimi arasında istatistiksel olarak önemli doğrusal ilişkiler ($p<0,01$) belirlenmiş olup, ikinci ürün susam için mevsimlik verim tepki etmeni (k_y) 1,28 olarak bulunmuştur. En düşük su kullanım etkinliği (WUE) değeri S5 konusundan ($0,31 \text{ kg m}^{-3}$) elde edilirken, en yüksek WUE değeri S2 konusunda ($0,43 \text{ kg m}^{-3}$) gerçekleşmiştir. Susamın sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise $0,50\text{-}0,57 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}$ arasında değişmiştir.

Sonuç olarak, ikinci ürün susam bitkisinde en yüksek tane verimine ulaşmak için, her 7 günde bir 0-60 cm toprak derinliğinde tüketilen suyun %100'ünün sulama suyu olarak uygulandığı S1 konusu sulama programı olarak önerilebilir. Su kaynaklarının kısıtlı olması durumunda, WUE ve IWUE değerleri dikkate alınarak S2 sulama programı (%25 su kısıntısı) su tasarrufu açısından tercih edilebilir. Fakat bu koşulda, tane veriminde önemli düzeyde yaklaşık %10,7'lik bir düşüş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bursa koşullarında ikinci ürün susamda kısıtlı sulama işletmeciliğinin oldukça dikkatli planlanması gerektiği ve verim ve verim bileşenleri üzerinde önemli düzeyde etkili olacağı söylenilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, E.N.M., Mahmoud, A. 2010.** Effect of irrigation on consumptive use, water use efficiency and crop coefficient of sesame (*Sesamum indicum L.*). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 2(4), 59-63.
- Akpınar, K. 2017.** Susam Bitkisinin (*Sesamum indicum L.*) Kahramanmaraş Ekolojisiinde Agronomik ve Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, 2017.
- Anğın, N., Çatalkaya, V. 2019.** Çukurova koşullarında 2. ürün susamın farklı gelişim dönemlerinde yapılan sulamaların verim ve yağ kalitesine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24;112-119.sss
- Arioğlu, H. 1999.** Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, 122 s.
- Arioğlu, H. 2007.** Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, 142 s.
- Arioğlu, H. 2016.** Türkiye’de yağlı tohum ve ham yağ üretimi, sorunlar ve çözüm önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2): 357-368.
- Ayas, S., 2007.** Kısıntılı sulanan patatesin su-verim ilişkisi. *Doktora tezi*, UÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bursa.
- Baştuğ, R., Karaca, C., Büyüktaş, D., Aydınşakir, K., Dinç, N. 2016.** Lizimetre koşullarında yetiştirilen susamda (*Sesamum indicum L.*) kısıntılı sulama uygulamalarının bitki su tüketimi, verim ve kalite özelliklerine etkileri. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 2016, Antalya.
- Baydar, H., Turgut, İ. 2000.** Susam (*Sesamum indicum L.*) genetiği ve ıslahı üzerinde araştırmalar 1. bitki tipini belirleyen özelliklerin kalıtımı. *Turk J Biol*, 24(2000): 503-512. (Tübitak)
- Bayramoğlu, E., Ertek, A., Demirel, Ö. 2013.** Su tasarrufu amacıyla peyzaj mimarlığı uygulamalarında kısıntılı sulama yaklaşımı. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 3(7): 45-53.
- Black, C. H., 1965.** Methods of soil analysis. Amer. Soc.of Agro. Madison, Wisconsin, 63-66 p.
- Boydak, E., Kavak, H. 2002.** Şanlıurfa (GAP) koşullarında damla ve yağmurlama sulama yöntemlerinin susamda (*Sesamum indicum L.*) yabancı ot yoğunluğu ve verim üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2): 189-191.

Bürkük, V., 2019. Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Tescilli, Bazı Susam *indicum L.*) Çeşitlerinin Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.

Candoğan, B.N., Sincik, M., Büyükcangaz, H. 2013. Yield, quality and crop water stress index relationship for deficit-irrigation soybean [*Glycine max (L.)* Men.] in sub-humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 118: 113-121.

Candoğan, B.N., Yazgan, S., 2010. The effect of different irrigation levels on vegetative growth of young dwarf cherry trees in a sub-humid climate. *Pakistan Journal of Botany*, 42(5): 3399-3408.

Cürat, D., 2010. Kilis ve yöresinde yetiştirilen yerel susam (*Sesamum indicum L.*) populasyonlarının biyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.

Derviş, Ö., 1981. Çukurova Koşullarında Susam Su Tüketimi. Tarsus Bölge Toprak su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 103, Rapor No: 53, Tarsus.

Derviş, Ö., 1986. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Susamın Su Tüketimi. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın no: 117, Rapor Seri No: 67, Tarsus

Ebrahimian, E., Seyyedi, S.M., Bybordi, A., Damalas, C.A. 2019. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management*. v.218: 149-157.

El Naim, A.M., Ahmed, M.F., Ibrahim, K.A. 2010. Effect of irrigation and cultivar on seed yield, yield's components and harvest index of sesame (*Sesamum indicum L.*) *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4): 492-497.

El-Lattief, E.A.A., 2015. Impact of irrigation intervals on productivity of sesame Under southern egypt conditions. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences*, ISSN: 2278-6252: 1-9.

Eskandari, H., Zehtap-Salmasi, S., Ghassemi-Golezani, K., Gharineh, M.H. 2009. Effects of water limitation on grain and oil yields of sesame cultivars. *WFL Publisher Science and Technology*, Vol. 7 (2): 339-342.

FAO, 2018. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Dünyada susam üretimi. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 24.03.2020).

Garritty, P.D., Watts, D.G., Sullivan, C.Y., Gilley, J.R. 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance: Evapotranspiration-yield relationship, *Agron. J.*, 74: 815-820.

Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., Akbay, C., Uçan, K. 2005. Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus L.*) kısıntılı sulama analizi. *KSÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1): 138-144.

Gençoğlu, C., Yazar, A. 1999. Kısıntılı su uygulamalarının mısır verimine ve su kullanım randımanında etkileri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 (1999): 233-241.

Gerçek, S., Boydak, E., Şimşek, M. 2004. Effect of irrigation methods and row spacing on yield and yield components of sesame (*Sesame Indicum L.*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (12): 2149-2154.

Gerçek, S., Şimşek, M., Kırnak, H., Uçan, K., Boydak, E. 2002. Harran ovası koşullarında susamın su tüketiminin saptanmasında en uygun bitki su tüketim yönteminin belirlenmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2) 2002: 142-152.

Hailu, E.K., Urga, Y.D., Sori, N.A., Borona, F.R., Tufa, K.N. 2018. Sesame yield response to deficit irrigation agriculture, Ethiopia. *International Journal of Agronomy*. V.2018, 6 p.

Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93(1):281-289.

Ivanov, P. 1974. Biochemical differentiation of sunflower varieties as a result of inbreeding. Proc. The 6th int. Sunflower cont. 22-24 july, Bucharest Romania, 232 p.

James, L.G., 1988. Principles of farm irrigation system design, New York, p. 543.

Kadaster, I.E., 1960. Ziraat kimya tatbikatı birinci kitap yem analizleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, No: 113 s. 50-63.

Kadioğlu, M., 2008. Kuraklık risk yönetimi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül, Konya.

Kassab, O.M., El-Noemani, A.A., El-Zeiny, H.A. 2005. Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plants. *Journal of Agronomy*, 4(3): 220-224.

Nadeem, A., Kashani, S., Ahmed, N., Buriro, M., Saeed, Z., Mohammad, F., Ahmed, S. 2015. Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum L.*) under the influence of planting geometry and irrigation regimes. *American Journal of Pant Sciences*, (6): 980-986.

Naim, A., Ahmed, M., İbrahim, K. 2010. Effect of Irrigation and Cultivar on Seed Yield, Yield's Components and Harvest Index of Sesame (*Sesamum indicum L.*) *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4): 492-497.

Oktem, A., Şimşek, M., Oktem, A.G. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea Mays Saccharata Sturt*) with drip irrigation system in a semi arid region I. water-yield relationship. *Agric, Water Management*, 61:63-74.

Onurlubaş, H.E., 2007. Türkiye’de bitkisel yağ sanayindeki gelişmeler ve geleceğe yönelik beklentiler. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Ankara.

Orta, A.H., Erdem, Y., Erdem, T., Şener, M. 2001. Trakya bölgesinde tarımı yapılan kültür bitkilerinin sulama programlarının oluşturulmasında açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanma olanakları. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 97-104.

Pomeranz, Y., Clifton, E. 1994. Food analysis theory and practice, 3rd ed., Kluwer Academic Publisher, San Diego, pp. 689-692.

Purseglove, J.W. 1977. Tropical crops: Dicotyledons. Longman Group, London, Third Editioni London, 719 p. [Monograph of tropical crops belonging to the Dicotyledons, including sesame ecology, struvture, land husbandry and major diseases].

Stewart, J.I., Hagan, R.M., Pruitt, W.O. 1976. Production functions and predicted irrigations programs for principal crops as required for water resources planning and increased water use efficiency. Tech. Bureau Recl. No: 14-06-D. 7329, USA, p. 80.

Şahin, G. 2014. Türkiye’de üretimi azalan önemli bir yağ bitkisi susam. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırma Dergisi*. 3(2): 404-433.

Şehirali, S., Erdem, T., Erdem, Y., Kenar, D. 2005. Damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) su kullanım özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (2): 212-216.

Şimşek, M., Boydak, E., Kırnak, H., Gerçek, S., Kasap, Y. 2003. Susam bitkisinde farklı sulama ve sıra aralıklarında yağmurlama sulamanın su-verim ilişkisine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(2): 136-142.

Tan, A. 2012. Susam Tarımı. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 146, s. 2-15 İzmir

Tan, Ş. 2015. Susam tarımı. Gıda Tarım ve Hayvancılısssk Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Gıda *Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Çiftçi Broşürü*, No:135.

Tantawy, M.M., Ouda, S.A., Khalil, F.A. 2007. Irrigation optimization for different sesame varieites grown under water stress conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(1): 7-12.

Turan, Z.M., 1995. Araştırma ve deneme metotları.Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları. No:62, Bursa, 302 s.

Tüzüner, A. 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 180 s.

Yazar, A., Howell, T.A., Dusek, D.A., Copeland, S. 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn, *Irrigation Science*, 18: 171-180.

Yazgan, S., Büyükcangaz, H., Demirtaş, Ç., Candoğan, B.N. 2004. Genç kiraz ağaçlarında (*Prunus avium*) farklı sulama programlarının vejetatif gelişme parametreleri ve bitki su tüketimi üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 1-12.

Yıldırım, O. 2013. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı: 546, Yayın No: 1594, Ankara, 367 s.

TÜİK, 2018. Türkiye istatistik kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=ya%C4%9Fl%C4%B1%20tohumlar>. (Erişim tarihi: 24.03.2020).

FAO, 2018. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Dünyada susam üretimi. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 24.03.2020).

