

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YÜZEYALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN KURU FASULYEDE
FARKLI SU UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ceren GÖRGİŞEN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI

**ANKARA
2021**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

YÜZEYALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN KURU FASULYEDE FARKLI SU UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ceren GÖRGİŞEN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

Bu çalışma yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanılarak kuru fasulyede farklı su uygulamalarının, su üretkenliğine (WUE), sulama suyu üretkenliğine (IWUE), suyun ekonomik üretkenliğine (EWUE), verim, kalite parametreleri ve teknolojik değerlere olan etkisini belirlenmeyi amaçlamıştır. Araştırma 2018 ve 2019 yıllarında Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsünde yürütüldü. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kuruldu. Sulama uygulamalarında FAO Penman - Monteith eşitliğinden yararlanılarak referans bitki su tüketimi hesaplanıp bitki katsayısı ile düzeltilerek fasulye bitki su tüketimine (ET_c) dönüştürülmüştür. Birikimli ET_c değerleri, 60 cm toprak derinliğindeki elverişli kapasitenin % 20 (±5)'sini geçmeyecek şekilde ve birikimli ET_c'nin farklı düzeyleri sulama suyu olarak uygulanmıştır. Araştırmada sulama konuları S100:%100ET_c, S75:%75 ET_c, S50:%50 ET_c ve S25:%25 ET_c olacak şekilde oluşturulmuştur. Fasulyede yüzeyaltı damla sulama sisteminde farklı sulama uygulamaların verim, kalite ve teknolojik değerlere olan etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Araştırmanın yürütüldüğü yıllara göre sulama suyu miktarları 2018 yılında 94 - 314 mm arasında, 2019 yılında ise 96 - 307 mm arasında bulunmuştur. Mevsimlik bitki su tüketimleri ise 2018 yılında 367 - 496 mm, 2019 yılında 306 - 447 mm arasında olmuştur. 2018 ve 2019 yıllarında sulama konularına göre ortalama kuru fasulye verimleri sırasıyla 151, 142, 115 ve 95 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimlik verim tepki etmeni (ky) değeri 1.16 olarak bulunmuştur. Sulama konularına göre 2018 ve 2019 yılları ortalaması WUE değerleri 0.33, 0.34, 0.32 ve 0.29 kg m⁻³, IWUE değerleri 0.49, 0.60, 0.69 ve 1.00 kg m⁻³, EWUE değerleri 0.7, 0.7 0.1 ve -0.98 TL m⁻³ olarak belirlenmiştir.

Ağustos 2021, 129 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yüzeyaltı damla sulama, Kuru fasulye, Evapotranspirasyon, Kısıtlı sulama

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

EVALUATION OF DIFFERENT WATER APPLICATIONS IN DRY BEANS IRRIGATED BY SUBSURFACE DRIP IRRIGATION SYSTEM

Ceren GÖRGİŞEN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

This study was aimed to determine the effects of different water applications on water productivity (WP), irrigation water productivity (WP_{irg}), the economic productivity of water (EWP), yield, quality parameters, and technological values in dry beans by using a subsurface drip irrigation system. The research was carried out at the Sugar Institute in 2018 and 2019 years. The experiment was set up in a randomized block design with 3 replications. In irrigation applications, reference crop evapotranspiration was calculated using the FAO Penman - Monteith equation and converted to bean crop evapotranspiration (ET_c) by correcting it with the crop coefficient. The cumulative ET_c values did not exceed 20% (± 5) of the available water capacity at 60 cm soil depth and different levels of cumulative ET_c were applied as irrigation water. In the research, irrigation treatments were formed as S100: 100% ET_c, S75: 75% ET_c, S50: 50% ET_c and S25: 25% ET_c. The effect of different irrigation level applications on bean yield-quality and technological values in the subsurface drip irrigation system was found statistically significant ($p < 0.05$). According to the years, irrigation water amounts were varied between 94 - 314 mm in 2019 and 96 - 307 mm in 2018. Actual evapotranspiration (ET_a) was calculated as 367 - 496 mm in 2018 and 306 - 447 mm in 2019. According to irrigation levels, the average dry bean yields in 2018 and 2019 were found as 151, 142, 115, and 95 kg da⁻¹, respectively. The yield response factor (ky) value was found as 1.16. According to irrigation treatments, two-years average WP values were determined as 0.33, 0.34, 0.32 and 0.29 kg m⁻³, WP_{irg} 0.49, 0.60 0.69 and 1.00 kg m⁻³, EWP 0.7, 0.7 0.1 and -0.98 TL m⁻³ respectively.

August 2021, 129 pages

Key Words: Subsurface drip irrigation, dry bean, evapotranspiration, deficit irrigation

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Akademik hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen danışman Hocam Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM'a, tezin her aşamasına destek veren tez izleme komitesindeki Hocalarım Prof. Dr. Süleyman KODAL'a ve Doç. Dr. İsmail TAŞ'a teşekkür ederim.

Savunma jürimde yer alan değerli hocalarım Prof. Dr. Öner ÇETİN'e ve Prof. Dr. Engin YURTSEVEN'e katkıları için teşekkür ederim.

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü döneminde proje çalışmalarının yürütülmesine imkân sağlayan Doç. Dr. Aynur ÖZBAHÇE'ye ve tüm Enstitü çalışanlarına teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütüldüğü Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Şeker Enstitüsü'nden Ayşegül BOYACIOĞLU'na, Dr. Koç Mehmet TUĞRUL'a, Atakan ÇELİK'e, Davut KORUCU'ya ve tüm Enstitü çalışanlarına teşekkür ederim.

Araştırmanın her aşamasında birlikte yol aldığım değerli araştırmacı arkadaşlarım Dr. Gonca KARCA BİLGİN, Tuğba YETER'e ve Dr. Cenk AKŞİT'e, sulama sisteminin araziye kurulmasında emeği geçen Çağlar Özkan SEZER'e, Özlem POLAT'a, Hasan Hüseyin AKYOL'a arazi çalışmalarında yardım eden Rohat GÜLTEKİN'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini üzerimden hiç esirgemeyen annem Münevver ÖZEL'e, babam Saip YENİCİ'ye ve kardeşim Cemre ASLANTÜRK'e, kayınvalidem Nurten GÖRGİŞEN'e ve kayınpederim Fehmi GÖRGİŞEN'e teşekkür ederim.

Ve...

Her konuda maddi ve manevi en büyük destekçim sevgili eşim İsmail GÖRGİŞEN'e oğullarım Emir ve Enes'e fedakârlıkları için sonsuz teşekkür ederim.

Ceren GÖRGİŞEN
Ankara, Ağustos 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	15
3.1 Materyal.....	15
3.1.1 Deneme alanı tanımı	15
3.1.2 Deneme alanı iklim özellikleri	16
3.1.3 Deneme alanı toprak özellikleri.....	17
3.1.4 Sulama suyu özellikleri.....	19
3.1.5 Bitki materyali özellikleri.....	21
3.1.6 Araştırmada kullanılan ekipmanlar	22
3.1.6.1 Toprak su içeriği ölçümü	22
3.1.6.2 Meteoroloji istasyonu	23
3.1.6.3 Sulama sisteminin özellikleri ve kurulumu	23
3.2 Yöntem.....	29
3.2.1 Deneme deseni ve konuları	29
3.2.2 Tarımsal uygulamalar ve gözlemler	30
3.2.3 Sulama suyu miktarının belirlenmesi	35
3.2.4 Gerçek bitki su tüketiminin belirlenmesi	37
3.2.5 Su ve sulama suyu üretkenlikleri	38
3.2.6 Verim tepki etmeni (ky)	39
3.2.7 Toprak su içeriğinin ölçümü.....	39
3.2.8 Toprak analizleri	43
3.2.9 Bitkide yapılan ölçümler	45

3.2.10 Kalite analizleri.....	48
3.2.11 Verilerin değerlendirilmesi.....	48
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	50
4.1 Deneme Alanı İklim Özellikleri.....	50
4.2 Sulama Suyu Miktarları	52
4.3 Toprak Nem İçeriği.....	55
4.4 Bitki Su Tüketimleri.....	57
4.4.1 Referans bitki su tüketimi.....	57
4.4.2 Fasulye için hesaplanan tahmini bitki su tüketimi	59
4.4.3 Gerçek bitki su tüketimi.....	60
4.5 Referans, Hesaplanan ve Gerçek Bitki Su Tüketimi İlişkileri	64
4.6 Tane Verimi.....	66
4.6.1 Sulama suyu, bitki su tüketimi ve tane verim ilişkisi	69
4.7 Verim Tepki Etmeni.....	72
4.8 Su ve Sulama Suyu Üretkenlikleri	74
4.9 Sulama Konularının Bitki Fizyolojik Parametrelerine Etkisi.....	76
4.9.1 Sulama konularının bitki boyu üzerine etkisi.....	77
4.9.2 Sulama konularının ilk bakla yüksekliği üzerine etkisi	79
4.9.3 Sulama konularının bitkide dal sayısı üzerine etkisi.....	81
4.9.4 Sulama konularının bitkide bakla sayısı üzerine etkisi.....	84
4.9.5 Sulama konularının baklada tane sayısı üzerine etkisi.....	87
4.9.6 Sulama konularının100 tane ağırlığı üzerine etkisi.....	89
4.10 Sulama Konularının Teknolojik Değerlere Etkisi	91
4.10.1 Sulama konularının kuru ağırlık üzerine etkisi.....	91
4.10.2 Sulama konularının yaş ağırlık üzerine etkisi	94
4.10.3 Sulama konularının kuru hacim üzerine etkisi.....	96
4.10.4 Sulama konularının protein oranı üzerine etkisi.....	98
5. SONUÇ	102
KAYNAKLAR.....	109
EKLER	121
EK-1 2018-2019 yılları günlük ET_o (mm) ve ET_c (mm) değerleri.....	121
EK-2 Deneme başlangıcı ve deneme sonu toprak tuzluluk analizleri.....	125
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

°C	Derece santigrad
%	Yüzde
ΔS	Toprak nem değişimi
C	Kil
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
cm	Santimetre
Cr	Kapılar yükselme
da	Dekar
dS	Desisimens
Dw	Derine sızma
g	Gram
h	Saat
ha	Hektar
HCO ₃	Bikarbonat
I	Sulama suyu
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
LSD	En az önemli farkların karşılaştırması
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
Mg	Magnezyum
N	Azot
Na	Sodyum
Nm	Nanomikron
P	Yağış
Rf	Yüzey akış

Kısaltmalar

CV	Güven katsayısı
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
EC	Elektriksel iletkenlik
ETa	Gerçek bitki su tüketimi
ETo	Referans bitki su tüketimi
ETc	Bitki Evapotranspirasyonu
ΣETc	Birikimli bitki evapotranspirasyonu
EWUE	Ekonomik su üretkenliği
Kc	Bitki katsayısı
Kcp	Kap katsayısı
KDK	Katyon değişim kapasitesi
KS	Kritik seviye
Ky	Verim tepki etmeni
I	Sulama suyu
IWUE	Sulama suyu üretkenliği
Öd	Önemli değil
PE	Polietilen
PPRC	Polipropilen rastgele kopolimer plastik boru
Ry	Elverişli nemin tüketilmesine izin verilen miktar
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
S100	%100 ETc'nin uygulanması
S75	ETc'nin %75'inin uygulanması
S50	ETc'nin %50'sinin uygulanması
S25	ETc'nin %25'inin uygulanması
SN	Solma noktası
TK	Tarla kapasitesi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YADS	Yüzeyaltı damla sulama
Y	Verim
WUE	Su üretkenliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Deneme alanı görüntüsü	15
Şekil 3.2 Berrak kuru fasulye çeşidi	22
Şekil 3.3 Nem sensörlerinin arazideki konumu	22
Şekil 3.4 Otomatik iklim istasyonu.....	23
Şekil 3.5 Kontrol ünitesi ve sulama kuyusu.....	24
Şekil 3.6 Manifold giriş ve çıkış hatları.....	25
Şekil 3.7 Yüzeyaltı damla sulama laterali ve in-line yassı damlatıcı.....	26
Şekil 3.8 Yüzeyaltı damla sulama sistem planı.....	27
Şekil 3.9 Sulama sisteminin araziye kurulumu	28
Şekil 3.10 Deneme deseni	29
Şekil 3.11 Parsellerin hazırlanması.....	32
Şekil 3.12 Kuru fasulye ekimi.....	32
Şekil 3.13 Dozaj pompası ile gübreleme işlemi.....	33
Şekil 3.14 Hasat alanı.....	34
Şekil 3.15 Taneleme işlemi.....	34
Şekil 3.16 Kuru fasulye bitkisinin Kc eğrisi	36
Şekil 3.17 Nem sensörünün araziye yerleştirme düzeni	40
Şekil 3.18 Sensör yerleştirme ekipmanları.....	41
Şekil 3.19 Sensör kurulumu	41
Şekil 3.20 Kalibrasyon grafiği	43
Şekil 3.21 Hasat sırasında yapılan bitki ölçümleri	47
Şekil 4.1 2018- 2019 yılları aylık yağış ve uzun yıllar yağış miktarları (mm)	52
Şekil 4.2 2018 yılı toprak su içeriğinin zamana göre değişim grafiği	56
Şekil 4.3 2019 yılı toprak su içeriğinin zamana göre değişim grafiği	56
Şekil 4.4 2018 yılına ilişkin günlük ETo grafiği.....	58
Şekil 4.5 2019 yılına ilişkin günlük ETo grafiği.....	58
Şekil 4.6 2018 yılına ilişkin ETc grafiği.....	59
Şekil 4.7 2019 yılına ilişkin ETc grafiği.....	60
Şekil 4.8 2018 yılı S ₁₀₀ konusu ET ₀ , ET _a ve ET _c değerleri	65

Şekil 4.9 2019 yılı S_{100} konusu ET_o , ET_a ve ET_c değerleri	66
Şekil 4.10 2018-2019 yıllarına ait tane verimi ve sulama suyuna ait LSD grupları	68
Şekil 4.11 Araştırma yıllarına ait ortalama verim, sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri	70
Şekil 4.12 Sulama suyu ve tane verimi ilişkisi	71
Şekil 4.13 Bitki su tüketimi ve tane verimi ilişkisi	72
Şekil 4.14 Araştırma yıllarına ait oransal bitki su tüketimi azalışı ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki.....	74
Şekil 4.15 Bitki boyuna ilişkin LSD grupları	78
Şekil 4.16 İlk bakla yüksekliğine ilişkin LSD grupları.....	80
Şekil 4.17 Bitkide dal sayısına ilişkin LSD grupları.....	83
Şekil 4.18 Bakla sayısına ilişkin LSD grupları	86
Şekil 4.19 Baklada tane sayısına ilişkin LSD grupları.....	88
Şekil 4.20 100 tane ağırlığına ilişkin LSD grupları	90
Şekil 4.21 Kuru ağırlık değerlerine ilişkin LSD grupları.....	93
Şekil 4.22 Yaş ağırlık değerlerine ilişkin LSD grupları.....	95
Şekil 4.23 Kuru hacim (ml) değerlerine ilişkin LSD grupları	98
Şekil 4.24 % Protein oranına ilişkin LSD grupları	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dünyada kuru fasulye ekiliş, üretim ve verim miktarları	4
Çizelge 1.2 Türkiye’de kuru fasulye ekiliş, üretim ve verim miktarları.....	4
Çizelge 1.3 2019 yılı kuru fasulye ekilen alan, üretim miktarı ve verimler.....	5
Çizelge 3.1 Ankara İli uzun yıllar iklim ortalamaları (1927-2018)	16
Çizelge 3.2 Araştırma yeri topraklarının fiziksel ve verimlilik özellikleri	18
Çizelge 3.3 Araştırma yeri topraklarının kimyasal özellikleri	19
Çizelge 3.4 Araştırmada kullanılan sulama suyunun tuzluluk özellikleri.....	20
Çizelge 3.5 Fasulyenin sulama suyu ve toprak saturasyonunun elektriksel iletkenlik değeri ile verim arasındaki ilişki (Ayers ve Westcot 1994).....	21
Çizelge 3.6 Tarımsal uygulamalar ve gözlemler.....	31
Çizelge 3.7 Kalibrasyon katsayıları	42
Çizelge 4.1 2018-2019 yıllarına ait deneme alanı iklim verileri.....	51
Çizelge 4.2 2018 ve 2019 yılı sulama suyu miktarları (mm).....	53
Çizelge 4.3 2018 yılına ait bitki su tüketimi değerleri (mm)	62
Çizelge 4.4 2019 yılına ait bitki su tüketimi değerleri (mm)	63
Çizelge 4.5 Deneme yıllarına ait aylık ETa, ETo ve ETc değerleri, (mm).....	65
Çizelge 4.6 2018 ve 2019 yılı ortalama kuru fasulye verimleri (kg da ⁻¹).....	66
Çizelge 4.7 2018-2019 yılı verimleri toplu varyans analiz tablosu	67
Çizelge 4.8 Sulama suyu konularına göre verim değişimleri	70
Çizelge 4.9 Araştırmanın 2018 ve 2019 yıllarına ait verim tepki etmeni değerleri	73
Çizelge 4.10 2018 ve 2019 yıllarına ait WUE ve IWU değerleri	74
Çizelge 4.11 Yüzeyaltı damla sulama ile sulanan kuru fasulyede farklı sulama suyu uygulamalarında ekonomik su üretkenliği ve net gelir (TL ha ⁻¹)	76
Çizelge 4.12 2018 ve 2019 yıllarına ait bitki boyları (cm)	77
Çizelge 4.13 2018-2019 yıllarına ait toplu varyans analiz tablosu	77
Çizelge 4.14 2018-2019 yıllarına ait ilk bakla yükseklikleri (cm).....	79
Çizelge 4.15 2018-2019 ilk bakla yüksekliği toplu varyans analiz tablosu	80
Çizelge 4.16 2018-2019 yıllarına ait bitkide dal sayıları (cm).....	82
Çizelge 4.17 2018-2019 yıllarına ait bitkide dal sayısı toplu varyans analiz tablosu	82
Çizelge 4.18 2018-2019 yıllarına ait bitkide bakla sayıları (adet).....	85

Çizelge 4.19 2018-2019 yıllarına ait baklada tane sayıları (adet) toplu varyans analiz tablosu	85
Çizelge 4.20 2018-2019 yıllarına ait baklada tane sayıları (adet).....	87
Çizelge 4.21 2018-2019 yıllarına ait baklada tane sayısı toplu varyans analiz tablosu..	87
Çizelge 4.22 2018-2019 yıllarına ait 100 tane ağırlıkları (g).....	89
Çizelge 4.23 2018- 2019 yıllarına ait 100 tane ağırlığı toplu varyans analiz tablosu	90
Çizelge 4.24 2018-2019 yıllarına ait kuru ağırlık değerleri (g)	92
Çizelge 4.25 2018-2019 yıllarına ait kuru ağırlık toplu varyans analiz tablosu	92
Çizelge 4.26 2018-2019 yıllarına ait yaş ağırlık (g) değerler	94
Çizelge 4.27 2018-2019 yılları yaş ağırlık toplu varyans analiz tablosu	95
Çizelge 4.28 2018-2019 yılları kuru hacim (ml) değerleri	97
Çizelge 4.29 2018-2019 yıllarına ait kuru hacim (ml) değerlerine ilişkin toplu varyans analiz tablosu	97
Çizelge 4.30 2018-2019 yılları protein oranları (%).....	99
Çizelge 4.31 2018-2019 yıllarına ait % protein oranı toplu varyans analiz tablosu	100

1. GİRİŞ

Ülkemizin coğrafi konumu aynı anda birçok farklı ürünün üretimine olanak sağlamaktadır. Yüz ölçümü 78 milyon ha olan Türkiye'nin yaklaşık %30'unu tarım arazileri oluşturmaktadır. Mevcut su kaynaklarımız ile sulanabilecek tarım arazisi varlığımız 8.5 milyon hektardır. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm'dir ve bu değer yılda ortalama 450 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Ülkemizin yerüstü su potansiyeli ortalama 94 milyar m³, yeraltı suyu potansiyeli 18 milyar m³ ve toplam tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli 112 milyar m³'tür. Bu su potansiyelimizin yaklaşık 57 milyar m³'ü kullanılmaktadır. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık su miktarı her geçen gün azalmaktadır. 2000 yılı verilerine göre, kişi başına düşen su miktarı 1652 m³ iken, 2009 yılına gelindiğinde 1544 m³'e düşmüş, günümüzde ise bu değer 1346 m³ seviyelerine kadar gerilemiştir. Bu veriler doğrultusunda Türkiye, su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında bulunmaktadır (Anonim 2020a). Bu nedenle su kullanımının yaklaşık %70'ini oluşturan tarım sektörü içerisinde suyun optimum ve tasarruflu bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir.

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkemizde son yıllarda meydana gelen iklim değişikliğine bağlı olarak gerçekleşen hava olayları, sıcaklık artışları, yağış rejiminin düzensiz oluşu ve bu yağışların yıllık ortalama miktarındaki azalma tarımsal üretimde sulamanın önemini arttırmıştır. Ülkemizde su kaynaklarının kısıtlı ve tarımsal üretimi ile ön plana çıkan bölgelerde suyun tasarruflu bir şekilde kullanımı gerekmektedir. Tarımsal üretimde artış sağlayabilmek için, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanıma imkân sağlayacak uygulamaların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalarda diğer tarımsal girdilerin etkinliğini arttırmada önemli bir yeri olan tarımsal sulama konusunda yeni gelişen teknolojilerin takip edilmesi ve su kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımına yönelik uygulamaların yapılması gerekmektedir.

Kök bölgesinde depolanan nem miktarının optimum bitki gelişimi için ihtiyacından az olması, üretimde azalmalara yol açmaktadır. Sulama programı yapılırken, sulama suyu miktarı ve sulanacak alana göre karar vermek en uygun yaklaşımdır. Su ücretinin pahalı

olduğu yerlerde birim sudan, tarımsal alanların sınırlı olduğu durumlarda ise birim alandan en yüksek verimin alınmasını amaçlayan programlar yapılmalıdır (Korukçu ve Kanber 1981).

Topraktaki nem açığına duyarlı ve pazar değeri yüksek olan bitkilerin sulanması verim ve kalite yönünden yetiştiricilere fayda sağlamaktadır. Sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi için bitki ve toprak koşulları için en uygun sulama yönteminin seçimi, seçilen yöntemin esaslarına uygun sulama sisteminin planlanması ve bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun uygun zamanda ve miktarda kontrollü olarak bitki kök bölgesine verilmesi gerekmektedir.

Sulamadan beklenen faydanın oluşabilmesi için, koşullara uygun sulama yönteminin seçilmesi, bu yöntemin esasları dikkate alınarak sulama sisteminin kurulması ve bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarının zamanında, bitkinin etkili kök bölgesine verilmesi gerekmektedir (Yıldırım 1993). Sınırlı olan su kaynaklarımızın korunması amacıyla düşük basınçlı borulu sulama yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Sulama yöntemleri arasında yüzeyaltı damla sulama yöntemi günümüzde yaygınlaşan, toprak altına serildiği için buharlaşma kayıplarını azaltarak su tasarrufuna yardımcı olan yeni yöntemlerin başında gelmektedir. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi (YADS) henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak tek yıllık bitkilerde su kısıtı ve verim üzerine etkileri konusundaki çalışmalar devam etmektedir.

Öte yandan baklagiller familyasına ait bitkiler kutup bölgeleri hariç, dünyanın her yerinde yetişebilmektedirler. Tek yıllık ve çok yıllık olmak üzere bilinen 12000 baklagil çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan sadece 200 türün tarımı yapılmaktadır. Bu türlerin içerisinde yemeklik olanlar fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), mercimek (*Lens culunaris* Medik, *Lens esculenta* Moench.), bakla (*Vicia faba* L.), börülce (*Vigna sinensis* L.) ve bezelye (*Pisum sativum* L.)'dir (Gülümser 2016).

Yemeklik baklagiller dünyada gelişmekte olan ülkeler için önemli bir protein kaynağını oluşturmaktadır. Yağ oranı düşük olup, karbonhidrat oranı yüksek ve besleyici özelliğe sahiptir. Dünyada nüfusun beslenmesinde karbonhidratların %7'si, bitkisel proteinlerin

%22'si, hayvan beslemesindeki karbonhidratların %5'i, proteinlerin %38'i yemelik tane baklagillerden karşılanmaktadır (Adak vd. 2010).

Türkiye baklagillerin gen merkezi olmakla birlikte, ülkenin coğrafi konumu baklagil üretimi için uygun ortamı sağlamaktadır. Türkiye'de baklagiller, tarla bitkilerinden sonra ekim alanları olarak ikinci sırada gelmektedir (Anonim 2020b). 2018 yılı itibariyle 882 bin hektar alanda yemelik baklagil tarımı yapılmaktadır. Toplam üretimimiz ise 1.2 milyon tondur. Nohut, fasulye ve mercimek toplam baklagil üretiminin %98,3'ünü oluşturmaktadır. Üretim miktarları nohut 630 bin ton, kırmızı mercimek 310 bin ton, kuru fasulye 220 bin tondur (Anonim 2020c). Ülkemizde fasulye, ekilen alan ve üretim miktarı yönünden nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. Ülkemizin tüm bölgelerinde kuru fasulye tarımı yapılabilmektedir. Ekim alanları göz önüne alındığında fasulye tarımı en çok Orta Anadolu bölgesinde yapılmaktadır. 2019 yılı verilerine göre ekim alanı 89722 ha, üretimi 225 bin tondur. İç Anadolu Bölgesi ülkemiz kuru fasulye üretiminin %70'ini karşılamakta olup, Konya, Niğde ve Karaman illeri kuru fasulye üretiminde ilk sıradadır (Anonim 2020c). Ankara ilinde kuru fasulye ekiliş alanı kuru tarımda 675 da, sulu tarımda ise 5698 dekadır. Verim 97-173 kg da⁻¹ arasında değişmektedir (Anonim 2020d).

Dünyada yemelik tane baklagiller içerisinde en başta bulunan fasulye, ekim alanı ve üretim miktarı olarak da ilk sıradadır. Ülkemizdeki toplam tarım alanlarının yaklaşık %4'ünde (882 bin ha) yemelik baklagillerin tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde toplam 1.2 milyon ton olan baklagil üretiminin, %40'ını nohut, %37'sini mercimek, %21'ini fasulye, %1'ini bakla ve %0.5'ini börülce ve bezelye oluşturmaktadır (Anonim 2020b). Dünyada ve Ülkemizde kuru fasulyenin ekiliş alanları ve verimleri **çizelge 1.1 ve 1.2**'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Dünyada kuru fasulye ekiliş, üretim ve verim miktarları

Yıllar	Ekilen Alan (Ha)	Üretim (ton)	Verim (kg da ⁻¹)
2013	27.453.000	21.878.000	80
2014	27.653.000	21.883.000	79
2015	28.643.000	22.803.000	80
2016	28.054.000	22.479.000	80
2017	28.056.000	22.864.000	82
2018	27.812.000	22.225.000	80

Çizelge 1.1'e göre yıllar içerisinde kuru fasulye ekiliş alanı ve verimlerinde bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Dünyada kuru fasulye üretiminin çoğunluğu Asya ve Amerika kıtalarında yapılmakta ve bunun yaklaşık %50'si Brezilya, Myanmar, ABD, Meksika, Çin ve Arjantin'de üretilmektedir. Ülkemiz ise dünya fasulye toplam üretiminin %1'ini karşılamaktadır (Anonim 2020b).

Çizelge 1.2 Türkiye'de kuru fasulye ekiliş, üretim ve verim miktarları

Yıllar	Ekilen Alan (Ha)	Üretim (Bin ton)	Verim (kg da ⁻¹)
2012	93.174	200	215
2013	84.691	195	230
2014	91.110	215	236
2015	93.584	235	251
2016	89.820	235	235
2017	89.679	239	267
2018	84.786	220	259

Çizelge 1.2 incelendiğinde Ülkemizde kuru fasulye ekiliş alanı yıllara göre değişim göstermektedir. Verim de ise yıllar içerisinde artış söz konusudur. Ülkemizde kuru fasulye tarımını ve üretiminin en fazla olduğu iller Konya, Niğde ve Karaman olurken, üretimin yaklaşık %70'i İç Anadolu Bölgesi'nden karşılanmaktadır (Anonim 2020d). Denemenin yürütüldüğü Ankara ilinde 2019 yılına ait kuru fasulye ekiliş alanı, üretim miktarı ve verimler **çizelge 1.3**'te verilmiştir. Çizelgeye göre Ankara ilinde hem kuruda hem de sulu tarım şeklinde yetiştiricilik yapılmaktadır. Kuru tarımda 97 kg da⁻¹ verim alınırken sulu tarımda ise verim 173 kg da⁻¹'e çıkmaktadır.

Çizelge 1.3 2019 yılı kuru fasulye ekilen alan, üretim miktarı ve verimler

Kuru fasulye	Ekilen alan (da)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (kg da ⁻¹)
Kuru	675	65	97
Sulu	5698	986	173

Kuru fasulyenin girdi maliyetlerinin yüksek oluşu üretim miktarını düşürmektedir. Sulama işçiliğini azaltmaya yönelik basınçlı sulama sistemlerinin kuru fasulye tarımında yaygınlaştırılması gerekmektedir. Basınçlı sulama sistemleri içerisinde de YADS kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. YADS yönteminde toprak üstü ıslatılmadığı için buharlaşma kayıpları azaltılmış olmakta ve kök boğazının ıslatılmasına duyarlı olan fasulyede mantari hastalıklarla ürün kaybı yaşanmasına engel olmaktadır.

Ankara Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsünde 2018 ve 2019 yıllarında yürütülen bu çalışmada, YADS yöntemi kullanılarak kısıntılı su koşullarında yetiştirilen kuru fasulyenin farklı su uygulamalarının verim ve kalite parametrelerine olan etkisi incelenmiştir. Araştırmada, otomatik iklim istasyonundan günlük olarak alınan evapotranspirasyon (ET_o) değerleri, bitki katsayıları ile düzeltilmiş ve bitki su tüketimi değerlerinin (ET_c) oranları (%100 ET_c, %75 ET_c, %50 ET_c ve %25 ET_c), sulama suyu konularını oluşturmuştur. Bitki su tüketimi, su ve sulama suyu üretkenlikleri, suyun ekonomik üretkenliği, verim tepki etmeni (ky) hesaplanmış, sulamanın verim ve kalite parametrelerine olan etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Ülkemizde beslenmenin önemli bir girdisi olan kuru fasulye için FAO Penman-Monteith eşitliğine göre günlük bitki su tüketimi değerleri kullanılarak sulama programı oluşturulmuş, verim ve ürün kalitesi yüksek yetiştiricilik yapılabileceği görülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Günbatılı (1993), Tokat ilinin Kazova ilçesinde yaptığı 4 yıllık çalışmada tam su koşullarında uygulanan sulama suyu, bitki su tüketimi ve verim miktarlarını hesaplamış ve bunları sırasıyla 313 mm, 517 mm ve 275 kg da⁻¹ olarak bulmuştur. Tam su konusunun %40'ı kadar su uygulanan konuya 188 mm sulama suyu uygulanmış ve bunun neticesinde 399 mm bitki su tüketimi hesaplanmış ve 259 kg da⁻¹ verim elde etmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde %40 su uygulama konusu ile %100 su uygulama konusu arasında istatistiki açıdan bir farka rastlamamıştır.

Güvenç (1993), Erzurum koşullarında Kızılhaç fasulye çeşidi üzerine farklı sulama seviyeleri ve farklı sulama uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla 2 yıl süren bir araştırma yürütülmüştür. Çiçeklenme öncesi ve sonrasında topraktaki elverişli suyun farklı oranlarda (%25, %50 ve %75) ve bunların 9 farklı kombinasyonları şeklinde araştırma oluşturmuştur. Fasulyede en fazla tane verimi 267 kg da⁻¹ ile çiçeklenme öncesinde ve sonrasında %50 sulama uygulamalarından alınırken en az tane verimi ise %75 sulama uygulamasından 162 kg da⁻¹ olarak alınmıştır. Farklı su tüketim oranlarında yapılan sulamalara göre tane veriminde %40'a ulaşan kayıplar olduğunu bildirmişlerdir.

Üstün vd. (1993), Ankara koşullarında damla sulama yöntemi ile yürüttükleri kuru fasulye denemesinde bitkinin gelişme dönemlerine ve elverişli su tutma kapasitesinin farklı tüketim değerlerine göre sulama konularını oluşturmuşlardır. Sulama suyu 413 mm, bitki su tüketimi ise 544 mm olan uygulamadan 131 kg da⁻¹ tane verimi elde etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre çiçeklenme, kapsül oluşumu ve olgunlaşma dönemlerinde sulama yapılmasını önermişlerdir.

Smesrud vd. (1997), fasulye bitkisinin gelişme dönemlerinin tamamında toprak nemine hassas olduğunu ayrıca çiçeklenme ve meyve bağlama dönemlerinde suya daha duyarlı olduğunu, bu dönemlerde yapılacak su kısıtının verimi olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Üstün vd. (1997), Ankara ilinde yürüttükleri denemede 4 farklı sulama aralığı ve damla sulama yöntemini kullanarak A sınıfı buharlaşma kabından oluşan 3 farklı Kp katsayılarına göre (0.75, 1.00, 1.25) çalışmayı yürütmüşlerdir. Çalışma sonunda taze fasulyede 6 gün sulama aralığı ve A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın 1.25'katını sulama suyu olarak uygulamasını önermişlerdir. Sulama suyu 458 mm ve bitki su tüketimine 784 mm olan uygulamadan 2296 kg da⁻¹ verim elde etmişlerdir.

Evren ve Sevim (1998), Erzurum Araştırma Enstitüsünde kurdukları denemede taze fasulyenin sulama zamanını karık sulama yöntemi altında belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, fasulyenin sulama suyu miktarını 528 mm, su tüketimini 604 mm ve 1344 kg da⁻¹ olarak yeşil fasulye verimini bildirmişlerdir. Fasulyeye ilk sulamadan sonra 14 gün de bir olacak şekilde 6 defa sulama suyu verilmesini önermişlerdir.

Camp (1998), Yüzeyaltı damla sulama lateral derinliklerini 0.02 - 0.7 m arasında değiştiğini bildirmiştir. Lateral derinlikleri toprak bünyesi ve yetiştirilecek bitki göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Ramirez-Vallejo ve Kelly (1998), Yaptıkları çalışmada, fasulyede oluşturulan su kısıtı uygulamalarının miktarındaki değişime göre tane veriminde de %22 ile %71 arasında azalma gösterdiğini bildirmişlerdir.

Al-Kaisi vd. (1999), Colorado'da yaptıkları çalışmada kuru fasulyeye damla sulama yöntemi ile ETo'nun %133, %100, %67, %33 ve yağışa dayalı olacak şekilde 5 farklı sulama konusu uygulamışlardır. Sulama uygulamaları günlük iklim verileri kullanılarak SCHED programında hesaplamışlardır. SCHED programı ile ekimden tam örtmeye kadar bitki katsayıları ve Penman Monteith eşitliği kullanılarak sulama uygulamalarını yapmışlardır. En yüksek tane verimlerinde %67 ve %100 sulama konuları arasında istatistiksel bir fark görülmediğini bildirmişlerdir. En yüksek verimi %67 ETo konusundan elde etmişlerdir.

Bryla vd. (2003), Kaliforniya'da yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanarak soya fasulyesinin su gereksinimini incelemişlerdir. Sulama konuları A tipi buharlaşma

kabından oluşan buharlaşmanın %50, %100 ve %150'sini kullanmışlardır. Yüzeyaltı lateral hatlarını 0.30, 0.45 ve 0.60 m derinliğe yerleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda %150 sulama konusunda derine sızmanın 0.60 m derinliğe yerleştirdikleri lateral konusunda daha yüksek olduğunu ve laterallerin 0.30 m ve 0.45 m'ye yerleştirilmesinin daha iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Sezen vd. (2005), Mersin-Tarsus'ta Pan buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %50, %75 ve %100'ünü sulama suyu seviyeleri olarak ve 4 farklı sulama aralığını deneme konuları olarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda yeşil fasulye verimi 1220 – 2060 kg da⁻¹, sulama suyu miktarını 202 - 341 mm arasında, sezonluk bitki su tüketimini 262 ile 338 mm, WUE 4.14 ile 6.16 kg m⁻³ ve IWUE ise 3.8 ile 6.9 kg m⁻³ olarak tespit etmişlerdir. Verim tepki etmenini (ky) 1.23 olarak hesaplamışlardır. Araştırma sonuçlara göre en yüksek verim ve meyve kalitesini, sulama aralığının 2-3 gün olduğu ve buharlaşmanın % 100'ünün uygulandığı konudan elde etmişlerdir.

Şehirli vd. (2005), Tekirdağ şartlarında yürüttükleri çalışmada, damla sulama yöntemi ile kısıtlı sulama suyu koşullarında fasulye bitkisinin su tüketimini ve verimini hesaplamışlardır. Sulama konularını, 90 cm derinlikteki su ihtiyacının tamamının karşılandığı %100 ve bu konunun %75, %50, %25 ve yağışa dayalı sulama konuları şeklinde planlamışlardır. Deneme sonucunda en yüksek verim tam su uygulanan konusunda 238 kg da⁻¹ olurken, bunu sırasıyla %25 ve %75 sulama suyu uyguladıkları konular izlemiştir. Çalışmada %50 sulama suyu uyguladıkları konuda tane veriminde %30 azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Erdem vd. (2006), Taze fasulyede damla sulama yöntemiyle bitki su stresi indeksini (CWSI) belirlemek amacıyla, bitki taç sıcaklığından yararlanılarak su stresi (%0) ve stres yaratılmayan (%100) koşulda, bir çalışma yürütmüşlerdir. En yüksek verim ve su kullanımını, stres yaratılmayan ve bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamının karşılandığı (%100) konusundan elde etmişlerdir. Bitki su stres indeks değerlerinde elde ettikleri değişim, toprağın nem içeriğindeki değişimle benzer bir eğilim gösterdiğini bildirmişlerdir. Topraktaki nem açığı arttıkça, CWSI değerlerinin de artış olduğunu

gözlemlenmiştir. Verim ve CWSI değerleri arasında “ $Y = 2.731 - 2.034 \times CWS$ ” verim tahmin çalışmalarında kullanılabilecek doğrusal eşitliğini elde etmişlerdir.

Gençoğlu vd. (2006), Kahramanmaraş koşullarında yaptıkları çalışmalarında tam ve yarı ıslatmalı yüzeyaltı damla sulama sisteminin fasulyeye olan etkisini incelemişlerdir. Sulama konuları, Class A Pan kabından oluşan buharlaşmanın %60 (Kcp1), %80 (Kcp2), %100 (Kcp3) ve %120 (Kcp4), tam (S100) ve yarı ıslatmalı (S50) olacak şekilde oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda yarı ıslatmalı sulama uygulamasının, tam sulamaya göre verim ve bitkisel özelliklerde bir değişim yaratmadığını belirtmişlerdir.

França vd. (2007), Brezilya’da yürütmüş oldukları çalışmada fasulye çeşitlerinin tuz stresi altında çimlenmesini incelenmiştir. Fasulyede sulama suyu elektriksel iletkenlik değerinin 3 dS m^{-1} ’den daha fazla olduğu durumda tohumların çimlenmesini ve bitki büyümesini engellediğini ve verim kayıplarının % 50’ye kadar çıktığını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra fasulyenin toprak tuzluluğunun da içinde bulunduğu stres koşullarına duyarlılığı bakımından geniş bir çeşitlilik gösterdiğini de bildirmişlerdir.

Köksal vd. (2007). Ankara koşullarında taze fasulyede yürüttükleri denemde açık su yüzeyinden oluşan buharlaşmanın farklı katlarını uygulamışlardır. Sulama suyu 465 mm, bitki su tüketimi 609 mm ve verim 2573 kg da^{-1} olarak bildirmişlerdir. Deneme sonuçlarına göre Açık su yüzeyinden olan buharlaşmanın %60 ‘ını sulama suyu olarak verilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Lamm ve Camp (2007), Yüzeyaltı damla sulama sistemleri için arzu edilen kurulum derinliği ürüne, toprak tipine, sulama suyu miktarına göre değişmektedir. Toprağın zararlı durumu, iklim ve kullanıcıların tercihi göre bazı sığ yüzey altı sistemleri (< 20 cm derinlik) yıllık olarak alınır ve/veya değiştirilebilir. Bu uygulama yüzey damla sulamaya çok benzediğini bildirmiştir. Birçok araştırmacıda yüzeyaltı damla sulama sistemlerini işleme derinliğinin altında olması gerektiğini savunmaktadır.

Munoz-Perea vd. (2007) ABD'nin Idaho eyaletinde değişik fasulye çeşitlerinde tam (%100) ve kısıtlı sulama suyu uyguladıkları konularda elde ettikleri bitki su tüketimleri

ve verimleri değerlendirmişlerdir. Araştırmada elde ettikleri sonuçlar incelendiğinde tam sulama suyu uyguladıkları konularda fasulye çeşitlerinin bitki su tüketimi 384 mm - 432 mm arasında, %50 sulama suyu uyguladıkları konuda ise 268 mm - 309 mm arasında değiştii görülmüştür.

Bhattari vd. (2008), Vertisol topraklarda farklı derinliklere yerleştirilen yüzeyaltı damla sulama laterelleri ve suya oksijen ilavesinin soya fasulyesi, nohut ve kabakta denemişlerdir. Lateraller 5, 10, 15, 20 ve 25 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Deneme sonunda soya fasulyesinde %43, nohutta %11 ve kabakta %15 verim artışı sağladığını bildirmişlerdir.

Büyükçangaz vd. (2008) Bursa'da sera koşullarında damla sulama ile kısıtlı sulamanın taze fasulyede verim ve kalite parametrelerine olan etkisini incelemişlerdir. Sulama suyu uygulamaları Asınıfı buharlaşma kabından 2 günlük buharlaşma miktarının %100, %75, %50, %25 ve %0 olacak şekilde uygulamışlardır. Uygulanan sulama suyu miktarları 40-579 mm arasında değişim göstermiştir. Deneme sonucunda en yüksek verimi %100 sulama suyu uyguladıkları konudan 1890 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. Sulama suyu miktarının fasulyenin verimi ve kalite özelliklerini etkilediğini bildirmişlerdir.

Kınacı vd. (2008), iki kuru fasulye çeşidi ve 5 farklı sulama konusunun verim ve kalite parametreleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak kuru fasulyede düzenli ve zamanında sulamanın verimi ve kaliteyi olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. İyi bir verim ve kalite için topraktaki elverişli nemin %50'nin altına düşmemesi gerektiğini bulmuşlardır.

Uçar vd. (2009), Isparta'da yürüttükleri denemede, damla sulama yöntemiyle 90 cm lateral aralığı ve farklı su kısıtı koşullarının kuru fasulyenin verimine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucundan elde edilen verilere göre en yüksek tane verimini tam sulama suyu uyguladıkları konudan elde etmişlerdir. Sulama suyundan yaptıkları %25 su kısıtının yapılması tane veriminde azalmaya neden olmadığını belirtmişlerdir. Sulama suyundan yapılacak %50 kısıtının tane veriminde yaklaşık %30 azalmaya neden olacağını bildirmişlerdir.

Efetha vd. (2010), Kanada'da yürütülen çalışmada farklı sulama suyu uygulama koşullarında kuru fasulye bitkisinin tane verimi incelenmiş ve su tüketiminin 250 - 320 mm, tane veriminin ise 250-410 kg da⁻¹ değiştiği belirlenmiştir

Şimşek vd. (2011), Kısıntılı sulama koşullarında fasulyenin verim ve kalite parametrelerinin araştırıldığı çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşmanın 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 oranlarını sulama suyu olarak bitkinin vejetatif gelişme ve bakla oluşum dönemlerinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda gelişme döneminde bitkinin topraktaki nem açığına daha duyarlı olduğu dolayısıyla bu dönemde su stresinden daha çok etkilendiği belirlenmiştir. 180 kg da⁻¹ ile en yüksek verim sulama suyunun %100 uygulandığı konudan elde edilmiştir.

Çamoğlu ve Genç (2013), Çanakkale koşullarında taze fasulyede yapılan çalışmada 60 cm etkili kök derinliğinde bulunan faydalı suyun %40'ı tüketildiğinde sulamalar yapılmış ve bitkilere farklı oranlarda sulama suyu uygulanmıştır. Bu çalışmada bitki su tüketimi 379-804 mm arasında değişim göstermiştir.

Özbahçe vd. (2015), Konya Karapınar koşullarında yaptıkları fasulye denemesinde, damla sulama sistemi ve kap katsayılarını (0.50, 0.75 ve 1.00) kullanmışlardır. Deneme sonucunda zeolit dozları ve sulama suyu seviyelerinin verim ve kalite parametrelerine olan etkisini önemli bulmuşlardır.

Satriani vd. (2015) İtalya'da yürütmüş oldukları kuru fasulye denemesinde 2 farklı çeşit kullanmışlardır. Damla sulama sistemi ile ETo ve Kc değerlerini kullanarak sulama suyu miktarını belirlemişlerdir. Deneme konuları yağışa dayalı %100 ETc ve %50 ETc'nin uygulanmasıdır. Yetiştirme dönemi boyunca toplam 10 sulama yapılmış ve konulara göre sırasıyla 150 mm - 299 mm sulama suyu uygulanmıştır. Çeşitlerin verimlerini %100 ETc uygulamasında 99-171 kg da⁻¹, %50 ETc uygulamasında 106-171 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır.

Wang vd. (2015), ABD'nin Wisconsin eyaletinde yürütülen sulama suyu ve azot uygulamalarının fasulyeye etkilerini incelemişlerdir. Çiçeklenme ve bakla bağlama

dönemlerinde yapılacak olan su kısıtının özellikle kumlu toprak bünyesine sahip arazilerde fasulyenin verimi ve bakla kalitesini istatistiksel olarak etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır.

Abd El-Wahed, vd. (2017), Mısır'da yaptıkları yaygın fasulye çeşitlerinde 3 su kısıtı (%100 ETc, %85 ETc ve %70 ETc) 2 farklı malç materyali (pirinç samanı, çiftlik gübresi) ve malç uygulamalarının (0, 3, 6 ve 9 cm kalınlık) verim ve verim parametrelerine, WUE ve toprak tuzluluğuna etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda en yüksek verim çiftlik gübresi malcı, 9 cm kalınlık ve I100 sulama konusundan elde etmişlerdir.

Çalışkan vd. (2018), Niğde koşullarında tam ve kısıntılı sulama koşullarından elde edilen farklı fasulye tohumlarında kalite özelliklerini ortaya koymuşlardır. Kısıtlı sulama uygulamasından elde edilen tohumlar, incelenen tüm özellikler bakımından daha düşük değerler verdiğini bildirmişlerdir. Gelişme döneminde yaşanabilecek sulama suyu miktarındaki azalmaların tohum kalitesini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Gelişme döneminde sulama uygulamalarının kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'nin altına düşürülmeden yapılması sonucuna varmışlardır.

Saleh vd. (2018) Çin'de iki fasulye çeşidinde sulamanın verim, gelişme ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla bir deneme kurmuşlardır. Konulara verilecek sulama suyu miktarını, A sınıfı buharlaşma kabını kullanılarak hesaplamışlar ve %100, %80 ve %60'ı şeklinde konuları oluşturmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre buharlaşmanın %100 ü ve %80'nini uyguladıkları konular arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını, sulama suyu miktarının %80'nin uygulandığı konunun verimi ve bakla kalitesini arttırdığını, sulama suyu miktarının %60'ının uygulandığı konunun ise su kullanım randımanını arttırdığını bildirmişlerdir.

Topak ve Albayati (2018), Konya şartlarında taze fasulyede damla sulama sisteminde damlatıcı debisi, lateral aralığı ve damlatıcı aralığının verim ve verim parametreleri üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada damlatıcı debisi 2 L h⁻¹, 4 L h⁻¹, damlatıcı aralığı 0.33 ve 0.50 m ve lateral aralığını 0.50 ve 1.00 m uygulamışlardır. Denemede toplam sulama suyu 413 mm ve mevsimlik su tüketimini 489 mm hesaplamışlardır.

Soureshjani vd. (2019), İran'da yürüttüğü çalışmasında kuru fasulye bitkisine FAO Penman- Monteith eşitliğine göre ETo değerlerine göre %100, %80 ve %60 su kısıtı uygulamış ve sırasıyla ortalama 944, 634 ve 537 mm sulama suyu uygulamıştır.

Mansour vd. (2019), Mısır'ın Numaria kentinde soya fasulyesinde 4 sulama konusu ve 2 hümikasıit uygulamasını damla sulama yöntemi ile denemişlerdir. Sulama konularını ETo'nun %35, %60, %100 ve %135 oranları şeklinde oluşturmuşlardır. ETo hesabında Thornthwaite ve Hargreaves yöntemini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda ise %100 ETo ve %135 ETo sulama uygulamaları arasında istatistiksel bir fark olmadığını ortaya koymuşlardır. %100 ETo'nun altında uygulanan sulamalarda soya fasulyesinde stres yarattığını ve verimde azalmalar meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Dewedar vd. (2020), Mısır'da 2017 ve 2018 yıllarında yürüttükleri çalışmalarında yüzey ve yüzeyaltı damla sulama sistemini kullanmışlardır. Sulama konularını potansiyel bitki su tüketiminin (ETc) %100, %80 ve %60 oranlarını uygulamışlardır. Yüzeyaltı damla sulama ve yüzey damla sulamaya uyguladıkları sulama suyu miktarları sırasıyla 279, 224 ve 167 mm olmuştur. SALTMED model performansının toprak nemi, toplam kuru madde ve verim simülasyonu üzerinde değerlendirilmesini yapmışlardır. Verim ve su üretkenlikleri yüzeyaltı damla sulamada daha yüksek bulunmuştur. Deneden elde edilen verimler yüzeyaltı damla sulamada konularına göre sırasıyla 103-96 ve 77 kg da⁻¹, Yüzey damla sulamada ise 101-91 ve 73 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Model simülasyonuna göre tahmini verim değerleri ise yüzeyaltı damla sulamada 103-97 ve 77 kg da⁻¹, yüzey damla sulamada ise 101-95 ve 77 kg da⁻¹ verim elde etmişlerdir. Gözlenen ve tahmin edilen verimler arasında büyük bir farkın olmadığını bildirmişlerdir.

Soureshjani vd. (2020), İran'da 2 farklı kuru fasulye genotipinde (KS21193, KS21486) yürüttükleri denemde 3 sulama suyu seviyesi (FAO Penman-Monteith'e göre) %100, %80 ve %60 şeklinde ve 3 kuraklık stres seviyesi (stressiz, orta şiddet ve çok şiddetli stres) koşullarını karık sulama yöntemiyle denemişlerdir. Araştırma sonucunda KS21486 genotipinin kuraklık stresi koşullarında daha yüksek verim verdiğini bildirmişlerdir.

Süheri vd. (2020), Konya’da 2 farklı fasulye çeşidi (S3 genotipi ve Nazende çeşidi) ve 5 farklı buharlaşma kap katsayılarını (1.25, 1.00, 0.75, 0.50, 0.00) kullanarak bir çalışma yürütmüşlerdir. Yetiştirdikleri S3 fasulye genotipine 181-655 mm, Nazende çeşidine ise 177-635 mm sulama suyu uygulamışlardır. Çalışmalarında damla sulama sistemini kullanmışlardır. En yüksek dane verimini S3 genotipi için 1.00 kap katsayısından elde etmişlerdir.

Çolak (2020), Ankara koşullarında yürütmüş olduğu çalışmasında kuru fasulyede açıkta lizimetre koşullarında tuzlu sulama suyu uygulamaları yapmıştır. Araştırmada sulama suyu tuzluluk seviyeleri 0.25, 1.0 ve 2.5 dS m⁻¹ ile taban suyu derinliğinin 0.60, 0.80 ve taban suyunun olmadığı 1.0 m toprak derinliği bulunan konulardan oluşturmuştur. Çalışma sonucunda, kuru fasulyede verim kaybı yaratılmadan yetiştiricilik yapılabilmesi için sulama suyu tuzluluğunun 2.5 dS m⁻¹’den daha iyi kalitede olması gerektiğini bildirmiştir. Taban suyu seviyesi açısından bakıldığında ise 80 cm ve daha aşağıda bulunan taban suyu seviyelerinde yetiştiricilik yapılması gerektiğini bildirmiştir.

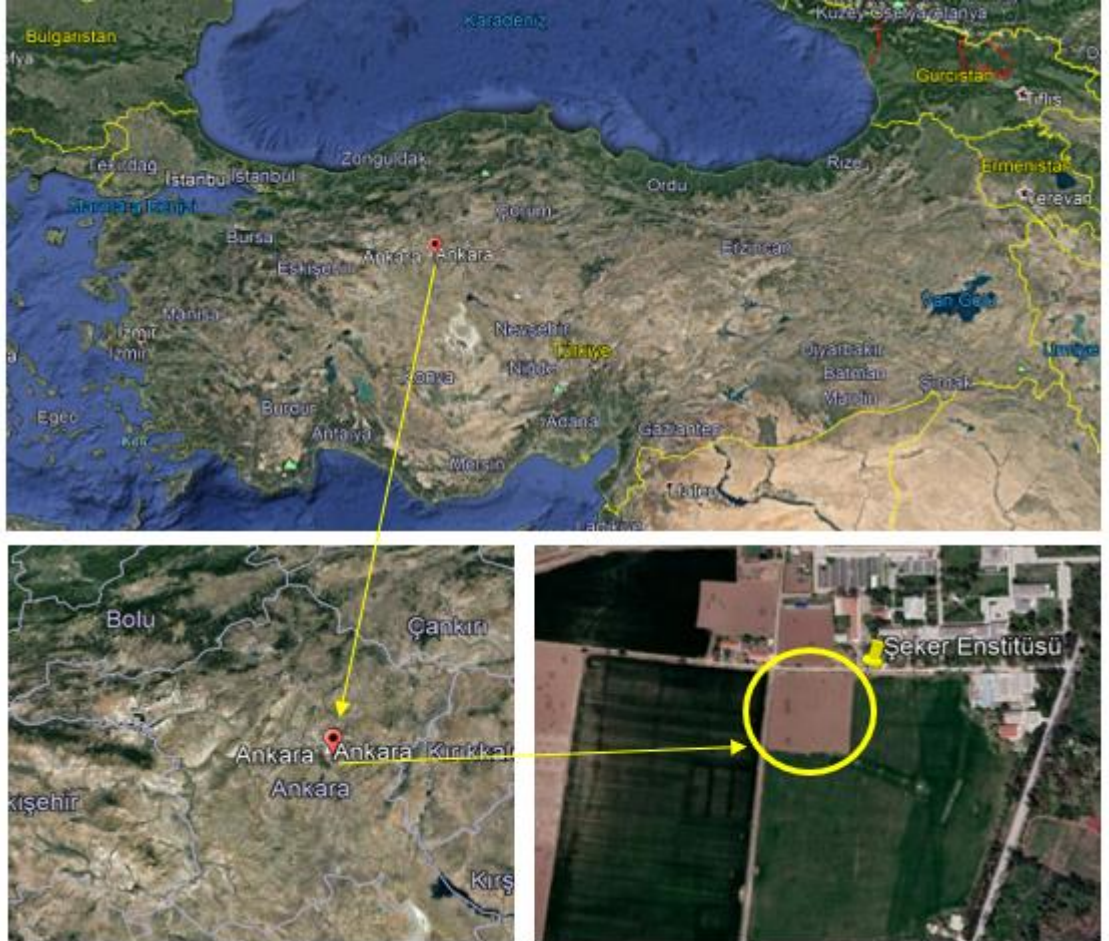
Lima vd. (2021), Avusturalya’da yürüttükleri çalışmalarında yaygın olarak yetiştirilen kuru fasulye çeşitlerinin tuzlu koşullar altında çimlenme ve büyüme performanslarını incelemişlerdir. Sulamalarda tuzlu suyun arıtılması için filtre membran sistemi kullanmışlardır. Sulama suyu tuzluluk seviyeleri 0.2 dS m⁻¹’den 1,4 dS m⁻¹’ye ve 1,4 dS m⁻¹’den 3,1 dS m⁻¹’ye tuzluluk yaratılarak osmotik direncin yükseltilmesi amaçlanmıştır. 3.1 dS m⁻¹ tuzluluk seviyesinde verimde %40 kayıp yaşanmıştır. Çalışma sonucunda membran filtreleme sistemi kullanılarak kurak ve sıcak iklimlerde tuzlu sulama sularının kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Deneme alanı tanımı

Deneme, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsünün deneme alanlarında yürütülmüştür. Şeker Enstitüsü, Ankara'nın batısında, Ankara'yı Ayaş'a bağlayan Devlet Karayolu üzerinde, şehir merkezine 17 km uzaklıkta bulunan Ankara Şeker Fabrikası Kampüsü içinde yer almaktadır. Şeker Enstitüsü Tesislerinde 381 da deneme alanı bulunmaktadır. Deneme alanı ülke, şehir ve parsel boyutlarında **şekil 3.1**'de verilmiştir. Deneme alanı koordinatları $39^{\circ}57'38.02''$ kuzey enlemi ve $32^{\circ}39'39.98''$ doğu boylamında yer almaktadır.



Şekil 3.1 Deneme alanı görüntüsü.

3.1.2 Deneme alanı iklim özellikleri

Ankara ilinde yağışlar genellikle kış aylarında gerçekleşmektedir. Kış yağışları, kar ve sulu sephen şeklinde düşmektedir. En fazla yağış miktarı Mayıs ve Aralık aylarında olmaktadır. Yörenin karla kaplı olduğu süre 20-30 gün arasında değişim göstermektedir. Uzun yıllar iklim verilerine göre Temmuz ve Ağustos en sıcak ve kurak geçen aylardır. Ankara ilinin uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde yıllık yağış miktarı 388 mm, ölçülen en yüksek sıcaklık 41 °C, en düşük sıcaklık -24,4 °C'dir. Ankara iline ait uzun yıllar içerisinde gerçekleşen ortalama iklim değerleri **çizelge 3.1**'de verilmiştir (Anonim, 2020e).

Çizelge 3.1 Ankara İli uzun yıllar iklim ortalamaları (1927-2018)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)
Ocak	0.2	4.2	-3.3	2.7	12.2	39.7	16.6	-24.9
Şubat	1.7	6.4	-2.4	3.9	11.3	35.1	21.3	-24.2
Mart	5.8	11.5	0.6	5.2	10.7	39.1	27.8	-19.2
Nisan	11.3	17.4	5.3	6.6	11.1	41.9	31.6	-7.2
Mayıs	16.1	22.4	9.6	8.5	12.3	51.8	34.4	-1.6
Haziran	20.1	26.6	12.9	10.2	8.6	34.3	37.0	3.8
Temmuz	23.5	30.3	15.8	11.4	3.5	13.5	41.0	4.5
Ağustos	23.4	30.4	15.9	10.8	2.7	11.4	40.0	5.5
Eylül	18.8	26.0	11.8	9.2	4.0	17.6	37.7	-1.5
Ekim	13.0	19.9	7.0	6.7	6.9	27.9	33.3	-9.8
Kasım	7.1	13.0	2.5	4.6	8.2	31.7	24.7	-17.5
Aralık	2.5	6.4	-0.9	2.6	11.7	44.1	20.4	-24.2
Yıllık	12.0	17.9	6.2	82.4	103.2	388.1	41.0	-24.9

3.1.3 Deneme alanı toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü alanda toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bozulmuş toprak örneklerinden bünye, solma noktası, tuzluluk ve verimlilik analizleri yapılmış olup, bozulmamış alınan toprak örneklerinden tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı analizleri yapılmıştır.

Deneme alanı toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir (**Çizelge 3.2**). Çizelge 3.2 incelendiğinde araştırma alanı toprak bünyesi, killi tekstüre sahip olup su tutma kapasitesi yüksektir. Kil içeriği % 41.6 - % 44.2 arasında değişim göstermektedir. Hacim ağırlığı değerleri 1.18 g cm^{-3} ile 1.19 g cm^{-3} arasında TK %38.5 - % 39.4 değerleri arasında, SN ise % 21.1 - % 21.4 arasında değişim göstermiştir. Toprağın kullanılabilir su tutma kapasiteleri 0-30 cm toprak derinliği için 63.7 mm, 0-60 cm toprak derinliği için 127.6 mm, 0-90 cm derinliği için ise 189.2 mm olarak bulunmuştur.

Deneme alanında incelenen profil değerleri göz önüne alındığında toprak derinliği boyunca toprağın su tutma özellikleriyle ilişkili fiziksel değerlerin önemli bir değişiklik göstermediği, toprak profilinin denemede göz önüne alınan 0-90 cm derinliği için homojen özelliklere sahip olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 3.2 Araştırma yeri topraklarının fiziksel ve verimlilik özellikleri

Derinlik (cm)		0-30	30-60	60-90
Kum (%)		42.9	43.9	41.8
Silt (%)		12.9	14.5	14.8
Kil (%)		44.2	41.6	43.4
Bünye		C	C	C
Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)		1.18	1.19	1.18
Tarla Kapasitesi	Pw (%)	39.4	39.2	38.5
	d (mm)	140	140	136
Solma Noktası	Pw (%)	21.4	21.3	21.1
	d (mm)	76.0	76.0	75.0
Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi (mm)		64.0	64.0	62.0
Kireç (%)		7.27	6.61	7.35
Organik Madde (%)		0.29	0.66	0.62
Bitkiye Yararışlı Fosfor (kg da ⁻¹)		6.66	6.65	5.47
Bitkiye Yararışlı Potasyum (kg da ⁻¹)		170.41	162.04	166.2

Toprakların verimlilik özellikleri incelendiğinde organik madde içeriğinin düşük, potasyum miktarının yeterli düzeyde, fosfor ve kireç miktarlarının ise orta düzeyde olduğu görülmektedir. Deneme alanını topraklarının tuzluluk analizleri ise **çizelge 3.3**'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Araştırma yeri topraklarının kimyasal özellikleri

Parametre		Derinlik (cm)		
		0-30	30-60	60-90
pH		7.70	7.82	7.51
EC (dS m ⁻¹)		0.58	0.50	1.12
Çözünabilir İyonlar (me L ⁻¹)	Ca	1.87	1.28	2.58
	Mg	0.95	0.63	2.45
	Na	3.63	3.52	8.50
	K	0.18	0.11	0.16
	HCO ₃	4.19	3.06	3.45
	Cl	0.95	0.44	3.13
	SO ₄	1.49	2.04	7.11
Değişebilir Katyonlar (%)	Ca	82.36	73.71	54.53
	Mg	10.64	18.92	37.21
	Na	3.85	5.94	7.36
	K	3.15	1.44	0.90
KDK (me 100 g ⁻¹)		35.98	37.37	36.33

Çizelge 3.3'te incelendiğinde üzere 0-90 cm toprak profilinde deneme başında alınan toprak örneklerinde tuzluluk-alkalilik ve drenaj sorunu olmadığı görülmektedir. Deneme alanına ait toprak analizleri EK.2'de verilmiştir. Toprak tuzluluğu 0-90 cm profilde düşüktür, ancak tuz birikiminin 60-90 cm profilde etkili düzeyde olmasa da Ca, Mg, Na, Cl ve SO₄ şeklinde, daha fazla olduğu görülmektedir. Katyon değişim kapasitesi yüksek, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 15'den küçük toprak ekstraktı EC değeri < 2 dS m⁻¹ olduğu için tuzluluk sorunu göstermemektedir.

3.1.4 Sulama suyu özellikleri

Denemede sulama suyu, deneme alanının içerisinde bulunun derin kuyudan sağlanmıştır. Sulama sezonunda alınan su örneklerinde yapılan sulama suyu analizine ait tuzluluk özellikleri **çizelge 3.4**'te verilmiştir. Sulama sezonu öncesi ve sonrasında sulama suyu sınıflarında değişim yaşanmaktadır. Sulama sezonunun ilk aylarında T₂-A₁ olan su kalitesi sezon sonunda T₃-A₃ sınıfına gerilemektedir. Sulama suyu kalitesinin tuzluluğa hassas olan bitkilerde dikkatli kullanımı gerekmektedir. Denemede yüzeyaltı damla sulama sisteminin kullanılması fasulye yetiştiriciliğinde avantaj sağlamıştır. Yüzeyaltı

damla sulamada toprak yüzeyi ıslatılmadığı için buharlaşma ile yüzeyde toprak tuzluluğu yaratılmamıştır.

Çizelge 3.4 Araştırmada kullanılan sulama suyunun tuzluluk özellikleri

Analizler	Sulama Sezonu Başlangıcı Analiz Sonuçları	Analizler	Sulama Sezonu Analiz Sonuçları
pH	8.14	pH	7.52
EC (dS m ⁻¹)	0.36	EC (dS m ⁻¹)	1.79
Sodyum (meq L ⁻¹)	1.64	Sodyum (meq L ⁻¹)	15.10
Potasyum (meq L ⁻¹)	0.06	Potasyum (meq L ⁻¹)	0.14
Kalsiyum (meq L ⁻¹)	1.32	Kalsiyum (meq L ⁻¹)	1.90
Magnezyum (meq L ⁻¹)	0.76	Magnezyum (meq L ⁻¹)	1.58
Kalsiyum+Magnezyum (meq L ⁻¹)	2.08	Kalsiyum+Magnezyum (meq L ⁻¹)	3.48
Karbonat (meq L ⁻¹)	0.00	Karbonat (meq L ⁻¹)	0.00
Bikarbonat (meq L ⁻¹)	3.25	Bikarbonat (meq L ⁻¹)	10.73
Klorür (meq L ⁻¹)	0.27	Klorür (meq L ⁻¹)	3.63
Sülfat (meq L ⁻¹)	0.26	Sülfat (meq L ⁻¹)	4.37
Bor (ppm)	0.15	Bor (ppm)	0.45
Bakiye Sodyum Karbonat (meq L ⁻¹)	1.17	Bakiye Sodyum Karbonat (meq L ⁻¹)	7.24
SAR	1.61	SAR	11.44
Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı	T ₂ -A ₁	Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı	T ₃ -A ₃

Sulama sezonu ve sulama sezonu sonunda alınan sulama suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre; su kalitesi T₂A₁ özelliğinden T₃A₃ özelliğe gerilemektedir. Analiz değerleri incelendiğinde, sulama suyunun özellikle Na ve Bikarbonat içeriğinin arttığı görülmektedir. Ayers ve Westcot (1994)'e göre sulama suyu fasulye için problem oluşturacak niteliklerdedir. **Çizelge 3.5**'ten de görüleceği üzere, kullanılan sulama suyunun teorik açıdan %25'den fazla verim kaybına neden olması söz konusudur. Ayrıca,

sulama suyu SAR değerine bakıldığında hem bitki hem de toprak açısından ciddi problemlere yol açabilecek özelliklerde olduğu görülmektedir. Kış yağışlarının yetersiz olduğu durumlarda ilave yıkama suyu ile birlikte kullanılması gereklidir. Ayrıca, sulama suyunun yüksek sodyumluluk özelliğinden ötürü, bu suyun kullanılacağı alanlarda toprak tuzluluğun izlenmesi göz ardı edilmemelidir. Diğer yandan Bakiye Sodyum Karbonat değeri bakımından da sulama suyu problem teşkil edecek özelliklerdedir. İzin verilen 2.54 değerinin yaklaşık 3 katına yükselebildiği görülmektedir. Bu da toprakta başta infiltrasyon sorunu olmak üzere diğer bir takım ciddi problemlere neden olabilecek özelliklerin oluşmasına neden olabilir.

Çizelge 3.5 Fasulyenin sulama suyu ve toprak saturasyonunun elektriksel iletkenlik değeri ile verim arasındaki ilişki (Ayers ve Westcot 1994)

Bitki	100%		90%		75%		50%		0%	
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w
Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2

3.1.5 Bitki materyali özellikleri

Çalışmada bitki materyali olarak Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nün 2012 yılında tescil ettiği Berrak kuru fasulye çeşidi kullanılmıştır (**Şekil 3.2**). Berrak kuru fasulye çeşidi bitki boyu 34-87 cm, ilk bakla yüksekliği 9-17 cm, %50 çiçeklenme gün sayısı 45-60 gün, olgunlaşma gün sayısı 86-106 gün, erkenci, yarı sarılıcı bitki tipindedir. Çiçek rengi beyaz olup, yaprak rengi yeşil, yaprak şekli oval ve ucu sivridir. Çalı tipinde ve tane rengi beyazdır. 100 tane ağırlığı 25.7-33.7 g, arasında değişim göstermektedir. Mozaik virüsüne karşı orta dayanıklıdır. En uygun ekim zamanı Orta Anadolu Bölgesi için Nisan sonu Mayıs başıdır. Sıra arası mesafe 45 cm, sıra üzeri mesafe 8-10 cm, birim alana atılacak tohum miktarı ise 10-12 kg da⁻¹ 'dır. Pişme durumu ıslatılarak 36-42 dakika aralığındadır. Orta Anadolu Bölgesi ve Geçit Bölgeleri için tavsiye edilen bir çeşittir. (Anonim 2021).



Şekil 3.2 Berrak kuru fasulye çeşidi

3.1.6 Araştırmada kullanılan ekipmanlar

3.1.6.1 Toprak su içeriği ölçümü

Toprak su içeriği ölçümleri, frekans esasına dayalı Metos Sentek Drilldrop nem sensörleri (**Şekil 3.3**) kullanılarak ekimden hasata kadar olan sürede yapılmıştır. Sensörler 90 cm ve 120 cm uzunlukta olup üzerindeki algılayıcılar ile her 10 cm’de bir toprak nemi ve sıcaklığı saatlik olarak ölçülmüştür. Sensörler enerji kaynaklarını güneş panellerinden temin etmektedir. Nem sensörlerinden elde edilen veriler, toprağın bünyesine göre oluşturulan kalibrasyon değerleri ile düzeltilerek kullanılmıştır. Topraktaki nem değişimi yetiştirme sezonu boyunca orta bloktaki tüm sulama konularında (S100-S75-S50-S25) takip edilmiştir. Nem sensörleri S100 (kontrol) konusunda derine sızmayı takip edebilmek için 120 cm derinliğe, S75, S50 ve S25 sulama konularında 90 cm derinliğe damlatıcıdan 10 cm uzağa ve parsellerin tam ortasına **şekil 3.3**’de gösterildiği şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3 Nem sensörlerinin arazideki konumu

3.1.6.2 Meteoroloji istasyonu

Denemede kullanılan iklim istasyonu Metos markasına ait iMetos3.3 modelidir. Sistemde termometre, oransal bağıl nem ölçer, yağış ölçer, piranometre (güneşlenme şiddeti) ve anemometre (rüzgâr hızı) cihazları bulunmaktadır (**Şekil 3.4**). Veriler saatlik olarak bir veri depolayıcıyla kayıt edilmektedir. Kayıtlı olan verilere internet üzerinden ulaşılmaktadır. Otomatik iklim istasyonu FAO Penman-Monteith eşitliğine göre evapotranspirasyon değerlerini günlük olarak hesaplamaktadır. Sulama suyu hesaplamalarında günlük olarak hesaplanan ETo değerleri kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Otomatik iklim istasyonu

3.1.6.3 Sulama sisteminin özellikleri ve kurulumu

Sulama suyu deneme sahasının yanında bulunan derin kuyudan 39 m derinlik ve 6 atm basınçla elektrik enerjisi ile çalışan pompa ile yeryüzüne çekilmiştir. Kontrol ünitesi ve sulama kuyusu **şekil 3.5**'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Kontrol ünitesi ve sulama kuyusu

YAD sulama sistemi araziye 2016 yılında kurulmuştur. Yüzeyaltı damla sulama sistemi unsurları; su kaynağı, pompa, hidrosiklon, gübre tankı, ana boru, manifold boru, lateral boru hatları, manometreler ve su sayaçlarıdır.

Kontrol ünitesinden iletilen sulama suyu 75 mm ana boru hattından 32 mm plastik boru manifoldlarına (PPRC) ve bunlardan 20 mm yüzeyaltı lateral borularına iletilmiştir. Bir parselde 12 giriş ve 12 çıkış manifold hattı kurulmuştur. Manifold boru hatları 10 yüzeyaltı laterale hizmet edecek şekilde sistem tertip edilmiştir. Sulama suyu manifoldlar yardımıyla vana, vantuz, su sayacı ve manometreden geçerek lateral hatlarına iletilmiştir. Giriş manifoldlarına bağlı lateral hatlarının sonunda sistem temizliğini sağlamak ve sistemde patlakların olup olmadığını anlamak için çıkış manifold hatları, boşaltım vanası, vantuz ve manometreler bulunmaktadır.

Sisteme ilk su verildiğinde vantuzlar sayesinde lateral hatlarında bulunan hava atılarak sistemin su ile dolması sağlanmaktadır. Giriş ve çıkış manifold hatlarında bulunan manometreler ile sistemde kayıp ve kaçakların tespiti yapılmaktadır. Giriş ve çıkış manifold hatları ve sistem parçaları **şekil 3.6'** da gösterilmiştir. Sulama suyu miktarları her parselde su saatinden geçirilerek ölçülü olarak verilmiştir. Sistemin ilkbaharda sulamalara başlanmadan önce boşaltım vanaları açılarak temizliği yapılmıştır. Aynı uygulama hasattan sonra yine tekrarlanmıştır.



Şekil 3.6 Manifold giriş ve çıkış hatları

Lateraller 70 cm aralıkla ve toprak yüzeyinden 40 cm derinliğe her parselde 10 adet lateral olacak şekilde yerleştirilmiştir. Lateral derinliği seçiminde araştırma alanı toprak özellikleri ve sürüm derinliği dikkate alınmıştır. Uygulama sırasında oluşacak negatif basıncın giderilmesi için YAD sulama sisteminde, özel yapım yassı integral basınç-ayarlı, her sulama periyodunun başında ve sonunda kendi kendini temizleyebilen düzenleyici labirent kanallı, anti-sifon mekanizmalı, damlatıcılardan kök girişini engelleyici özellikte (Nano-Rootguard) Geoflow Vered 20, 2.1 Ls^{-1} debili damlatıcılı, damla sulama lateralleri kullanılmıştır. Yüzeyaltı damla sulama latareli ve yassı damlatıcılar **şekil 3.7**'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Yüzeyaltı damla sulama laterali ve in-line yassı damlatıcı

YAD sulama sistem planı Şekil 3.8’de, kontrol ünitesi, sulama sisteminin parçaları ve araziye kurulumu Şekil 3.9’da verilmiştir.

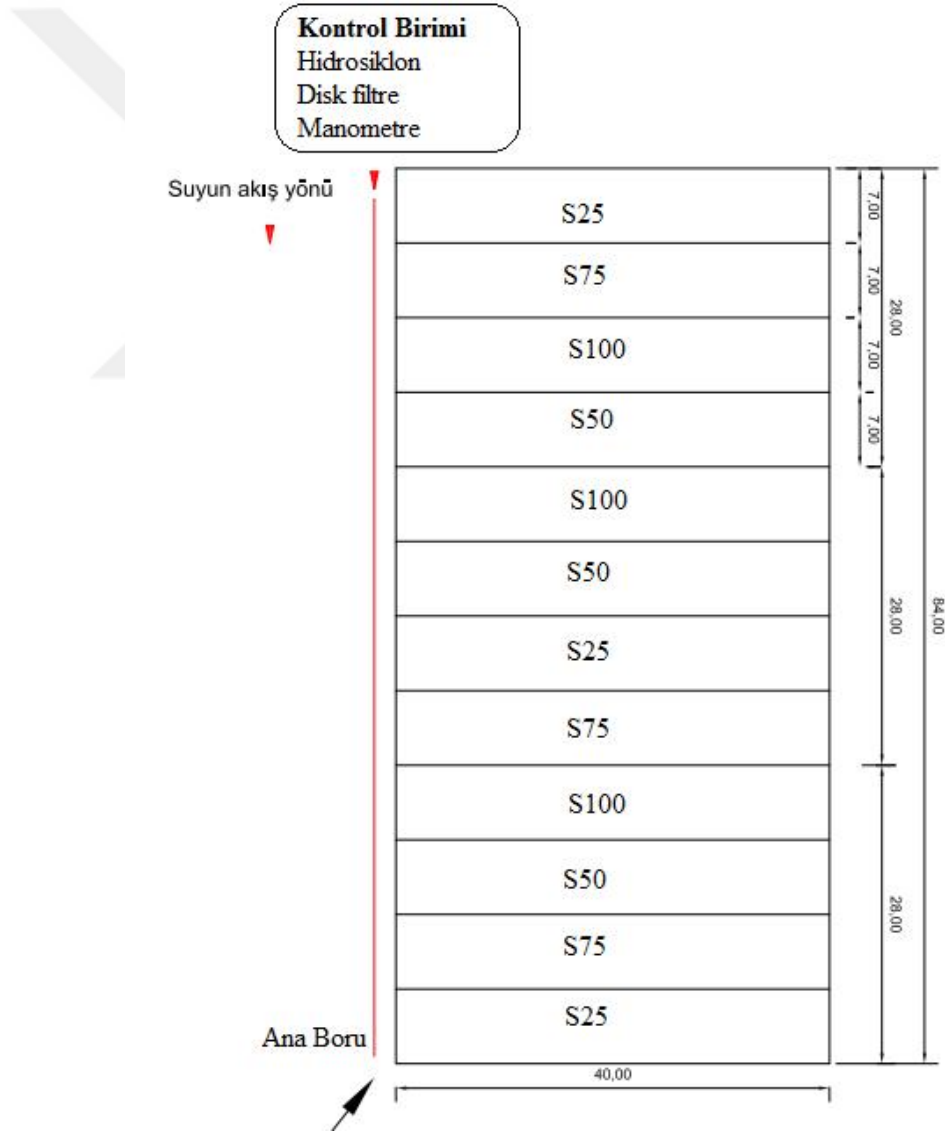


Şekil 3.9 Sulama sisteminin araziye kurulumu

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme deseni ve konuları

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 sulama konusu (%100 ET_c, %75 ET_c, %50 ET_c, %25 ET_c) ve 3 tekerrürlü olarak 2 yıl süreyle toplam 12 parselde yürütülmüştür. Denemede parseller 7 m genişliğinde ve 40 m uzunluğunda düzenlenmiştir. Bu şekilde her parselin alanı 280 m² olmaktadır. Her bir parselde 15 bitki sırası yer almaktadır. Parsel ve blok aralarında boş alan bırakılmayarak tüm alan bitki ile kaplanmıştır. Deneme planı **şekil 3.10**'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Deneme deseni

Deneme konularının sulama suyu miktarının belirlenmesinde, deneme alanında bulunan otomatik iklim istasyonunda ölçülen parametrelerden yararlanılarak FAO Penman Monteith (PM) yöntemi ile günlük ETo değerleri hesaplanmış ve bu değerler bitki katsayıları (Kc) ile düzeltilmiştir. Düzeltilmiş evapotranspirasyon (ETc) değerlerinin toplamı, 60 cm kök derinliğindeki elverişli kapasitenin %20 (± 5)'sinin (25 ± 7 mm) aşmayacak şekilde sulama uygulamalarında kullanılmıştır.

Deneme konuları;

S100: Birikimli ETc değerinin elverişli kapasitenin %20'sine (25 ± 5 mm) ulaştığında sulama uygulamalarının yapılması (%100 ETc - Kontrol Konusu).

S75: ETc'nin 0.75'inin uygulanması (%75 ETc - Kısıtlı su konusu)

S50: ETc'nin 0.50'sinin uygulanması (%50 ETc - Kısıtlı su konusu)

S25: ETc'nin 0.25'inin uygulanması (%25 ETc - Kısıtlı su konusu)

3.2.2 Tarımsal uygulamalar ve gözlemler

Denemede 2018-2019 yıllarında yapılan tarımsal işlemler, bitki fizyolojik gözlemleri ve sulama tarihleri **çizelge 3.6'** da verilmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında ilk sulama temmuz ayının ilk haftası başlamıştır. Çiçeklenme ekimden bir ay sonra gerçekleşmiş ve ilk bakla oluşumu çiçeklenmeden 2 hafta sonra olmuştur. Ağustos ayının sonunda bitkide sararmalar başlamış ve sulamaya son verilmiştir. Sararmaların tamamlandığı Eylül ayında hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Vejetasyon süresi boyunca bitkilerde zararlı ve hastalık gözlenmemiştir.

Çizelge 3.6 Tarımsal uygulamalar ve gözlemler

Tarih	Tarımsal İşlemler	Tarih	Tarımsal İşlemler
17.05.2018	Dip kazan çekilmesi ve Signum ot ilacının atılması	09.05.2019	Tarla Hazırlığı ve Signum ot ilacının atılması
18.05.2018	Ekim	10.05.2019	Ekim+ can suyu
23.05.2018	Can suyu	15.05.2019	Can suyu
07.06.2018	Can suyu	20.06.2019	Çapalama
22.06.2018	Çapalama	26.06.2019	Çiçeklenme
29.06.2018	Çiçeklenme	02.07.2019	1.sulama
03.07.2018	1. Sulama	08.07.2019	Bakla oluşumu ve 2. Sulama
09.07.2018	Bakla oluşumu ve 2. Sulama	16.07.2019	3. Sulama
13.07.2018	3. Sulama	23.07.2019	4. Sulama
18.07.2018	4. Sulama	26.07.2019	5. Sulama
23.07.2018	5. Sulama	29.07.2019	6. Sulama
27.07.2018	6. Sulama	01.08.2019	7. Sulama
01.08.2018	7. Sulama	05.08.2019	8. Sulama
09.08.2018	8. Sulama	09.08.2019	9. Sulama
13.08.2018	9. Sulama	13.08.2019	10. Sulama
17.08.2018	10. Sulama	26.08.2019	Hasat
31.08.2018	Hasat	09.09.2019	Taneleme ve Tartım
04.09.2018	Taneleme ve Tartım		

Parsellerin hazırlanması: Deneme toprağı sonbaharda derin işlenerek taban gübresi olarak %42-44 TSP saf 6 kg da⁻¹ uygulanmıştır. İlkbaharda yüzlek olarak sürüm yapılarak toprak, ekim için hazır hale getirilmiştir. Deneme alanı 84 m genişlikte ve 40 m uzunlukta olacak şekilde parselizasyonu yapılmıştır. Parselizasyon işlemi tamamlandıktan sonra yüzeyaltı damla sulama sistemi 11.05.2016 tarihinde araziye kurulmuştur (**Şekil 3.11**).



Şekil 3.11 Parsellerin hazırlanması

Ekim: Ekimler her iki yılda da 45 cm ayak genişliğine sahip mibzer ile sıra üzeri 8-10 cm olacak şekilde toprak tavlı durumdayken yapılmıştır (**Şekil 3.12**). Denemenin ilk yılında ekim 18.05.2018 tarihinde, ikinci yılında ise 10.05.2019 tarihinde yapılmıştır. Her iki yılda da ekim işleminden sonra can suyu ölçülü olarak parsellere verilmiştir.



Şekil 3.12 Kuru fasulye ekimi

Gübreleme: Gübreleme işlemleri, deneme alanından ekim öncesi alınan toprak örneklerinin verimlilik analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda taban gübresi TSP sonbaharda, azotlu gübrelerin tamamı çiçeklenme döneminde sulama suyu ile birlikte verilmiştir. 2018 yılında verimlilik analiz sonuçlarına göre 3 kg da⁻¹ %46'lık üre, 2019 yılında ise 3.5 kg da⁻¹ %46'lık üre 2 tonluk gübre tankında eritilerek sisteme Neptün marka dozaj pompası yardımıyla verilmiştir (**Şekil 3.13**). Gübrenin dozaj pompası ile verilmesi, gübrenin sulama suyuna tam ve eşit şekilde karışmasını sağlamaktadır.

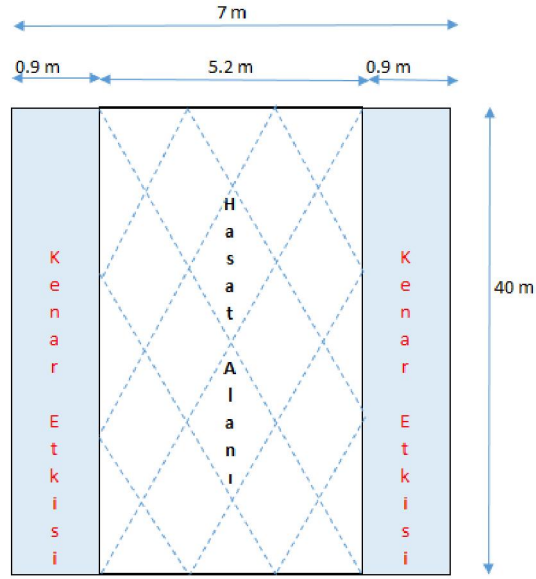


Şekil 3.13 Dozaj pompası ile gübreleme işlemi

Bakım ve mücadele: Yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin en büyük avantajı toprak yüzeyi ıslatılmadığı için yabancı ot gelişiminin olmamasıdır. Denemenin her iki yılında da çimlenme ve çıkış sırasında düşen aşırı yağış miktarı toprak yüzeyinde kaymak tabakası oluşumuna sebep olmuştur. Kaymak tabakasını kırmak için bir kez çapalama işlemi yapılmıştır. Gelişme devresinin diğer dönemlerinde yabancı ot gelişimi olmadığı için çapalamaya ihtiyaç duyulmamıştır.

Denemenin her iki yılında da kuru fasulyede herhangi bir hastalık ve zararlı mücadelesi yapılmamıştır.

Hasat: Kuru fasulye hasadı 2018-2019 yıllarında ağustos ayının sonunda gerçekleştirilmiştir. Kuru fasulye hasatında söküm elle yapılmış, toplanan bitkiler kuruması için serilmiş ve daha sonra taneleme işlemi yapılarak tane verimi elde edilmiştir. Bir parsel alanı $7 \times 40 = 280 \text{ m}^2$ olacak şekilde oluşturulmuştur. Hasatta ise $5.2 \times 36.4 \text{ m} = 189.3 \text{ m}^2$ olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Hasat alanı

Hasat sırasında her parselden bitkide yapılacak ölçüm ve analizler için 10'ar adet bitki alınmıştır. Hasat işlemleri **şekil 3.15** 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Taneleme işlemi

3.2.3 Sulama suyu miktarının belirlenmesi

Denemede kullanılan lateral derinliğinin 40 cm olması nedeniyle sulamaya esas toprak derinliği 60 cm olarak alınmıştır. Topraktaki nem değişiminin takibi ise 90 cm derinliğe kadar yapılmıştır.

Deneme konularına verilen sulama suyu miktarının belirlenmesinde, deneme alanında bulunan otomatik iklim istasyonundan ölçülen iklim parametrelerinden yararlanılmıştır. PM yöntemiyle hesaplanan günlük ETo değerlerinin bitki katsayıları (Kc) ile düzeltilerek fasulye için evapotranspirasyon değeri (ETc) belirlenmiştir. Belirlenen ETc değerlerinin günlük toplamalarının, 60 cm kök derinliğindeki elverişli kapasitenin %20 (± 5)'sini (25 ± 7 mm) aşmamasına dikkat edilerek sulama uygulamalarında kullanılmıştır. Tüm sulama uygulamalarında kontrol konusu olarak S100 alınmış ve su kısıtı uygulamalarında kontrol konusunun oranları (0.75, 0.50, 0.25) şeklinde uygulamalar yapılmıştır. İlk sulama ile birlikte kısıtlı sulama uygulamaları da başlatılmıştır.

Ekim yapıldıktan sonra mevcut nem kontrol edilmiş ve tüm parsellerde 60 cm toprak derinliğindeki mevcut nem $\%20 \pm 5$ 'e ulaştığında ilk sulama yapılmıştır.

S100 konusuna uygulanan sulama suyu miktarı hesaplamaları Eşitlik 3.1 ve 3.2 yardımıyla yapılmıştır (Allen vd.1998).

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (3.1)$$

ETc= Bitki su tüketimi (mm),

Kc = Bitki katsayısı,

ETo= Referans bitki su tüketimi (mm).

$$I = (\sum ET_c - \sum R) * A \quad (3.2)$$

I=Sulama suyu miktarı (mm),

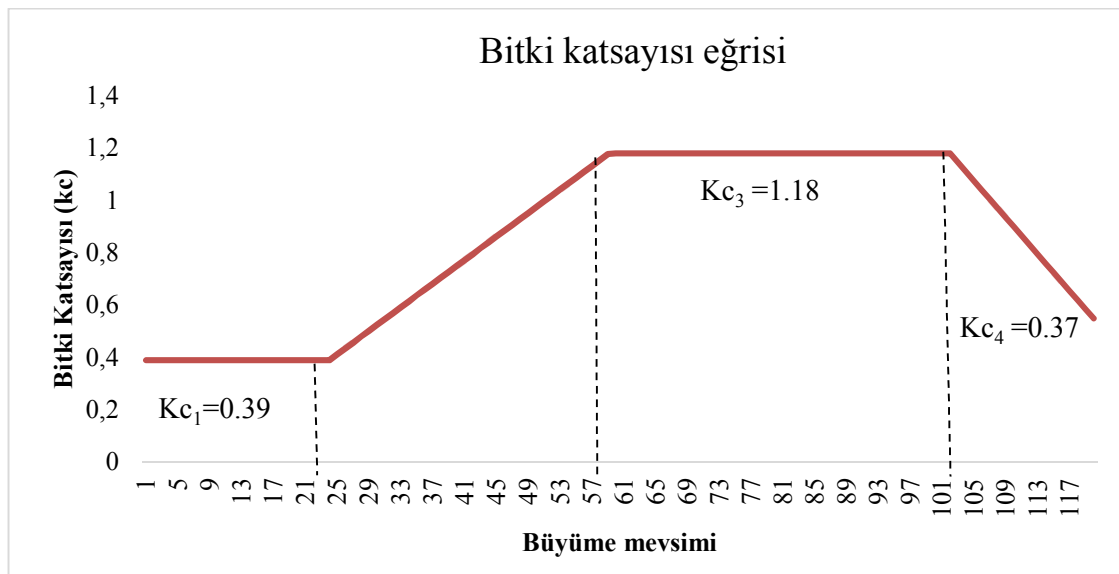
$\sum ET_c$ = Birikimli ETc (mm),

R= Birikimli Yağış (mm)

A= Alan (m²).

Ankara İlinde yetiştirilen kuru fasulye bitkisi için Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi’nden bitki katsayısı (Kc) değerleri alınmıştır. Rehberde kuru fasulye bitkisinin Ankara ili Etimesgut ilçesi için belirlenmiş değerleri $Kc_1=0.39$, $Kc_3=1.18$, $Kc_4=0.37$ ’dir (Anonim 2017).

Kuru fasulyeye ait bitki katsayısı grafiği Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Kuru fasulye vejetasyon dönemi 2018 yılında 106 gün, 2019 yılında ise 109 gün olmuştur. Kuru fasulye gelişme dönemi uzunluğu 100-110 gün arasında değişim göstermektedir. Kuru fasulyenin gelişme dönem Kc değerlerine bakıldığında ekimden itibaren başlangıç döneminde $Kc_1:0.39$ sabit değer alınmıştır. Bitkinin gelişme ve çiçeklenme döneminde ise her gün için interpolasyon yapılarak Kc_2 değerleri belirlenmiştir. Bakla oluşumunu içeren 3. Dönem için $Kc_3:1.18$ sabit değeri alınmıştır. Bakla oluşumunun tamamlandığı ve artık sararmaların başladığı son dönem de Kc değerleri her gün için interpolasyon yapılarak azaltılmaya devam edilmiş ve son gün $Kc_4:0.37$ olarak alınmıştır. Kuru fasulye bitkisinin gelişme dönemlerine göre Kc eğrisi **şekil 3.16**’da verilmiştir. ETo değerleri günlük olarak, FAO PM yöntemine göre hesaplama yapan, otomatik iklim istasyonundan alınmıştır (Allen vd. 1994a, 1994b).



Şekil 3.16 Kuru fasulye bitkisinin Kc eğrisi

3.2.4 Gerçek bitki su tüketiminin belirlenmesi

Yetiştirme sezonunda günlük gerçek evapotranspirasyon miktarları su bütçesi yöntemine göre Eşitlik 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır (Jensen vd.1990).

$$ET_a = I + P + Cr - Dw - Rf \pm \Delta S \quad (3.3)$$

Burada;

ET_a : Gerçek evapotranspirasyon miktarı (mm),

I: Sulamayla verilen su miktarı (mm),

P: Yağış miktarı (mm),

Cr: Kapılar yükselme miktarı (mm),

Dw: Derine sızma miktarı, (mm)

Rf: Yüzey akış miktarı (mm),

ΔS : Toprak nem içeriğindeki değişim miktarıdır (mm).

Eşitlikte kullanılan değerlerden P etkili yağış değeri denemenin yürütüldüğü alanda bulunan otomatik iklim istasyonundan günlük yağışlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Deneme alanına düşen günlük yağış miktarları ≤ 25 mm olduğu zaman hesaba katılmış, üzerinde olduğu durumlarda ise etkili yağış (Yıldırım 2003)'e göre hesaplanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü alanda taban suyu ölçümleri takip edilmiş, taban suyu yükselmesinin olmadığı belirlenmiş ve Cr sıfır kabul edilmiştir (Hanks vd. 1976).

Denemede su sayacından ölçülü olarak sulamaların kontrollü bir şekilde yapılması ve laterallerin toprak yüzeyinden 40 cm derinde olması nedeniyle yüzey akış (Rf) söz konusu olmamıştır.

Toprakta derine sızmanın (Dp) olup olmadığı S_{100} sulama konusunda 120 cm ve 90cm derinliklerde bulunan 2 adet nem sensörü ile takip edilmiştir. 0-90 cm derinliğindeki nem değişimi (ΔS) drilldrop nem sensörleri okumalarından hesaplanmıştır. Topraktaki nem değişim ekimden hasata kadar 24 saatlik dönemde takip edilmiş ve nem değişimi grafiğinde bu değerler kullanılmıştır.

3.2.5 Su ve sulama suyu üretkenlikleri

Mevsim boyunca uygulanan sulama suyu ve verim değerlerinin kaydedilmesiyle birlikte her bir sulama konusu için su üretkenliği (WUE) ve sulama suyu üretkenliği (IWUE) Eşitlik (3.4) ve (3.5) kullanılarak hesaplanmıştır (Howell vd.1990). Su ve sulama suyu kullanım etkinliğinin son yıllarda birim sudan elde edilen net gelir dikkate alınarak da hesaplanabilmektedir (Çetin ve Kara 2019). Net gelir hesaplamasında toprak işleme, ekim, bakım işlemleri, hasat ve diğer giderler (sermaye faizi, yönetim giderleri vb.) dikkate alınmıştır. Su üretkenliği hesaplamasında eşitlik (3.6) kullanılmıştır (Pereira vd. 2012, Çetin ve Kara, 2019). Bu çalışmada iki farklı eşitlik ile su üretkenliği hesaplamaları yapılmıştır.

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.4)$$

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.5)$$

$$EWUE = \frac{NG}{I} \quad (3.6)$$

Eşitliklerde;

IWUE: Sulama suyu üretkenliği (kg m^{-3}),

Y: Verim (kg da^{-1}),

I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm), ($\text{m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$)

WUE: Su üretkenliği (kg m^{-3}),

ET: Bitki su tüketimini (mm),

EWUE: Ekonomik su üretkenliği (TL m^{-3})

NG: Net gelir (TL ha^{-1}) ifade etmektedir.

3.2.6 Verim tepki etmeni (ky)

Bitkilerin su-verim ilişkilerini belirlemek için birçok model geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller arasında Stewart eşitliği en yaygın kullanılanıdır. (Stewart vd.1976; Doorenbos ve Kassam, 1979). Bu model oransal bitki su tüketimi azalışı ile oransal verim azalışı arasındaki doğrusal ilişkiye dayanmaktadır. Araştırmada tane verimi ile mevsimlik su tüketimleri arasındaki ilişkiler bu model kullanılarak elde hesaplanmıştır. Çalışmada Eşitlik (3.7) kullanılmıştır.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

Ya: Su kısıntısı koşullarında gerçek verim (kg da⁻¹),

Ym: Tam sulama koşulunda en yüksek verim (kg da⁻¹),

ETa: Su kısıntısı koşullarında gerçek bitki su tüketimi (mm),

ETm: Tam sulama koşulunda en yüksek bitki su tüketimi (mm)

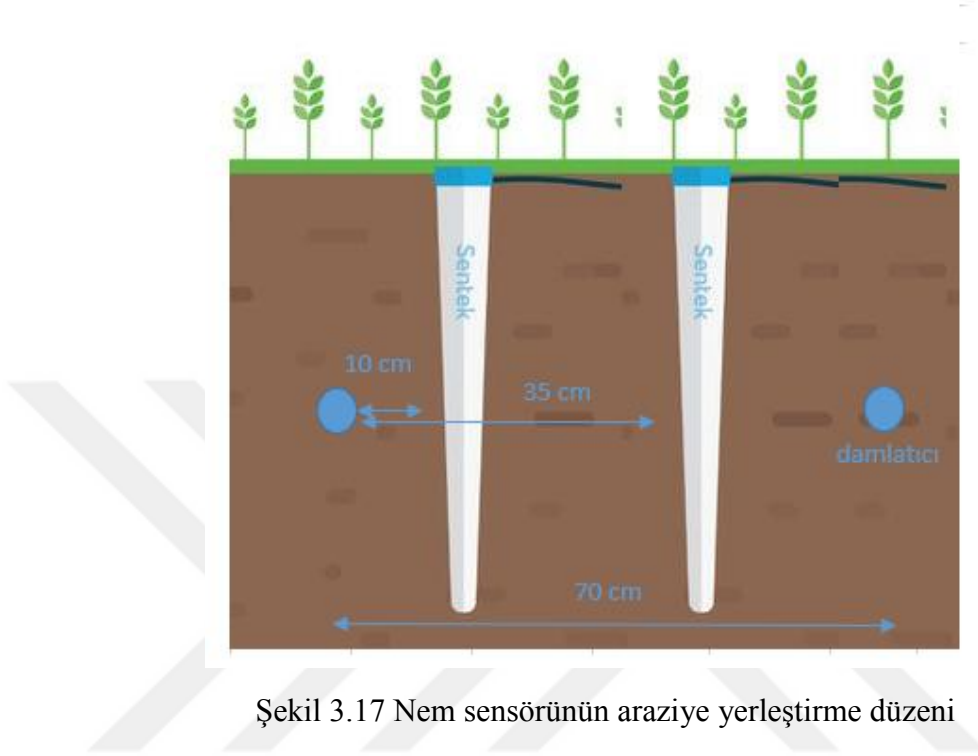
ky: Su-verim tepki etmenini göstermektedir.

3.2.7 Toprak su içeriğinin ölçümü

Tüm konularda ekimden hasada kadar toprak nemi günlük olarak ölçülerek, topraktaki nemin zaman boyutundaki değişimi belirlenmiştir.

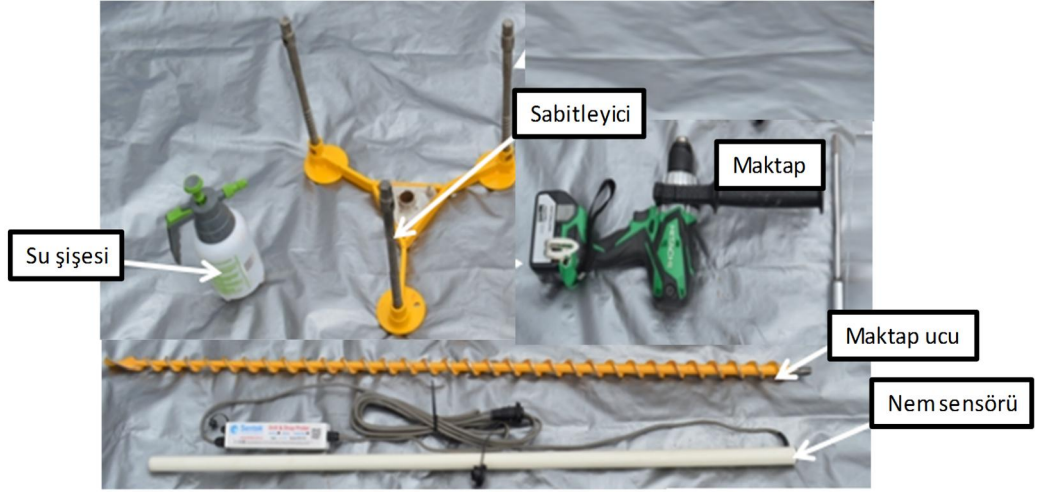
Nem ölçümlerinde frekans esasına dayalı drildrop nem sensörleri kullanılmıştır. Drilddrop nem sensörleri 0-120 cm ve 0-90 cm derinlikte her 10 cm’de ölçüm yapabilen algılayıcılar ile toprak profilinde nem ölçümü yapmaktadır. Nem sensörleri orta blokta bulunan tüm sulama konularına (S75, S50 ve S25), damlatıcıdan 10 cm uzağa gelecek şekilde 90 cm uzunluğunda olarak yerleştirilmiştir (**Şekil 3.17**). S100 kontrol konusuna 90cm uzunluğundaki sensör damlatıcıdan 10 cm uzağa ve 120 cm uzunluğundaki sensör 2 lateralın orta noktası olan 35 cm’ye derine sızmaları takip edebilmek için yerleştirilmiştir.

Sistem nem sensörlerinin saatlik olarak ölçüm yaptığı verileri, solar enerji ile çalışan veri kayıt paneline iletmektedir. Veri kayıt panelinde bulunan verilere internet üzerinden ulaşım sağlanmıştır

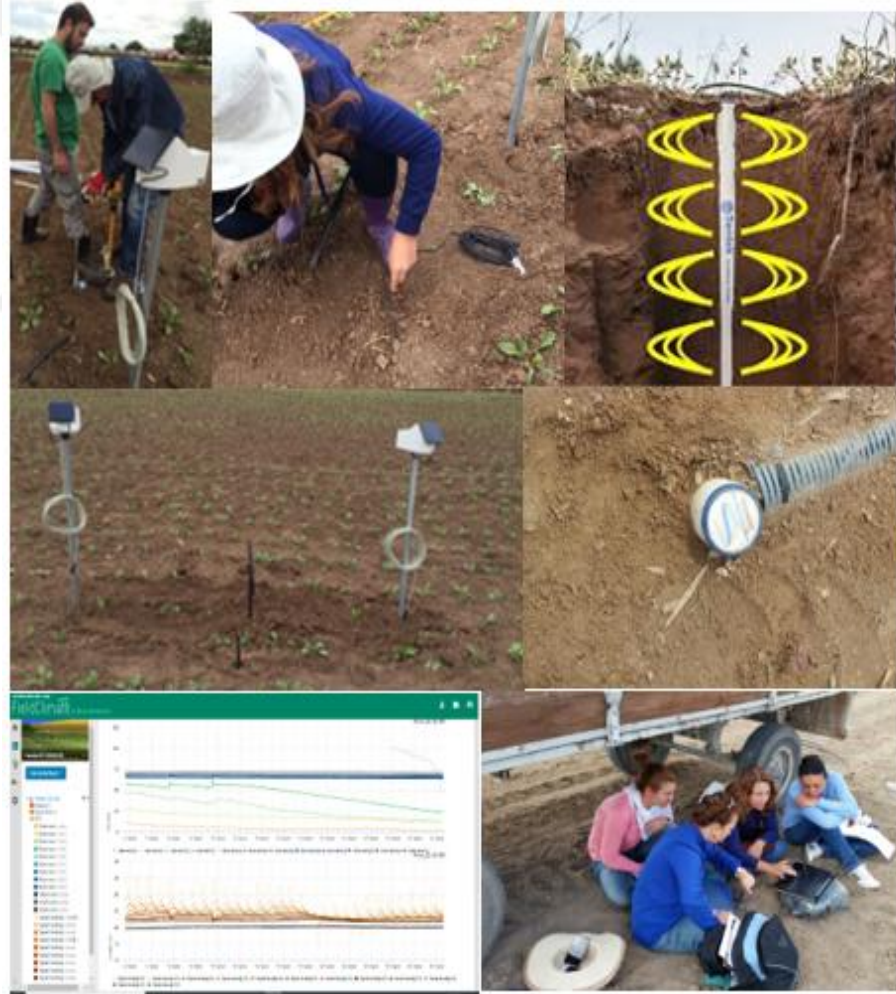


Şekil 3.17 Nem sensörünün araziye yerleştirme düzeni

Nem sensörleri **şekil 3.18**'de gösterilen ekipmanlar yardımıyla kurulumu yapılmıştır. Drilldrop nem sensörlerini yerleştirmek için sensör genişliğinde çukur açabilen 90 cm uzunluğunda matkap ucu kullanılarak burğu delikleri açılmıştır. Sensörün etrafındaki toprak yapısının bozulmaması ve sensörün düz bir şekilde yerleştirilebilmesi için sabitleyici ayaklar kullanılmıştır. Toprak yapısı bozulmadan açılan burğu boşluklarına nem sensörleri yerleştirilmiştir. Toprak üstünde kalan sensörün en üst kısmı toprak ile kapatılmıştır. Sensör yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra solar enerji ile çalışan veri kayıt panelinin bağlantıları yapılmış ve internet aracılığı ile sensöre uzaktan erişim sağlanmıştır. Nem sensörlerinin **şekil 3.19**'da kurulum aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 3.18 Sensör yerleştirme ekipmanları



Şekil 3.19 Sensör kurulumu

Toprak nem sensörlerinin kalibrasyonu için toprağın fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Denemeden alınan toprak örneklerinde bünye, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı tayinleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre toprak killi tekstüre sahip olup, sensör frekans (SF) okumalarının kalibrasyonunda ağır killi toprak özelliklerine ait dönüşüm katsayıları kullanılmıştır (**Çizelge3.7**).

Killi ve ağır killi bünyeye ait kalibrasyon grafiği Şekil 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Kalibrasyon katsayıları

Toprak Tekstürü	a	b	c	r²
Kum	0.092	0.555	0.189	0.911
Tın	0.446	0.271	-0.227	0.93
Kil	1.072	0.209	-1.169	0.867
Ağır Killi	0.003	1.487	0.27	0.917
Karışım Topraklar	0.232	0.41	-0.021	0.918

Denemede kullanılan ağır killi toprak bünyesi için Eşitlik 3.8 kullanılmıştır (Anonim 2019).

$$SF=0.1957*(\text{sensör okuması})^{0.404}+0.02852 \quad (3.8)$$

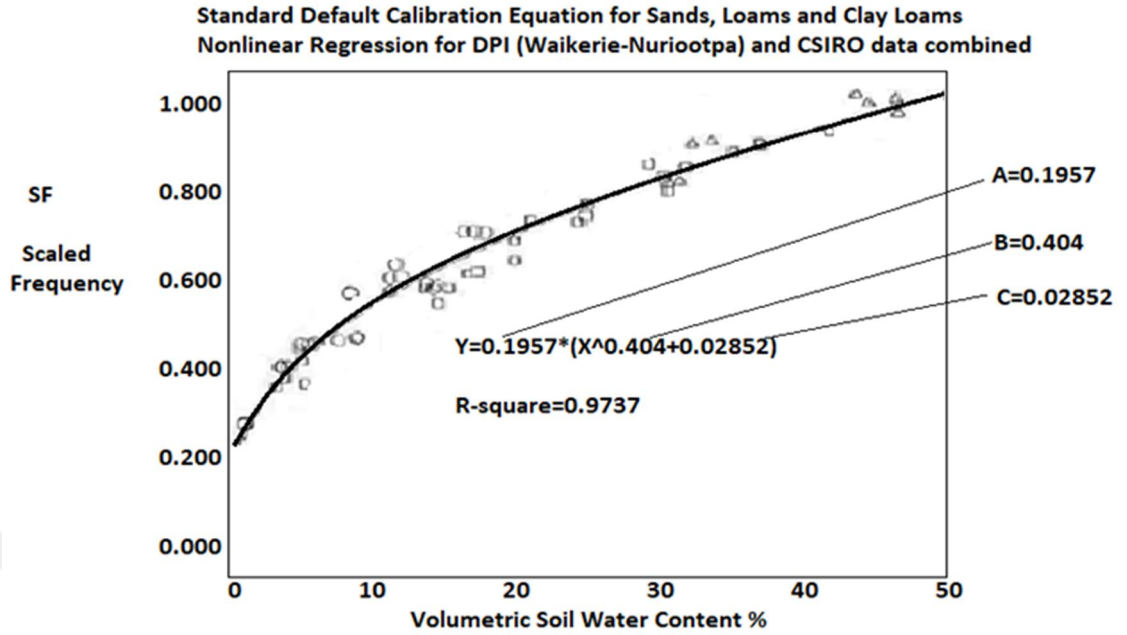
Sensörden okunan değerlerin (SF) dönüşümü yapıldıktan sonra hacimsel olarak nem içeriği (VWC) değerleri elde edilmiştir. Bunun için Eşitlik 3.9 kullanılmıştır. Hacimsel su içeriğinin bulunmasında Eşitlik 3.10’dan yararlanılmıştır.

$$SF=a*VWC^b +c \quad (3.9)$$

$$VWC=(SF - 0.270/0.003)^{1/1.487} \quad (3.10)$$

VWC: Hacimsel su içeriği (mm)

a,b,c= toprak bünyesine göre belirlenen katsayılar



Şekil 3.20 Kalibrasyon grafiği

VWC dönüşü yapılan nem değerleri mevsimsel topraktaki nem değişiminin izlenmesinde kullanılmıştır.

3.2.8 Toprak analizleri

Toprakların fiziksel, kimyasal ve tuzluluk analizleri için deneme parsellerinden; deneme öncesinde ve sonrasında toprak burgusu ile 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların hacim ağırlığı ve tarla kapasitesinin belirlenmesi için ise 0-90 cm derinlikten her 30cm de bir bozulmamış örnekler alınmıştır. Topraklar hava kurusu hale getirildikten sonra öğütülüp 2 mm'lik elekten elenerek laboratuvar analizlerine hazır hale getirilmiştir. Deneme alanına ait toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir (Tüzüner vd. 1990).

Suyla doygunluk tayini (%): 2 mm'lik elekten geçirilmiş 100 gr hava kurusu toprak örneği otomatik büret kullanılarak saf su ile satire hale getirilmesi ile belirlenmiştir (TS 8333).

Elektriksel iletkenlik ($dS\ m^{-1}$): Saturasyonu yapılan çamurda ve ekstraktında elektriksel iletkenlik ölçer ile bulunmuştur (TS ISO 11265, Richards 1954).

Toprak reaksiyonu (pH): Saturasyonu yapılan çamurda ve ekstraktında pH metre yardımıyla ölçülmüştür (Richards 1954).

Çözeltideki serbest iyonlar ($me\ L^{-1}$): Sodyum ve potasyum fleymfotometre okuması yapılarak, kalsiyum ve magnezyum EDTA titrasyonu, karbonat ve bikarbonat 0.01 N H_2SO_4 titrasyonu, klor 0.05 N $AgNO_3$ titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir (Richards 1954).

Değişebilir katyonlar ($me\ 100g^{-1}$): Kalsiyum ve magnezyum 1 N sodyum asetat ile Sodyum ve potasyum 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilmesiyle belirlenmiştir. Toplam ekstrakte edilebilir katyonlardan çözünebilir katyonların çıkarılması ile değişebilir katyonlar bulunmuştur (Richards 1954).

Kasyon değişim kapasitesi ($me\ 100g^{-1}$): 1N sodyum asetat çözeltisi doyurulduktan sonra sonra 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilerek fleymfotometrede sodyum okumaları yapılarak bulunmuştur (Bower vd. 1952).

Toprakların tekstür analizi: 2 mm'den elenen toprak örneğinden 50 gr beherlere tartılarak konulmuştur. Üzerine 50 g toprak örneği, 5 ml NaOH ve $Na_2C_2O_4$ ilave edilerek 40 sn ve 2. saat okumaları 'Bouyoucos Hidrometre' yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

Hacim ağırlığı tayini ($g\ cm^{-3}$): Laboratuvara getirilen bozulmamış toprak örneklerinin 105 °C'de 1 gece kurutulmuş ve kuru ağırlığın tartımı alınarak silindir hacmine oranı ile belirlenmiştir (Richards 1954).

Tarla kapasitesi tayini (%): Poroz levha üzerinde bir gün doyurulan örnekler, 1/3 atmosfer basınç uygulayan basınçlı tencereye koyulup tarla kapasiteleri belirlenmiştir (Tüzüner 1990).

Solma noktası tayini (%): Poroz levha üzerinde bir gün doyurulan örnekler, 15 atmosfer basınç uygulayan basınçlı tencereye koyulup solma noktaları belirlenmiştir (Tüzüner 1990).

Bitkiye yarayışlı fosfor (P_2O_5): Toprakta bulunan fosforu 0.5N Sodyum bikarbonat (pH 8.5) çözeltisi ile açığa çıkarmak ve çözeltiye geçirmek, çözeltiye geçen fosforu mavi renk oluşturan bir ortamda bağlayıp indirgeyerek elde edilen mavi rengin yoğunluğunun aynı şartlarda hazırlanmış ve içerisinde fosfor miktarı bilinen standartlarla spektrofotometrede okuyup kıyaslayarak, toprakta bulunan bitkiye yarayışlı fosfor miktarını tayini şeklinde belirlenmiştir. (Olsen vd.1954).

Toprakların kireç değerleri: Toprağın seyreltik HCl ile Scheibler kalsimetresinde ölçümü ile belirlenmiştir (Çağlar 1949).

Yarayışlı potasyum(K_2O): 1M $NH_4CO_3COO.3H_2O$ çözeltisiyle toprak ekstraktında, potasyum miktarı flame fotometrede okunarak belirlenmiştir (Jackson 1958).

Organik madde (%): Demir sülfat ile titre edilerek organik madde bulunmuştur (Modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre analizler yapılmıştır (TS 8336).

3.2.9 Bitkide yapılan ölçümler

Tohum Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü'nün Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatına göre yapılmıştır (Anonim 2001). Bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide dal sayısı, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayılarının belirlenmesi için her parselden önceden belirlenen 10'ar adet örnekte ölçümler yapılmıştır.

Tane verimi ($kg\ da^{-1}$): Hasat edilen kuru fasulye parsellerinde taneleme işlemi yapıldıktan sonra her bir tekerrür için elde edilen tane verimleri tartılarak bulunmuş ve kg/da cinsinden verilmiştir. Araştırmadan elde edilen tane verimlerinde %14 nem

düzenlemesi yapılarak parsel verimleri belirlenmiştir. İstatistiksel değerlendirmede düzeltilmiş verimler kullanılmıştır.

Bitki boyu (cm): Hasat sırasında önceden belirlenmiş olan parsellerden alınan 10 adet bitki örneğinde çıkış boğumundan tepe noktasına kadar olan mesafe ölçülerek bulunmuştur.

İlk bakla yüksekliği (cm): Hasat sırasında önceden belirlenmiş olan sulama konularından alınan 10 adet bitki örneğinde çıkış boğumundan ve ilk bakla arasındaki mesafenin ölçümüyle belirlenmiştir.

Bitkide dal sayısı (adet): Hasat sırasında önceden belirlenmiş olan sulama konularından alınan 10 adet bitki örneğinde sayım yapılarak bitki başına düşen ortalama dal sayıları belirlenmiştir.

Bitkide bakla sayısı (adet): Hasat sırasında önceden belirlenmiş olan sulama konularından alınan 10 adet bitki örneklerinde bakla sayımı yapılmıştır. Bitki başına düşen ortalama bakla sayısı belirlenmiştir.

Baklada tane sayısı (adet): Hasat sırasında önceden belirlenmiş olan sulama konularından alınan 10 adet bitki örneğinde bakla ve tane sayımı yapılmıştır. Baklada tane sayısı, tane sayılarının bakla sayısına bölünmesiyle bulunmuştur.

100 tane ağırlığı (g) : Tane kuruduktan sonra her parselden %14 neme göre düzeltilmiş tanelerin sulama konularına göre tesadüfi olarak alınan 4 paralel olarak sayımı yapılan 100 tanenin ağırlıklı ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Hasat sonrasında yapılan ölçümler **şekil 3.21**'de belirtilmiştir.



Şekil 3.21 Hasat sırasında yapılan bitki ölçümleri

3.2.10 Kalite analizleri

Hasat edilen parsellerden tane verimi belirlendikten sonra kuru ağırlık, yaş ağırlık analizi ve kuru hacim Tohum Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü'nün Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatında belirtilen esaslara göre yapılmıştır (Anonim 2001).

Kuru ağırlık tayini (g): Her parselden alınan 100 adet kuru fasulye sayımı yapılmıştır. 100 adet olarak sayılan tanelerin tartımı kuru ağırlık değeri olarak kaydedilmiştir. Kuru ağırlık hesaplarında % 14'e göre düzeltilen değerler kullanılmıştır.

Yaş ağırlık tayini (g): Her parselden alınan yüz adet kuru fasulye tohumunun kuru ağırlığı alınmış ve üzerine su ilave edilmiştir. Yaklaşık 1 gece (16 saat) bekletildikten sonra suları boşaltılmış ve taneler kurutma kâğıdına alınmıştır. Fazla suyu alınan tanelerin tartımı yapılmıştır. Tartım sonucu yaş ağırlık olarak kaydedilmiştir (Anonim 2001).

Kuru hacim tayini (ml): Her parselden alınan fasulye tohumlarından 100 adet sayılarak dereceli silindire koyulmuştur. Silindirlere 50 ml saf su ilave edilmiş ve bulunan değer kuru hacim olarak belirlenmiştir (Anonim 2001).

Protein oranı tayini (%) : Her parselden alınan fasulye tanelerinden 15 gram olacak şekilde değirmende öğütülmüştür. Öğütülen örneklerin Kjeldhal metoduna göre analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen toplam azot değerleri fasulye için belirlenmiş olan 6.25 katsayısı ile çarpılarak, tanelerin içerdiği % protein oranı hesaplanmıştır (Bremmer ve Mulvaney 1965).

3.2.11 Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre kurgulanmıştır. Denemeler 3 tekerrürlü ve 4 sulama seviyesi olacak şekilde yürütülmüştür. İstatistiksel değerlendirme Yurtsever (2011)'de açıklanan esaslara göre yapılmıştır.

2018 ve 2019 yılına ait veriler arasındaki farklılığın tespiti için, her yıl için varyans analizleri yapılmıştır. Varyansların homojenlik testi yapılmış ve bloklardan elde edilen verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($p>0.05$). Yüzde içeren verilerde (% protein oranı) Arcsin dönüşümü yapılmış ve dönüştürülen verilerde varyans analizleri yapılmıştır. Varyansları homojen olan verilerin yıl birleştirmesi yapılmış istatistiksel olarak önemli bulunan parametrelerde ($p<0.05$), farklılığın gruplandırılması için LSD testi yapılmıştır. Deneme sonucunda elde edilen verilerin varyans analizi SPSS 25.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) istatistik paket programı yardımıyla yapılmıştır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bulgular ve tartışma bölümünde, otomatik iklim istasyonundan alınan iklim verileri ile toprağa ilişkin tuzluluk, verimlilik ve fiziksel analiz sonuçları, ayrıca sulama suyu analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Sulama suyu miktarları, tane verimleri ve bitki su tüketimleri ile su ve sulama suyu üretkenlik sonuçları, bitki fizyolojik ve teknolojik parametrelerinin sonuçları tartışılarak değerlendirilmiştir.

4.1 Deneme Alanı İklim Özellikleri

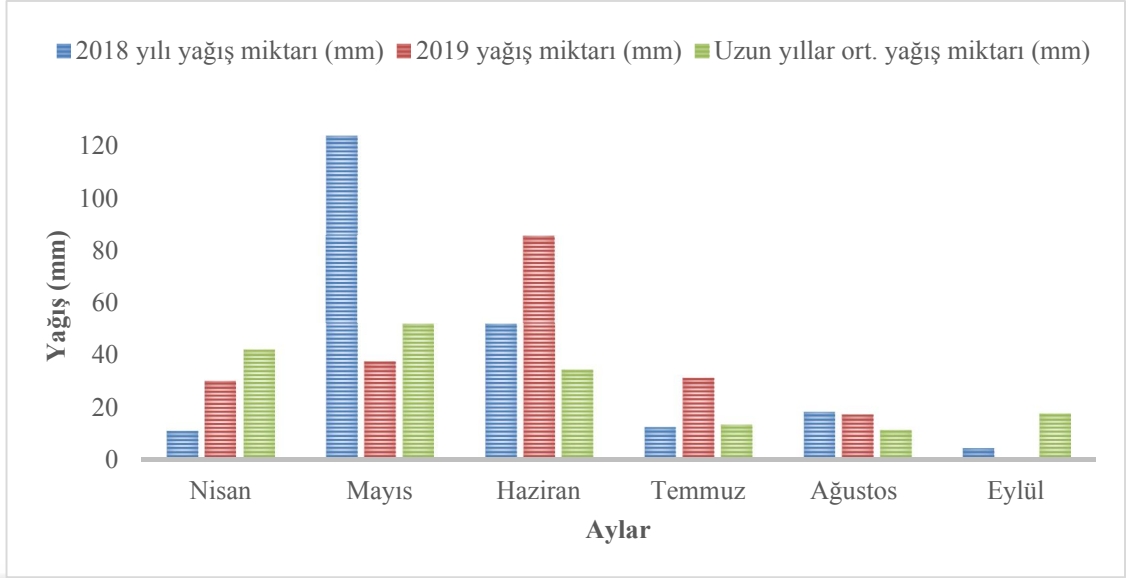
Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda yetiştirme sezonu boyunca otomatik iklim istasyonundan günlük olarak ölçülen iklim parametreleri **çizelge 4.1**'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde 2018 ve 2019 yıllarında yetiştirme sezonundaki ortalama sıcaklık değerlerinin uzun yıllar ortalama hava sıcaklık değerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Aynı durum yağış miktarında da gözlenmektedir. 2018 ve 2019 yılında yetiştirme sezonunda düşen aylık yağış miktarı değerleri, uzun yıllar yağış miktarlarından fazladır. Araştırmanın ilk yılı olan 2018'de yetiştirme sezonunda düşen toplam yağış miktarı 222 mm, 2019 yılında ise toplam yağış miktarı 203 mm olmuştur. Uzun yıllar toplam yağış miktarı ise 170 mm'dir.

Bitki büyüme mevsimi boyunca düşen aylık yağış miktarları ve uzun yıllar ortalaması **şekil 4.1**'de verilmiştir. Deneme süresince düşen toplam yağış miktarında, uzun yıllar ortalama yağış miktarıyla karşılaştırıldığında yaklaşık %24 oranında artış meydana gelmiştir. 2018 yılının mayıs ayında düşen yağış miktarının, 2019 yılı ve uzun yıllar yağış miktarından fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1 2018-2019 yıllarına ait deneme alanı iklim verileri

2018 Yılı									2019 Yılı									Uzun Yıllar Ortlaması			
Aylar	Hava Sıcaklığı (°C)	Solar Radyasyon (Wm ⁻²)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgâr Hızı (m s ⁻¹)	Toprak Sıcaklığı (°C)			Hava Sıcaklığı (°C)	Solar Radyasyon (Wm ⁻²)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgâr Hızı (m s ⁻¹)	Toprak Sıcaklığı (°C)			Uzun yıllar Hava Sıcaklığı(°C)			Yağış (mm)	
	Ort.	Ort.	Ort.		Ort.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Ort.	Ort.		Ort.	Ort.	Mak.	Min.	Min.	Mak.	Ort.	Top	
Nisan	14.2	209.0	52.5	11.2	0.7	12.6	15.8	9.0	10.4	172.0	37.8	30.2	1.0	10.6	13.6	8.0	11.3	17.4	5.3	41.9	
Mayıs	17.6	206.0	33.6	123.8	0.7	16.5	18.1	15.0	17.3	212.0	40.5	37.4	0.9	15.7	19.8	13.0	16.1	22.4	9.6	51.8	
Haziran	21.2	259.0	18.0	51.6	0.7	19.6	21.7	18.0	21.9	243.0	45.4	85.4	1.0	21.0	23.2	19.2	20.1	26.6	12.9	34.3	
Temmuz	24.5	268.0	44.1	12.6	1.1	23.4	25.1	21.0	22.5	260.0	42.7	31.2	1.1	22.2	24.0	20.7	23.5	30.3	15.8	13.5	
Ağustos	24.7	236.0	38.1	18.4	1.0	23.9	25.8	23.0	23.8	231.0	43.0	17.4	1.3	23.7	25.3	22.3	23.4	30.4	15.9	11.4	
Eylül	19.7	186.0	46.2	4.6	1.1	22.3	25.8	19.0	19.3	192.0	46.0	1.0	0.9	22.0	24.2	19.4	18.8	26.0	11.8	17.6	



Şekil 4.1 2018- 2019 yılları aylık yağış ve uzun yıllar yağış miktarları (mm)

4.2 Sulama Suyu Miktarları

Yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanılarak PM yöntemiyle hesaplanan günlük ETo değerleri bitki katsayıları (Kc) ile düzeltilerek fasulye için evapotranspirasyon değeri (ETc) belirlenmiş ve günlük toplamların, 60 cm kök derinliğindeki elverişli kapasitenin %20 (± 5)'sini (25 ± 7 mm) aşmamasına dikkat edilerek sulamalar yapılmıştır.

Sulama konuları S100 (%100 ETc'nin uygulanması), S75 (ETc'nin %75'inin uygulanması), S50 (ET'nin %50'sinin uygulanması), S25 (ETc'nin %25'inin uygulanması) şeklindedir. Deneme süresince kuru fasulye bitkisine uygulanan sulama suyu miktarları ve sulama sayıları **çizelge 4.2**'de verilmiştir.

Denemenin ilk yılında sulama uygulamalarına 03.07.2018 tarihinde başlanmış ve toplamda 10 adet sulama yapılmıştır. 2018 yılında kuru fasulyeye uygulanan sulama suyu miktarları S100 konusunda 314 mm, S75 konusunda 240 mm, S50 konusunda 167 mm ve S25 konusunda 94 mm olmuştur.

Çizelge 4.2 2018 ve 2019 yılı sulama suyu miktarları (mm)

Sulama Suyu Miktarları (mm)									
Sulama Tarihleri	2018 Yılı				Sulama Tarihleri	2019 Yılı			
	S100	S75	S50	S25		S100	S75	S50	S25
18.05.2018 Ekim Cansuyu	10	10	10	10	10.05.2019 Ekim Cansuyu	10	10	10	10
Cansuyu	10	10	10	10	Cansuyu	15	15	15	15
03.07.2018	73	55	37	18	02.07.2019	69	51	34	17
09.07.2018	26	19	13	6	08.07.2019	37	28	18	9
13.07.2018	25	19	13	6	16.07.2019	29	22	15	7
18.07.2018	32	24	16	8	23.07.2019	19	14	9	5
23.07.2018	26	20	13	7	26.07.2019	19	14	9	5
27.07.2018	18	14	9	5	29.07.2019	17	13	8	4
01.08.2018	24	18	12	6	01.08.2019	19	14	9	5
09.08.2018	25	18	12	6	05.08.2019	23	17	12	6
13.08.2018	23	17	11	6	09.08.2019	23	18	12	6
17.08.2018	21	16	11	5	13.08.2019	28	21	14	7
31.08.2018 Hasat					26.08.2019 Hasat				
Toplam	314	240	167	94	Toplam	307	237	166	96

Denemenin ikinci yılında sulama uygulamaları 02.07.2019 tarihinde başlamış ve toplam 10 sulama yapılmıştır. Hasattan 15 gün önce sulamalar sonlandırılmış ve fasulyeler kurumaya bırakılmıştır. 2019 yılında S100 konusuna 307 mm, S75 konusuna 237 mm, S50 konusuna 166 mm ve S25 konusuna 96 mm su uygulanmıştır. Her iki yılda da en yüksek sulama suyu miktarı S100 konusuna verilmiştir. **Çizelge 4.2**'de görüldüğü üzere, 2018 yılında konulu su uygulamalarına 03.07.2018 yılında başlanılmış, 2019 yılında ise 02.07.2019 tarihinde başlanmış ve toplam 10 kez sulama yapılmıştır. Ortalama sulama aralığı yaklaşık 4 gün olmuştur. Araştırmanın her iki yılında da ekimden sonra yeterli yağışın olmaması nedeniyle yağmurlama sulama sistemi ile cansuyu verilmiştir.

Kuru fasulye bitkisinde yapılan farklı sulama yöntemine ve sistemine dayanan birçok çalışma bulunmaktadır. Kuru fasulye araştırmalarında bitki su tüketimi ve Kc

yaklaşımına dayanan bu çalışmada 2018 yılında 94-314 mm, 2019 yılında ise 96-307 mm sulama suyu uygulanmıştır. Doorenbos ve Kassam (1979) ve Allen vd. (2000), kuru fasulyenin 90-100 günlük yetiştirme döneminde net su ihtiyacını 350-500 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Gençoğlu vd. (2006), Kahramanmaraş'ta YADS ile sulanan fasulyede 330 mm ile 366 mm sulama suyu uygulamışlardır. Yapılan literatür taramasında Gençoğlu vd. (2006) yapmış olduğu çalışmanın dışında YADS kullanıldığı bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Al-Kaisi vd. (1999) kuru fasulyede damla sulama sistemi ile ETc'nin %133, %100, %67, %33 katları ve yağışa dayalı olarak deneme konularını oluşturmuş ve ortalama sulama suyu miktarları 508 mm, 371 mm, 252 mm ve 125 mm olarak belirlemiştir. Evren ve Sevim (1998), Erzurum koşullarında yapılan çalışmada sulama suyu miktarı tam sulama konusunda 604 mm ve 528 mm olarak bildirmiştir. Erdem vd. (2006) damla sulama sistemiyle sulanan yeşil fasulyede sulama suyu miktarlarını konulara bağlı olarak 596 mm, 453 mm, 308 mm, 164 mm ve 18 mm olarak bildirmiştir. Şehirli vd. (2005), Damla sulama yöntemi ile sulanan kuru fasulyede %100, %75, %50, %25 ve yağışa dayalı konularda sırasıyla 596 mm, 453 mm, 308 mm, 164 mm ve 18 mm sulama suyu uygulamıştır. Çanakkale'de yapılan yeşil fasulyede damla sulama denemesinde %100, %75, %50 ve %25 sulama konularında 232 - 681 mm arasında değişen miktarda sulama suyu uygulanmıştır (Çamoğlu ve Genç, 2013). Araştırmacıların belirlediği 681 mm sulama suyu miktarının denemeden elde edilen sonuçlarla farklılık göstermesinin sebebinin kullanılan çeşit ve yöntem farklılığından ileri geldiği düşünülmektedir.

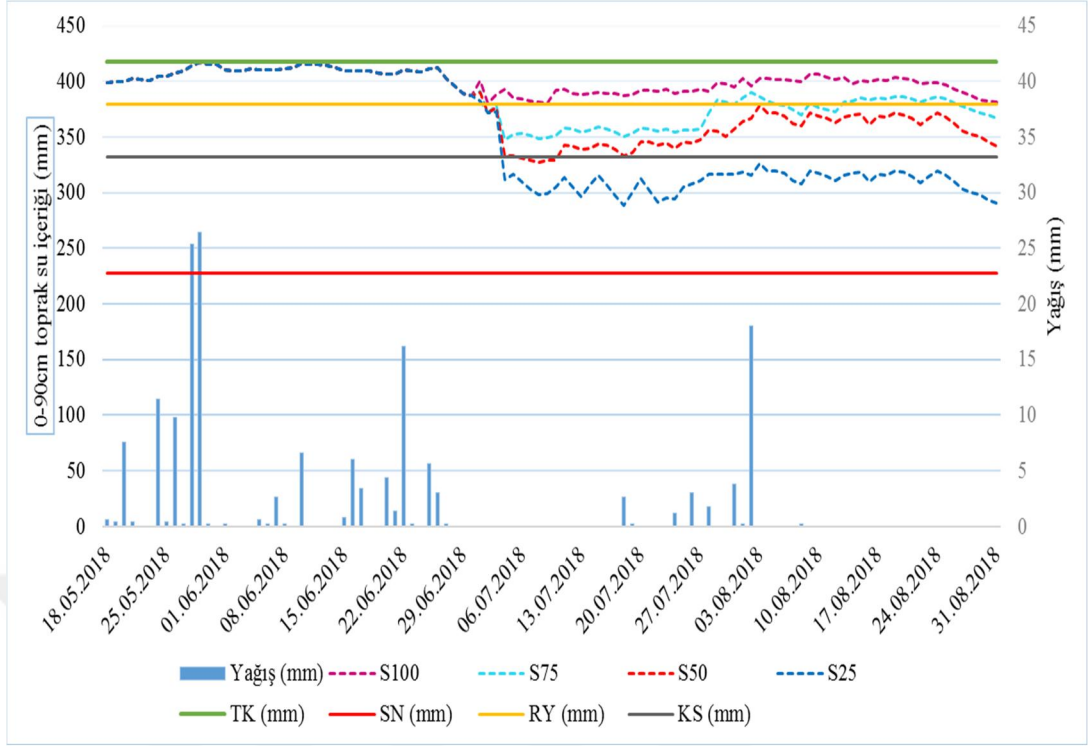
Köksal vd. (2007) Ankara'da yapılan çalışmada açık su yüzey buharlaşmasının farklı oranlarını yeşil fasulyede damla sulama yöntemi ile uygulamışlar ve konulara bağlı olarak 112 - 814 mm arasında sulama suyu bildirmişlerdir. Efetha (2010), Kanada'da kuru fasulyede yağmurlama sulama sistemiyle sulamada 95-196 mm sulama suyu uygulamıştır. Kazlı (2005), Kahramanmaraş koşullarında yapılan çalışmalarda fasulyede sulama suyu 413 mm ile 441 mm ve Uçar vd. (2005) Isparta ilinde damla sulama yöntemiyle sulanan kuru fasulye çalışmasında 939 mm ile 1011 mm arasında sulama suyu uygulamıştır. Sezen vd. (2005) Mersin ilinin Tarsus ilçesinde yaptıkları çalışmalarında

damla sulama yönteminde 341 mm ile 338 mm sulama suyu, Büyükcangaz vd. (2008) Bursa'da sera koşullarında 582 mm ile 579 m, Sezen vd. (2008) Tarsus'ta damla sulama yönteminde yeşil fasulye çalışmasında 428 mm ile 400 m, Ünüvar (2010), Konya şartlarında kuru fasulyede damla sulamada 201-312 mm, Çamoğlu ve Genç (2013) Çanakkale'de yapmış oldukları çalışmada damla sulama yöntemi ile 681 mm ile 804 mm sulama suyu uyguladıklarını bildirmişlerdir. Topak ve Albayati (2018), Konya'da yeşil fasulyede damla sulama yöntemiyle 412 mm ile 488 mm, Bozkurt ve Mansuroğlu (2018) Hatay'da sera koşullarında yürüttükleri çalışmada sulama suyu miktarını 524 mm ile 566 mm olarak sulama suyu miktarı bulmuşlardır. Soureshjani vd. (2019), kuru fasulyede yüzey sulama ile 537- 944 mm sulama suyu uygulamıştır. Süheri vd. (2020) çalışmasında yeşil fasulyede damla sulama yöntemi 177-655 mm sulama suyu uygulamışlardır. Konuyla ilgili çok sayıda araştırmadan elde edilen sulama suyu miktarı sonuçları ile bu çalışmadan elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir.

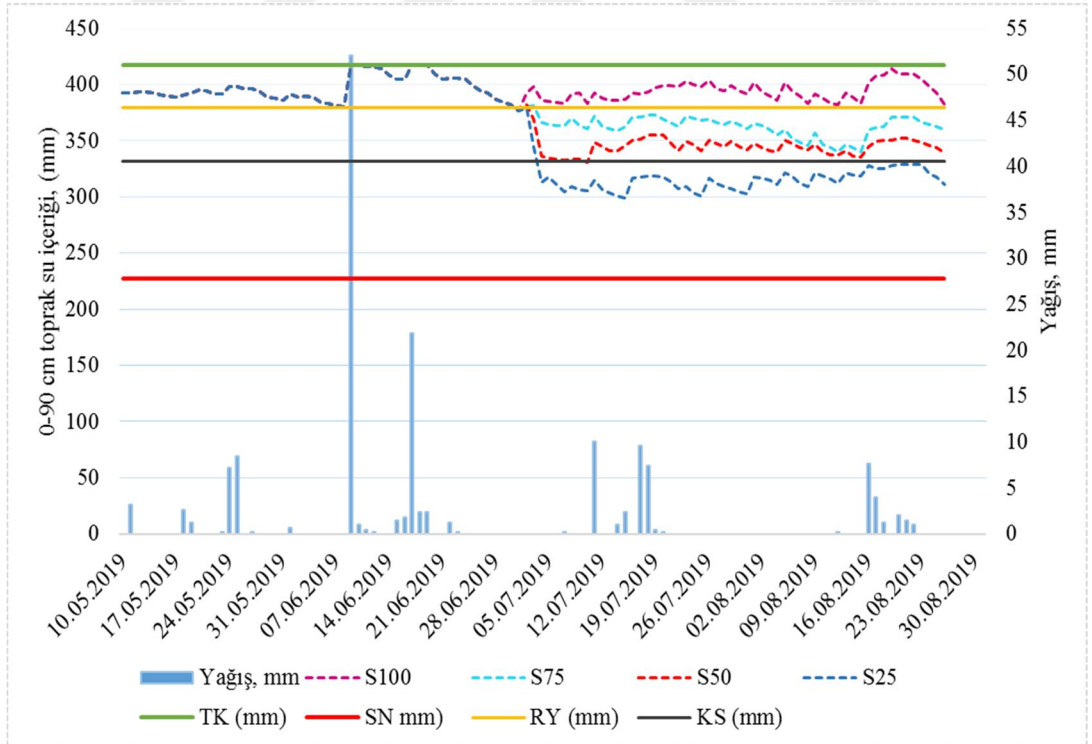
Denemeden YADS yöntemi ile elde edilen sulama suyu miktarlarının diğer araştırma bulgularından farklı olmasının nedeni kullanılan yüzeyaltı damla sulama yöntemi, sulama suyu miktarının belirlenmesindeki yöntem farklılığı, sulamaya esas alınan toprak derinliği, bölge, iklim ve çeşit farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitki su tüketimine göre yapılan çalışmalarda ise sulama suyu miktarları ve denemeden elde edilen sonuçlar arasında çelişki olmadığı görülmektedir. Diğer sulama yöntemleri dikkate alındığında FAO PM yöntemine göre yapılan sulamaların, uygulanan sulama suyu miktarlarında azalma yarattığı yapılan çalışmalarda da görülmektedir.

4.3 Toprak Nem İçeriği

S100, S75, S50 ve S25 sulama konularında bulunan nem sensörleri okumalarından elde edilen 0-90 cm derinlik için toprak nem değişim grafikleri **şekil 4.2 ve 4.3**'de verilmiştir. S100 kontrol konusunda sulama sezonu boyunca yapılan derine sızma gözlemleri neticesinde, 120 cm derinlikte herhangi bir sızmanın olmadığı belirlenmiştir. Topraktaki nem içeriğinin takibi ekimden hasada kadar günlük olarak yapılmıştır.



Şekil 4.2 2018 yılı toprak su içeriğinin zamana göre değişim grafiği



Şekil 4.3 2019 yılı toprak su içeriğinin zamana göre değişim grafiği

Şekil 4.2 ve 4.3'te 2018 ve 2019 yıllarında topraktaki nem değişimi, sulama suyu ve gelişme dönemleri içerisinde düşen yağış miktarlarının değişimi gösterilmiştir.

Araştırmanın her iki yılında da toprak nem içerikleri, S25 sulama konusu hariç diğer sulama konuları için tarla kapasitesi (TK) ve kritik seviye (KS) arasında değişim göstermiştir. Denemenin kontrol konusu olan S100 de ise, yetiştirme sezonu boyunca TK ve KS arasında değişmiştir. S75 ve S50 sulama konularında topraktaki nem değişimi KS ve solma noktası (SN) arasında kalırken, S25 sulama konusunda nem SN'na kadar düşmüştür.

Araştırmada nem okumaları günlük olarak yapılmış ve tüm sezonun günlük verileri toprak su içeriği değişim grafiğinde kullanılmıştır. 2019 yılı Haziran ayında gün içerisinde aynı anda 25 mm'den fazla yağış meydana gelmiştir. 9 Haziran tarihi için yüzey akış miktarı belirlenerek ET hesabında dikkate alınmıştır (Yıldırım 2003). 2018 ve 2019 yıllarında hasattan yaklaşık 15 gün önce son sulama yapılmış ve kuru fasulyenin hasat olgunluğuna gelmesi beklenmiştir.

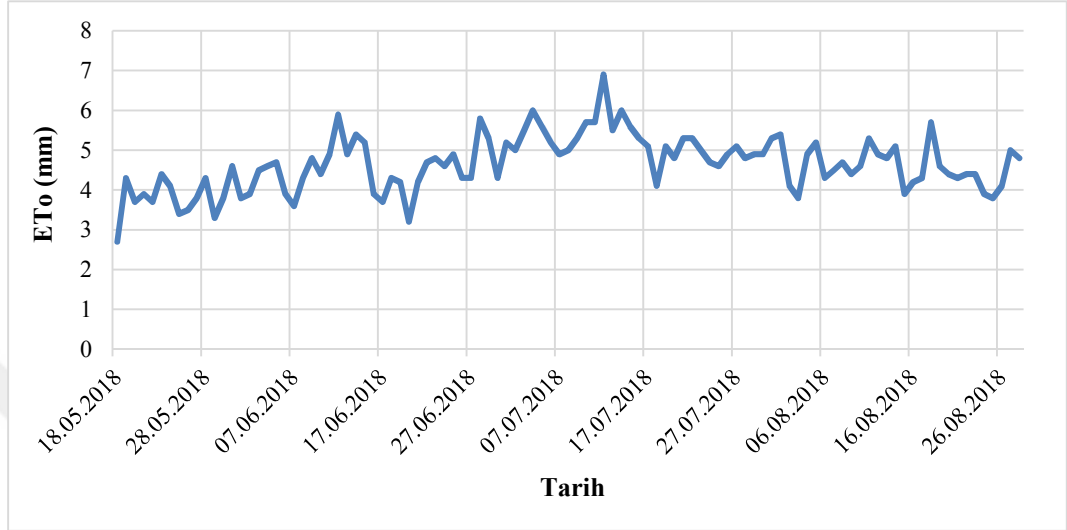
4.4 Bitki Su Tüketimleri

4.4.1 Referans bitki su tüketimi

Referans bitki su tüketimi (ET_o); bitkinin su ihtiyacının tam olduğu bir koşulda oluşan terleme (transpirasyon) ve buharlaşmadan (evaporasyon) oluşmaktadır. Meteorolojik parametrelerde meydana gelen değişimler referans bitki su tüketimini doğrudan etkilemektedir.

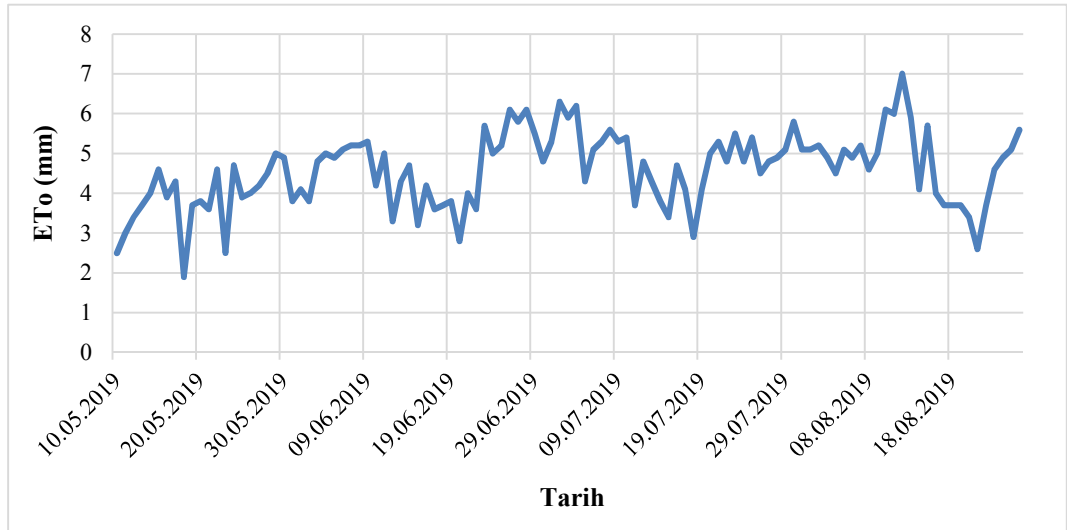
Araştırmada referans ET_o değerlerinin hesaplanması için FAO Penman-Monteith (PM) eşitliğinden yararlanılmıştır. Günlük veriler deneme alanında bulunan otomatik iklim istasyonundan alınmıştır. Otomatik iklim istasyonu meteorolojik verileri kullanarak FAO PM yöntemine göre günlük olarak ET_o değerlerini hesaplamaktadır. Hesaplanan ET_o değeri ile kuru fasulye için belirlenmiş olan bitki katsayıları (K_c) ile düzeltilerek fasulye için tahmini bitki su tüketim (ET_c) değerleri hesaplanmıştır.

2018 ve 2019 yıllarında meteorolojik verilerden tahmin edilen referans bitki su tüketimi (ET_o) değerleri **şekil 4.4 ve 4.5**'de gösterilmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında günlük olarak otomatik iklim istasyonundan alınan ET_o değerleri ve kuru fasulye için hesaplanan ET_c değerleri EK1'de verilmiştir.



Şekil 4.4 2018 yılına ilişkin günlük ET_o grafiği

Şekil 4.4 'de görüldüğü üzere 2018 yılında en yüksek ET_o değerinin 12 Temmuzda 6.9 mm olduğu görülmüştür. ET_o değerleri en düşük 20 Haziranda 3.2 mm olarak ölçülmüştür. ET_o değerleri solar radyasyon, rüzgâr hızı, hava sıcaklığına göre mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir.

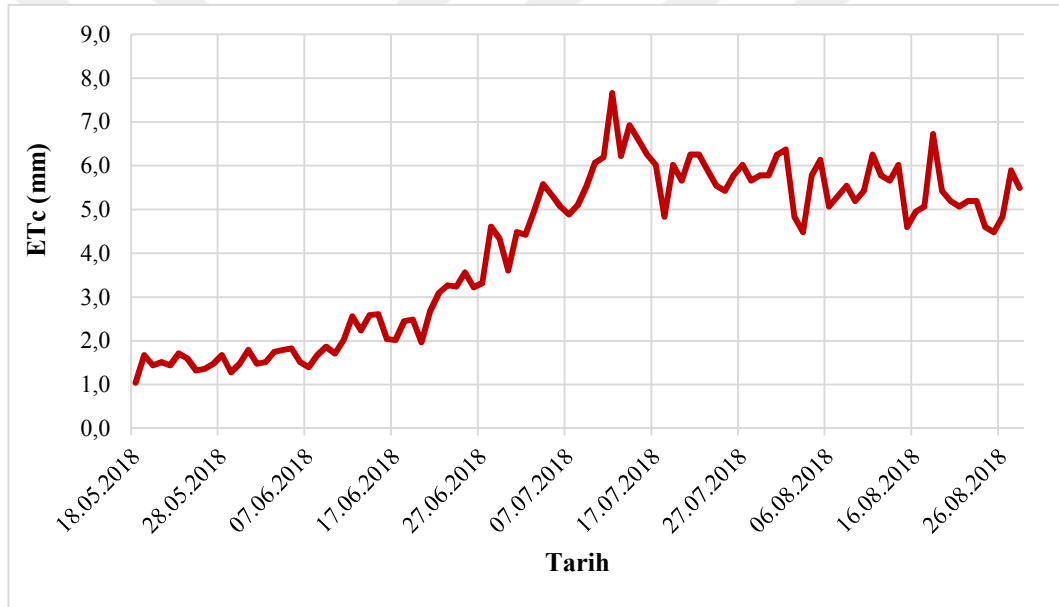


Şekil 4.5 2019 yılına ilişkin günlük ET_o grafiği

Şekil 4.5’de görüldüğü üzere en yüksek ET_o değeri 12 Ağustos’ da 6.96 mm olarak hesaplanmıştır.

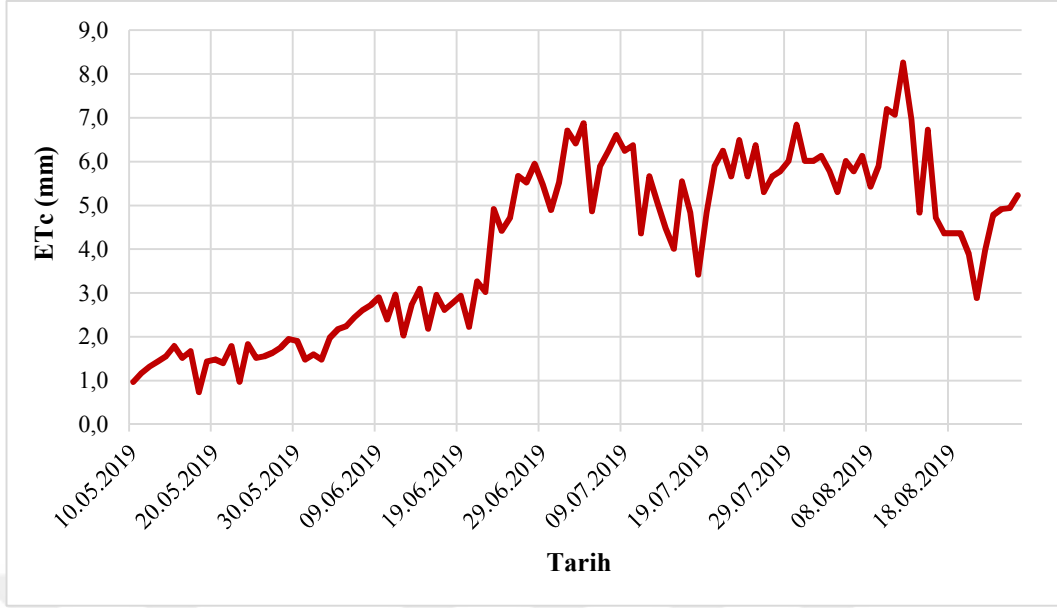
4.4.2 Fasulye için hesaplanan tahmini bitki su tüketimi

Fasulye için tahmini bitki su tüketimi (ET_c) ise FAO PM yöntemine göre otomatik iklim istasyonundan hesaplanan ET_o değeri ile kuru fasulye için belirlenmiş olan bitki katsayıları (K_c) ile çarpımından elde edilmiştir. Sulama uygulamalarında bu değerlerin birikimli kullanılmıştır. Araştırmanın her iki yılı için elde edilen ET_c değerleri Şekil 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.6 2018 yılına ilişkin günlük ET_c grafiği

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere 2018 araştırmanın ilk yılında en düşük 1.1 mm Mayıs ayında ve en yüksek ET_c değeri 12 Temmuz’ da 7.65 mm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.7 2019 yılına ilişkin günlük ETc grafiği

Şekil 4.7 'de görüldüğü üzere en düşük ETc değeri 1 mm ile Mayıs ayında bulunurken en yüksek ET_c değeri 12 Ağustos'da 8.26 mm olarak bulunmuştur.

4.4.3 Gerçek bitki su tüketimi

Gerçek evapotranspirasyonun (ET_a) hesaplanmasında toprak su bütçesi eşitliğinden yararlanılmıştır. 2018 ve 2019 yıllarına ait aylık ve mevsimlik bitki su tüketimleri çizelge 4.3 ve 4.4'de verilmiştir. Toprak su bütçesi eşitliğinde ΔS hesabı son nemden ilk nem çıkarılması ile hesaplanmıştır.

2018 yılında gerçek bitki su tüketimleri konularına göre sırasıyla 496, 437, 388 ve 366 mm olarak hesaplanmıştır. Bitki su tüketimi hesabında 2018 yılında yüzey akış ve derine sızma olmadığı için bu değerler sıfır olarak alınmış ve kapılar yükselme ihmal edilmiştir.

2019 yılında gerçek bitki su tüketimleri konularına göre sırasıyla 447, 399, 349 ve 306 mm olarak bulunmuştur. 2019 yılında gün içerisinde ani düşen yağış miktarı nedeniyle etkili yağış hesaplanmış ve etkili yağıştan arta kalan kısım yüzey akış olarak hesaplamaya dahil edilmiştir (Yıldırım 1993). 2018 ve 2019 yıllarında en fazla bitki su tüketimi değerleri kontrol konusu olan S100 sulama konusundan elde edilmiştir.

Araştırmanın 2018 ve 2019 yılları ortalama bitki su tüketimi değerleri 472, 418, 369 ve 337 mm olmuştur. Yıllar arasında ETa'daki farklılığın nedeni iklimsel parametrelerde meydana gelen değişikliklerdir. ETa değerleri en yüksek Temmuz ayında gerçekleşirken, en düşük Mayıs ayında olmuştur.



Çizelge 4.3 2018 yılına ait bitki su tüketimi değerleri (mm)

Aylar (2018)	Sulama Konuları															
	S100				S75				S50				S25			
	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	ET _a (mm)	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	ET _a (mm)	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	ET _a (mm)	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	ET _a (mm)
Mayıs	10.0	82.8	11.2	81.6	10.0	82.8	11.2	81.6	10.0	82.8	11.2	81.6	10.0	82.8	11.2	81.6
Haziran	10.0	51.6	-21.7	83.3	10.0	51.6	-31.7	93.3	10.0	51.6	-33.5	95.1	10.0	51.6	-37.4	99.0
Temmuz	201.5	11.8	13.9	199.4	151.2	11.8	6.7	156.3	100.8	11.8	-12.6	125.2	50.4	11.8	-54.5	116.7
Ağustos	92.4	18.2	-21.2	131.8	69.3	18.2	-18.1	105.6	46.2	18.2	-22.0	86.4	23.1	18.2	-28.2	69.6
Toplam	313.9	164.4	-17.9	496.2	240.5	164.4	-31.9	436.7	167.0	164.4	-57.0	388.3	93.5	164.4	-108.9	366.8

I: Sulama suyu miktarı (mm), R: Yağış (mm), ΔS : T nem değişimi (mm), ET_a: Gerçek bitki su tüketimi (mm).

Çizelge 4.4 2019 yılına ait bitki su tüketimi değerleri (mm)

Aylar (2019)	Sulama Konuları																			
	S100					S75					S50					S25				
	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	Rf (mm)	ETa (mm)	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	Rf (mm)	ETa (mm)	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	Rf (mm)	ETa (mm)	I (mm)	R (mm)	ΔS (mm)	Rf (mm)	ETa (mm)
Mayıs	25.0	23.0	-0.2	0.0	48.2	25.0	23.0	-0.2	0.0	48.2	25.0	23.0	-0.2	0.0	48.2	25.0	23.0	-0.2	0.0	48.2
Haziran	0.0	85.4	0.5	27.0	57.8	0.0	85.4	-11.8	27.0	70.1	0.0	85.4	-9.9	27.0	68.2	0.0	85.4	-13.0	27.0	71.3
Temmuz	188.9	31.2	9.5	0.0	210.6	141.7	31.2	-15.2	0.0	188.1	94.4	31.2	-34.9	0.0	160.6	47.2	31.2	-61.6	0.0	140.0
Ağustos	93.5	17.4	-19.6	0.0	130.5	70.1	17.4	-5.3	0.0	92.8	46.7	17.4	-7.7	0.0	71.9	23.4	17.4	-6.0	0.0	46.8
Toplam	307.4	157.0	-9.9	27.0	447.2	236.8	157.0	-32.5	27.0	399.2	166.2	157.0	-52.7	27.0	348.9	95.6	157.0	-80.7	27.0	306.3

I: Sulama suyu miktarı (mm), R: Yağış (mm), Rf: Yüzey akış (mm), ΔS: T nem değişimi (mm), ET_a: Gerçek bitki su tüketimi (mm)

Allen vd. 2000 ve Doorenbos ve Kassam (1979), 90 - 100 günlük gelişme periyoduna sahip olan kuru fasulye bitkisinin farklı iklim ve toprak koşullarına göre 350 - 500 mm arasında bitki su tüketimi değeri olduğunu bildirmişlerdir. Ertaş (1976) lizimetrede yürütmüş olduğu çalışmasında fasulyenin su tüketimi 438 ve 500 mm arasında bildirmişlerdir. Hegde ve Srinivas (1990), Hindistan koşullarında bitki su tüketimini 299 mm, Ünüvar (2010) Konya şartlarında kuru fasulyenin bitki su tüketimini 370 mm, Efetha vd. (2010) Kanada koşullarında kuru fasulyede bitki su tüketimi değerini 275 mm ve 307 mm olarak bildirmişlerdir. Sezen vd. (2005) Tarsus'ta damla sulama yönteminde bitki su tüketimini 338 mm, Kazlı (2005) Kahramanmaraş'ta 458 mm, Köksal vd. (2007) Ankara koşullarında yeşil fasulyede 840 mm, Gençdoğan vd. (2006) Kahramanmaraş'ta 470 mm, Marzouk vd. (2016) Mısır'da 342 mm bitki su tüketimi değerleri bildirmişlerdir. Denemede S100 konusundan elde edilen 472 mm bitki su tüketimi değeri, diğer çalışmalardan elde edilen bitki su tüketimi değerleri ile benzerlik göstermektedir. Bitki su tüketimi hesabını doğrudan etkileyen en önemli girdi sulama suyu miktarıdır. Bitki su tüketimlerinde meydana gelen farklılıklar uygulanan sulama suyu miktarının artması ve ya azalmasından ileri gelmektedir.

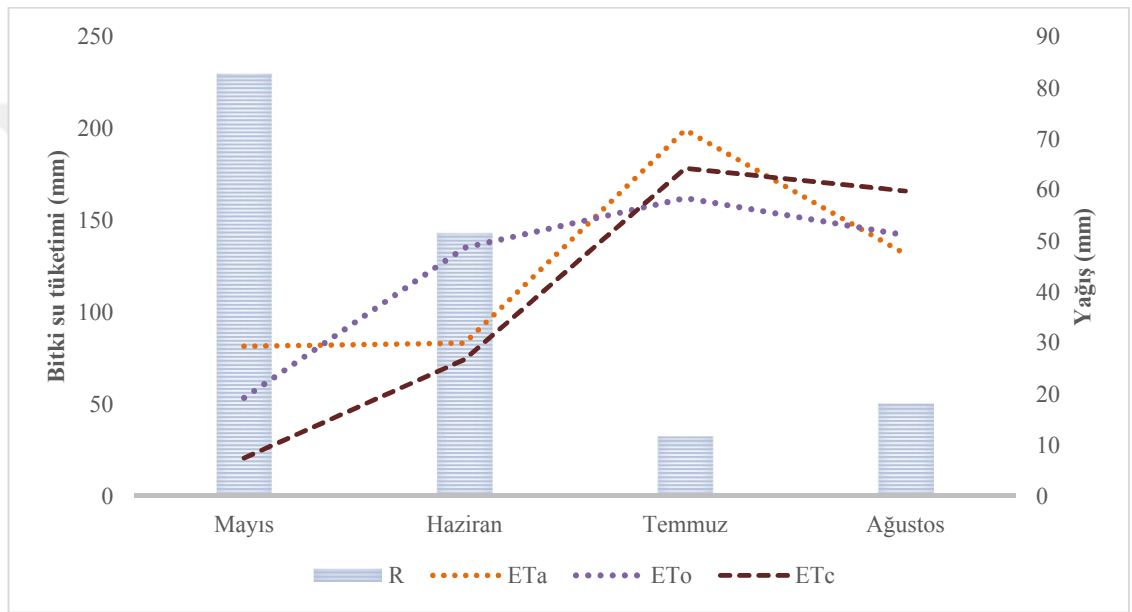
4.5 Referans, Hesaplanan ve Gerçek Bitki Su Tüketimi İlişkileri

Araştırmanın 2018 ve 2019 yıllarına ait aylık referans bitki su tüketimleri (ET_o), fasulye için hesaplanan bitki su tüketimleri (ET_c) ve S100 konusunun gerçek bitki su tüketimleri (ET_a) **şekil 4.8 ve 4.9**'da gösterilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında ET_o , ET_c ve ET_a değerleri Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerde olduğu **çizelge 4.5**'ten görülmektedir. Mayıs ayında Kc katsayısının en düşük olduğu 1. dönem olması nedeniyle ET_c en düşük değerdedir. Potansiyel bitki su tüketimleri, gerçek bitki su tüketimlerinden Temmuz ayına kadar daha yüksek seyrederken, Temmuz ve Ağustos aylarında birbirine yakın değerde oldukları görülmektedir.

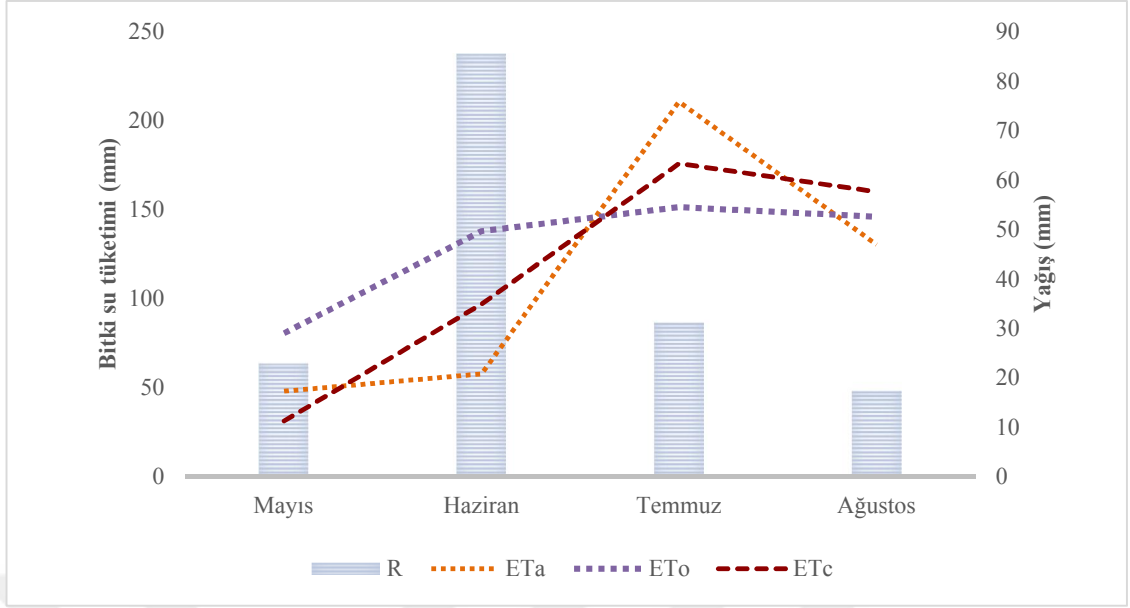
Çizelge 4.5 Deneme yıllarına ait aylık ETa, ETo ve ETc değerleri, (mm)

Aylar	2018			2019		
	ETa (mm)	ETo (mm)	ETc (mm)	ETa (mm)	ETo (mm)	ETc (mm)
Mayıs	81.6	53.5	20.9	48.2	80.7	31.5
Haziran	83.3	135.3	74.6	57.8	138.0	97.0
Temmuz	199.4	162.3	178.5	210.6	151.5	176.0
Ağustos	131.8	142.2	166.2	130.5	146.1	160.2



Şekil 4.8 2018 yılı S₁₀₀ konusu ET₀, ET_a ve ET_c değerleri

Şekil 4.8 incelendiğinde ETc değeri, Mayıs ve Haziran aylarında ETo ve ETa değerlerinden düşük seyrederken Temmuz ve Ağustos aylarında ETa ve ETo değerine yakın değerde olduğu görülmektedir. ETa, ETc ve ETo değerlerinin en yüksek olduğu dönem Temmuz ayıdır.



Şekil 4.9 2019 yılı S₁₀₀ konusu ET₀, ET_a ve ET_c değerleri

Şekil 4.9 incelendiğinde ET_c değerinin, 2018 yılında olduğu gibi en düşük Mayıs ayında olduğu görülmektedir. ET₀, ET_c ve ET_a değerinin en yüksek olduğu dönem Temmuz ayıdır.

4.6 Tane Verimi

2018 ve 2019 yıllarına ait sulama konuları ile kuru fasulye verimi arasında istatistiksel değerlendirme Yurtsever (2011)'de açıklanan esaslara göre yapılmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında sulama konularına ait tane verimleri çizelge 4.6'da verilmiştir. Buna göre 2018 ve 2019 yıllarında en yüksek tane verimi S100 kontrol konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.6 2018 ve 2019 yılı ortalama kuru fasulye verimleri (kg da⁻¹)

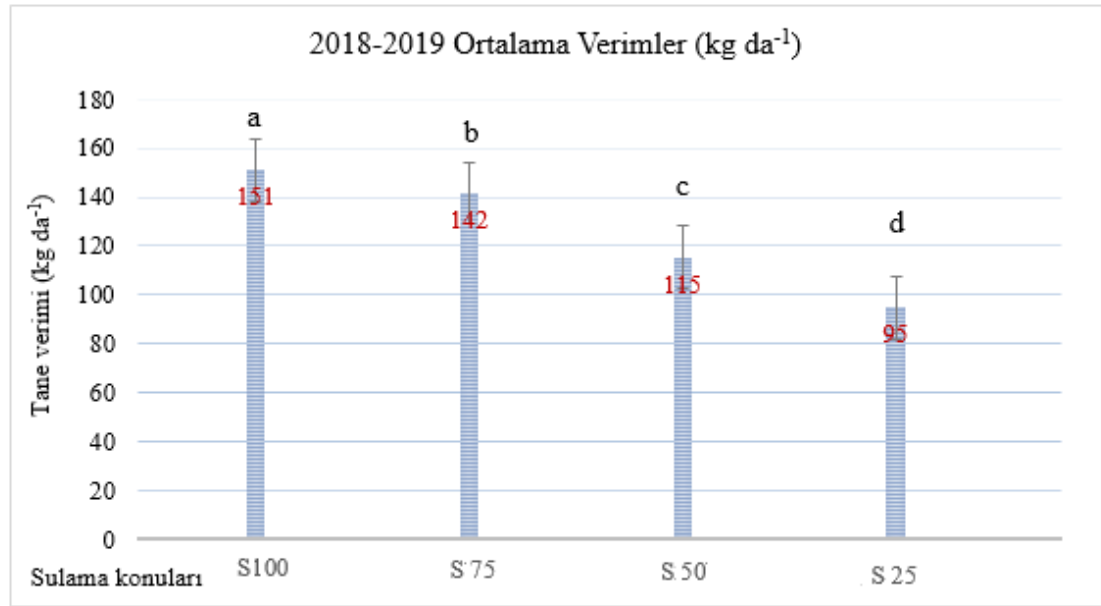
Konular	2018	2019	Ortalama Verim (kg da ⁻¹)
	Verim (kg da ⁻¹)	Verim (kg da ⁻¹)	
S100	152.4	149.9	151.2
S75	141.9	141.5	141.7
S50	115.6	115.3	115.4
S25	95.1	94.6	94.8

2018 ve 2019 yılları için ayrı ayrı varyans analizi ve varyansların homojenlik testi yapılmıştır. Varyansların homojenlik test sonuçlarına göre yılların birleştirilmesi ile toplu varyans analizi yapılmıştır. 2018 ve 2019 için yapılan toplu varyans analiz sonuç tablosu **çizelge 4.7'** de verilmiştir. Tabloya göre sulama konularının verim üzerinde istatistiksel olarak etkisi olduğu bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.7 2018-2019 yılı verimleri toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	6.600	0.560 ^{öd}
Yıl	1	4.978	0.120 ^{öd}
Sulama Konusu	3	3929.532	0.000 ^{**}
Yıl*Sulama	3	1.703	öd
Hata	14	1.810	
Toplam Hata	23		
CV: %1.07 ** $p<0.01$, öd: önemli değil			

Varyans analiz sonucuna göre sulama konularının verim üzerine etkisi önemli bulunmuş ($p<0.05$) ve farklılıkların gruplandırılması için LSD testi yapılmıştır. Sulama konularının LSD test sonuçları **şekil 4.10'**da verilmiştir. Yıllar ortalamalarına ait en yüksek kuru fasulye verimi 151 kg da⁻¹ ile S100 sulama konusundan elde edilirken onu, S75, S50 ve S25 sulama konuları izlemiştir (**Şekil 4.10**).



Şekil 4.10 2018-2019 yıllarına ait tane verimi ve sulama suyuna ait LSD grupları

2018 yılında S100, S75, S50 ve S25 sulama konularına göre ortalama verimler sırasıyla 152.4, 141.9, 115.6 ve 95.1 kg da⁻¹, 2019 yılında ise 151.2, 141.7, 115.4 ve 94.8 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Denemede kullanılan sulama suyu tuzluluk (EC_w) değeri Ayers ve Westcot (1994)'e göre fasulye için problem oluşturacak niteliklerde olup teorik olarak %25'den fazla verim kaybına neden olabilmesi söz konusudur. Elde edilen verim değerleri dikkate alındığında tuzlu sulama suyu kullanımının verimde düşüş yarattığı söylenebilmektedir. Yetiştirme periyodu boyunca sulama suyu tuzluluğunda meydana gelen değişimin verim üzerine olan etkisini belirleyecek konu düzenlemesi denemede bulunmamaktadır.

Yapılan literatür taramasında yüzeyaltı damla sulama yönteminin verim üzerine etkisini belirlemeye yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yüzden diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemleri altında yapmış oldukları çalışmaların tane verimlerine değinilmiştir. Ceylan vd.(2009) Konya ilinde damla sulama yöntemiyle kuru fasulyede tane verimini 111-299 kg da⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Aksu (2016) Kayseri'de damla sulama yöntemi ile su stresi koşullarında tane verimini 108-289 kg da⁻¹ arasında, Şehirli vd. (2005) Tekirdağ ilinde damla sulama yöntemiyle yürüttükleri çalışmalarında tane verimini 37-238 kg da⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Ünüvar (2010), Konya şartlarında kuru fasulyede damla sulama çalışmasında tane verimini 288-432 kg da⁻¹, Mishra ve Dash

(1991) Hindistan’da yürüttükleri çalışmalarında tane verimini $86 - 121 \text{ kg da}^{-1}$, Anlarsal vd. (2000) Adana ilinde bodur formdaki kuru fasulye çeşitlerinde gelişme dönemlerine göre yaptıkları 5 kez sulama ile tane verimleri $57-120 \text{ kg da}^{-1}$ arasında bildirmişlerdir. Önder vd. (2013) Konya ilinde damla sulama yöntemiyle tane verimini $114-355 \text{ kg da}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemleri ve farklı çeşitler/genotipler üzerinde bulduğu tane verimleri ise $65-355 \text{ kg da}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir (Günbatılı 1993; Yıldırım vd. 1994; Albuquerque vd. 1998; Medeiros vd. 2001; Varankaya 2011; Kaçar vd. 2004; Kahraman ve Önder 2009; Gillard vd. 2012).

Deneme sonucunda yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle elde edilen verimler ve diğer araştırmacıların damla sulama yöntemiyle elde ettikleri tane verimleri arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacıların elde etmiş olduğu verimlerin denemeden elde edilen verimlerden yüksek olmasının nedeninin iklim koşulları, kullanılan çeşit özelliği ve sulama suyu kalitesi olduğu düşünülmektedir. Bilindiği üzere kuru fasulye bitkisi, sulama suyu stresine ve tuzluluğuna oldukça hassas bir bitkidir. Yetiştirme periyodunda yapılan su kısıtı ve sulama sezonunda sulama suyu kalitesinin T₃-A₃ sınıfına gerilemesi tane veriminde azalmaya neden olduğu söylenebilmektedir.

4.6.1 Sulama suyu, bitki su tüketimi ve tane verim ilişkisi

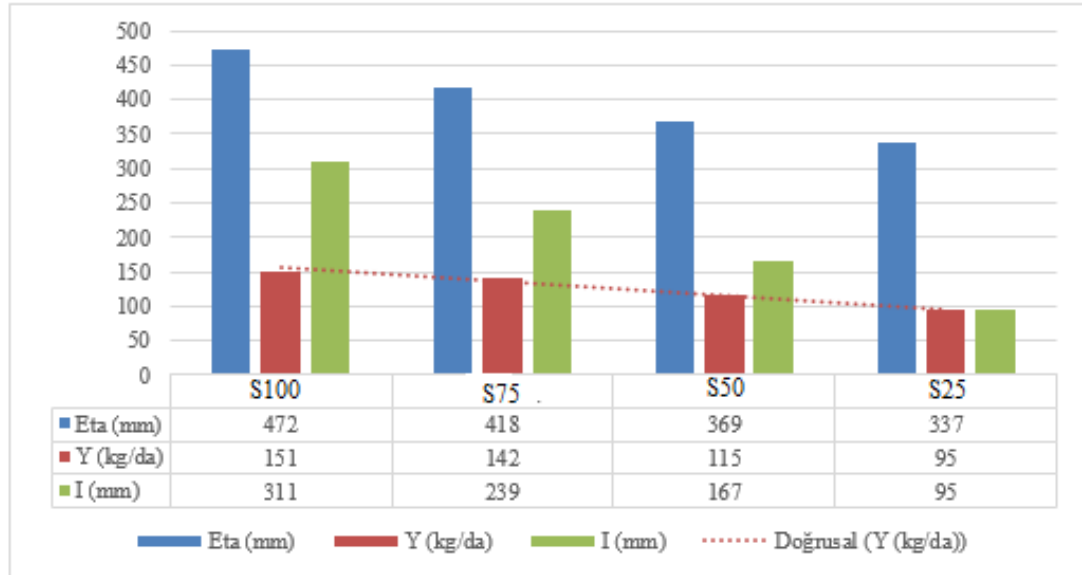
Denemenin yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında tane verimleri, sulama suyu seviyelerine göre sırasıyla S100, S75, S50 ve S25 şeklinde olmuştur. Sulama suyu, bitki su tüketimi, tane verimleri arasındaki ilişki, S100 kontrol konusu dikkate alınarak yapılmıştır. **Çizelge 4.8**’de sulama suyu kısıtlarına göre bitki su tüketiminde ve tane verimde görülen azalış oranları verilmiştir. 2018 yılında S100 konusuna göre, S75 kısıt konusunda sulama suyunda %23 azalma gözlenirken bitki su tüketimi %12, tane verimi %7 oranında azalış göstermiştir. 2019 yılında ise bu değerler sulama suyunda %23, bitki su tüketiminde %11 ve tane veriminde %6 olmuştur. 2018 yılında S100 konusuna göre S50 konusunda sulama suyunda %47 azalış gösterirken bitki su tüketim değeri %22, tane verimi %24 oranında azalma göstermiştir. 2019 yılında sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve verimde sırasıyla %46, %22 ve %23 olmuştur. 2018 yılında S100 konusuna göre S25’de sulama suyu değerinde %70 azalma olurken bitki su tüketimi %26, tane verimi %38 azalış

göstermiştir. 2019 yılında bu durum sulama suyu miktarında %69, bitki su tüketiminde %32 ve tane veriminde %37 azalma şeklinde olmuştur.

Çizelge 4.8 Sulama suyu konularına göre verim değişimleri

Yıllar	Konular	Sulama Suyu (I, mm)	Bitki Su Tüketimi (Eta, mm)	Tane Verimi (Y, kgda ⁻¹)	Sulama Suyu (I)		Su Tüketimi (ET)		Tane Verimi (Y) (kg da ⁻¹)	
					Azalış miktarı (mm)	%	Azalış miktarı	%	Azalış miktarı (kg da ⁻¹)	%
2018	S100	314	496	152	-	-	-	-	-	-
	S75	240	437	142	73	23	59	12	10	7
	S50	167	388	116	147	47	108	22	37	24
	S25	94	367	95	220	70	129	26	57	38
2019	S100	307	447	150	-	-	-	-	-	-
	S75	237	399	142	71	23	48	11	8	6
	S50	166	349	115	141	46	98	22	35	23
	S25	96	306	95	212	69	141	32	55	37

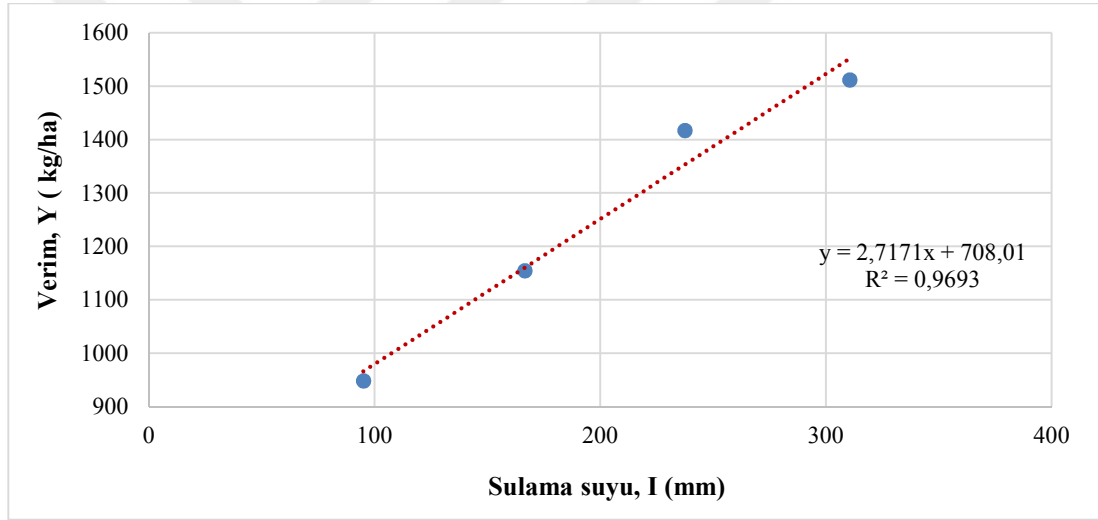
Araştırma yıllarına ait ortalama verim, sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi değerlerine ait grafik **şekil 4.11**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Araştırma yıllarına ait ortalama verim, sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri

Şekil 4.11 'e göre sulama suyundaki azalma ile tane verimi arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.

Araştırmada 2018 ve 2019 yıllarında sulama suyu miktarları ve tane verimleri arasındaki ilişki **şekil 4.12**'de ve gerçek bitki su tüketimleri ile tane verimi arasındaki ilişki **şekil 4.13**'de gösterilmiştir. **Şekil 4.12**'ye göre sulama suyu ve verimleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Sulama suyu ve verim arasında yıllar ortalamasına göre $y = 2.7171x + 708.01$ ($R^2 = 0,97$) eşitliği elde edilmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında da en yüksek tane verimi S100 sulama suyu konusundan elde edilmiştir. Sulamanın verim üzerindeki etkisi, S100 kontrol konusunun S25 konusuna göre yaklaşık 3 katı kadar fazla tane veriminin elde edilmesi ile açıklanabilir.

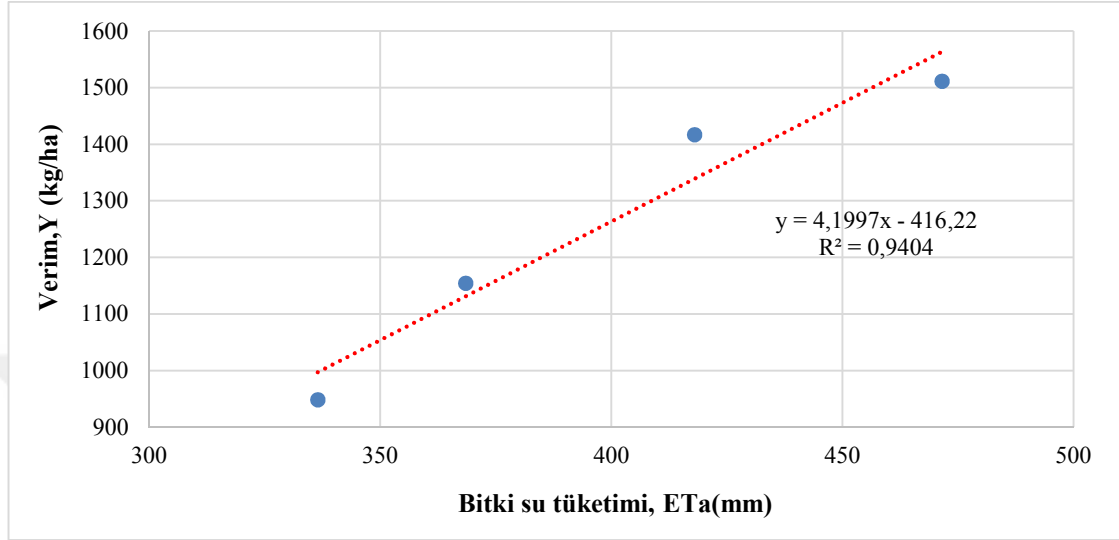


Şekil 4.12 Sulama suyu ve tane verimi ilişkisi

Şekil 4.13'e göre bitki su tüketimi ve tane verimleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Bitki su tüketimi (ETa) ve tane verimi (Y) arasında yıllar ortalamasına göre $y = 4.1997x - 416.22$ ($R^2 = 0.94$) eşitliği elde edilmiştir.

2018 yılında en yüksek tane verimi (152 kg da^{-1}) 496 mm (ETa) ile elde edilirken, 2019 yılında da (150 kg da^{-1}) 476 mm en yüksek ETa değerlerine sahip S100 konusundan elde edilmiştir. Her iki yılda da en düşük verimler S25 sulama konusunda 367 mm ve 306 mm olarak elde edilmiştir.

2018 ve 2019 yıllarında da en yüksek tane verimi S100 bitki su tüketimi konusundan elde edilmiştir. Sulamanın verim üzerine olan etkisi sonucunda, S100 kontrol konusu ile S25 kısıt konusu arasında yaklaşık 3 katı kadar tane verimi farkı oluşmuştur.



Şekil 4.13 Bitki su tüketimi ve tane verimi ilişkisi

Bitki su tüketimi ve verim arasındaki doğrusal ilişki diğer araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar taze fasulye verimi ve ET arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir (Nielsen 2018; Gençdoğan vd. 2006; Köksal vd. 2007; Sezen vd.2008; Saleh vd.2018).

4.7 Verim Tepki Etmeni

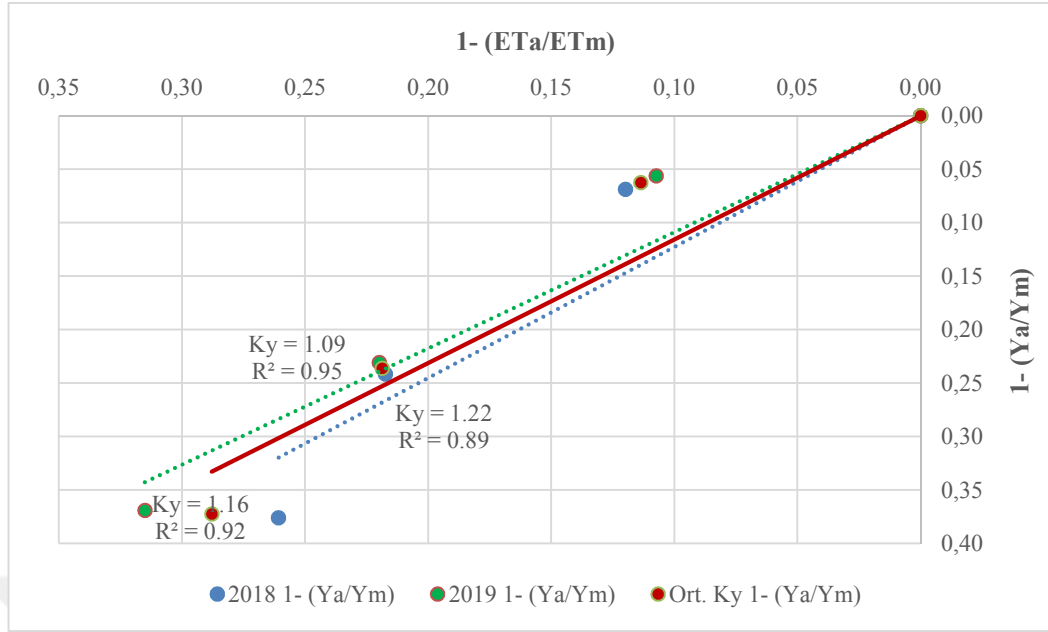
Bitki su tüketimi ve tane verimi arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemli bulunmasından sonra verim tepki etmeni (ky) değerleri 2018 ve 2019 yılları için mevsimlik olarak hesaplanmıştır. 2018 ve 2019 yıllarına ait ky değerleri **çizelge 4.9**'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Araştırmanın 2018 ve 2019 yıllarına ait verim tepki etmeni değerleri

2018	Konu	ETa (mm)	Ya (kg da ⁻¹)	1- (ETa/ETm)	1- (Ya/Ym)	ky
	S100	496	152	0.000	0.000	*
	S75	437	142	0.120	0.069	0.57
	S50	388	116	0.217	0.241	1.11
	S25	367	95	0.261	0.376	1.44
2019	Konu	ETa (mm)	Ya (kg da ⁻¹)	1- (ETa/ETm)	1- (Ya/Ym)	ky
	S100	447	150	0.000	0.00	*
	S75	399	142	0.107	0.056	0.52
	S50	349	115	0.220	0.231	1.05
	S25	306	95	0.315	0.369	1.17

Kuru fasulye bitkisine ait mevsimlik verim tepki etmenini (ky) belirlemek için oluşturulan grafik **şekil 4.13**'te verilmiştir. **Şekil 4.13**'te oransal verim azalması ve oransal bitki su tüketimine göre ky değeri bulunmuştur. Sulama zamanının planlanması, vejetasyon süresi boyunca su kısıtına karşı göstermiş olduğu tepkinin bilinmesi açısından önemli olan ky değeri 1.16 olarak hesaplanmıştır. Doorenbas ve Kassam (1979), kuru fasulyenin ky değerlerini çimlenme ve çıkışta 0.2, çiçeklenme döneminde 1.1, gelişme döneminde 0.75 ve kuruma döneminde 0.2 ve mevsimlik ky değerini 1.15 olarak bildirmişlerdir. (2009) ky değerini soya fasulyesinde mevsimlik olarak 1.18 ile 1.24 arasında, Güler (1990), tüm gelişme dönemi için ky değerini 1.02, Bahçeci (1995) mevsimlik ky değerini 1.33 ve Sezen vd. (2005) mevsimlik ky değerini 1.2 olarak, Süheri vd. (2020) Konya şartlarında yeşil fasulyede damla sulama yöntemi ile ky değerini 1.2 olarak belirlemişlerdir.

Araştırma sonucunda YADS yöntemi ile elde edilen ky değeri (1.16) yukarıda belirtilen farklı sulama yöntemine göre belirlenen çalışmaların bulguları ile benzer olduğu görülmektedir. Yıldırım vd. (1994) tarafından ise ky değeri 1.57 olarak bulunmuş ve denemeden elde edilen değer ile farklılık göstermektedir. Bu farklılık, araştırmaların yürütüldüğü iklim koşulları, toprak istekleri ve bitki çeşitlerinin farklı olması ile açıklanabilmektedir.



Şekil 4.14 Araştırma yıllarına ait oransal bitki su tüketimi azalışı ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki

4.8 Su ve Sulama Suyu Üretkenlikleri

Sulama suyu miktarı, bitki su tüketimleri, kuru fasulye tane verimleri ve net gelir değerlerinin göz önüne alınmasıyla hesaplanan su ve sulama suyu üretkenlik sonuçları çizelge 4.10 'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 2018 ve 2019 yıllarına ait WUE ve IWUE değerleri

Yıllar	Konular	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	Verim (kg da ⁻¹)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
2018	S100	314	496.2	152.4	0.31	0.49
	S75	240	436.7	141.9	0.32	0.59
	S50	167	388.3	115.6	0.30	0.69
	S25	94	366.8	95.1	0.26	1.02
2019	S100	307	447.2	149.9	0.34	0.49
	S75	237	399.2	141.5	0.35	0.60
	S50	166	348.9	115.3	0.33	0.69
	S25	96	306.3	94.6	0.31	0.99

Çizelge 4.12'ye göre 2018 yılında S100, S75, S50 ve S25 konusundan elde edilen WUE değerleri sırasıyla 0.31, 0.32, 0.30, 0.26 kg m⁻³, 2019 yılında 0.34, 0.35, 0.33, 0.31 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. IWUE 2018 yılında 0.49, 0.59, 0.69, 1.02 kg m⁻³, 2019 yılında ise sırasıyla 0.49, 0.60, 0.69, 0.99 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır.

Gençoğlu vd. (2006) Kahramanmaraş'ta YADS sistemini kullanarak WUE değerlerini 0.19, 0.20, 0.26, 0.27, IWUE değerlerini ise 0.21, 0.23, 0.29, 0.30 kg m⁻³ bildirmiştir. Bryla vd. (2003) Kaliforniya koşullarında YADS fasulyenin WUE değerini ortalama 1.6 kg m⁻³ ve IWUE değerini 1.9 kg m⁻³ olarak bildirmişlerdir. El-Noemani vd. (2010) Mısır'da yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile kuru fasulyede 1.00ET_o sulama konusu çeşitler ortalamasını 2.5 kg m⁻³, 0.8 ET_o sulama konusu için 3.6 kg m⁻³, 0.6 sulama konusu için 4.7 kg m⁻³ olarak bildirmiştir. Farklı sulama yöntemleri için taranan literatürler de ise Efetha vd. (2010) Kanada koşullarında yağmurlama sulama sistemini ile 6 sulama konusu için WUE değerlerini 0.92, 1.12, 1.36, 1.54, 1.13 ve 0.76 kg m⁻³ olarak bildirmiştir. Munoz-Perea (2007) Idaho eyaletinde stressiz koşulda WUE değerini 0.47, IWUE değerini 0.67 kg m⁻³ olarak hesaplamıştır. Şehirali vd. (2005) WUE değerini 0.20-0.37 kg m⁻³ olarak bildirmiştir.

Yapılan diğer çalışmaların sonuçları incelendiğinde denemeden elde edilen sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunmamaktadır. WUE ve IWUE değerleri, verimin su tüketimine ve sulama suyuna oranı ile elde edilen parametrelerdir. Sulama suyu ve bitki su tüketimlerinden elde edilen değer yüksek veya düşük olması bu parametreleri doğrudan etkilemektedir. Denemeden elde edilen sonuçlar ile diğer araştırmacıların sonuçları arasındaki farklılığın nedeni farklı verim ve sulama suyu miktarlarından ileri gelmektedir.

Son yıllarda su ve sulama suyu etkinlikleri yerine suyun fiziksel üretkenliği veya suyun ekonomik üretkenliği kavramlarının kullanımı makaleler de yer almaktadır. Birim sulama suyu veya su tüketimine karşılık elde edilen verim olarak tanımlanan su üretkenliği, net gelir hesabı dikkate alınarak hesaplanmıştır (Pereria vd. 2012, Çetin ve Kara 2019). **Çizelge 4.11**'de su üretkenlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.11 Yüzeyaltı damla sulama ile sulanan kuru fasulyede farklı sulama suyu uygulamalarında ekonomik su üretkenliği ve net gelir (TL/ha)

Konular	Sulama Suyu Miktarı (I)		Verim (Y)	Suyun Ekonomik Üretkenliği (EWUE)	Net Gelir (NG)
	(mm)	(m ³ ha)	(kg ha ⁻¹)	(TLm ⁻³)	(TL ha ⁻¹)
S100	314	3139	1524	0.7	2309
S75	241	2405	1419	0.7	1769
S50	167	1670	1156	0.1	244
S25	94	940	951	-0.98	-921

Çizelge 4.11'e göre 2018 ve 2019 yıllarının ortalama verim ve sulama suyu miktarlarına göre tüm üretim girdileri dikkate alınarak ekonomik analiz yapıldığında en yüksek net gelir S100 konusunda 2309 TL ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Elde edilen net gelir miktarına bağlı olarak hesaplanan suyun ekonomik üretkenlikleri ise S100 konusunda 0.7 TL m⁻³, S75 konusunda 0.7 TL m⁻³, S50 konusunda 0.1 TL m⁻³ bulunurken, S25 konusunda bu değer eksi çıkmıştır. Verilen sulama suyu miktarına karşılık bir gelir artışı olmadığı S25 konusundan görülmektedir. Deneme sonucundan elde edilen verilere göre sulama suyu miktarındaki artışa paralel olarak verimde ve net gelirden de bir artış meydana geldiği görülmektedir.

Su ekonomik üretkenliği, toplam verimliliğin bir göstergesidir. Su kaynaklarının kısıtlı olduğu durumlarda sulama sistemleri ve sulama suyu yönetimi açısından önemli bir parametredir (Pereira vd. 2012). Birim arazi başına verimin artırılması su verimliliğini de arttırabilir.

4.9 Sulama Konularının Bitki Fizyolojik Parametrelerine Etkisi

Sulama konularının bitki fizyolojik parametreleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla her iki yılda da hasat sırasında her bloktan 10'ar adet bitki kökü ile birlikte alınmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında bitki ölçüm parametrelerinde yıllar arasında istatistiksel açıdan herhangi bir fark gözlenmemiştir. Alınan örneklerde; bitki boyu (cm),

İlk bakla yüksekliği (cm), bitkide dal sayısı (adet), bitkide bakla sayısı (adet), baklada tane sayısı (adet) ve 100 tane ağırlığı (g) ölçümleri yapılmıştır.

4.9.1 Sulama konularının bitki boyu üzerine etkisi

Çalışmada farklı kısıt oranlarında uygulanan sulama suyu miktarlarının bitki boyu üzerindeki etkileri istatistiki açıdan değerlendirilmiştir. Araştırmadan elde edilen bitki boyu değerleri **çizelge 4.12**'de verilmiştir. Araştırma konularından elde edilen 2018 ve 2019 yıllarına ait verilerde bitki boylarına ilişkin yapılan istatistiksel analiz sonucunda konular arasındaki fark, varyans analiz sonuçlarına (**Çizelge 4.13**) göre önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12 2018 ve 2019 yıllarına ait bitki boyları (cm,)

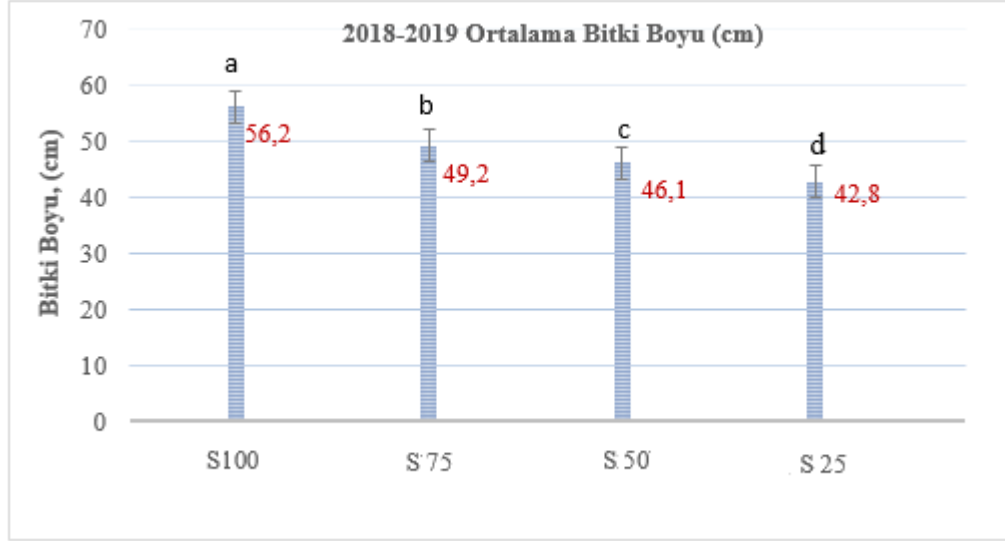
Konular	2018	2019	Bitki Boyu Ort. (cm)
	Bitki Boyu (cm)	Bitki Boyu (cm)	
S100	56.2	56.2	56.2
S75	49.0	49.4	49.2
S50	45.9	46.2	46.1
S25	42.7	42.9	42.8

Çizelge 4.12'e göre verilen sulama suyu miktarına bağlı olarak en yüksek bitki boyu S100 sulama konusundan 56.2 cm elde edilmiştir. Su kısıtı arttıkça bitki boylarında azalma meydana geldiği görülmektedir. S75 konusunda bitki boyu 49.2 cm, S50 konusunda 46 cm ve S25 konusunda 43 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.13 2018-2019 yıllarına ait toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	6.600	0.560 ^{öd}
Yıl	1	4.978	0.120 ^{öd}
Sulama Konusu	3	3929.532	0.000 ^{**}
Yıl*Sulama	3	1.703	öd
Hata	14	1.810	
Toplam Hata	23		
CV: %2.32 öd: önemli değil **P<0.01			

Toplu varyans analiz tablosuna göre sulama konusunun bitki boyunu istatistiki olarak etkilediği belirlenmiştir ($p<0.01$). **Çizelge 4.13**'e göre yıllar arasında fark önemsiz olarak belirlenmiştir. Varyans analiz tablosunda önemli çıkan ($p<0.01$) sulama konularının LSD grupları **şekil 4.14**'te verilmiştir.



Şekil 4.15 Bitki boyuna ilişkin LSD grupları

2018 ve 2019 yıllarına ait ortalama bitki boyları S100, S75, S50 ve S25 konuları için sırasıyla 56.2, 49.2, 46.1 ve 42.8 cm olarak bulunmuştur. Su kısıtının arttığı konularda bitki boyunda azalmaların olduğu görülmüştür.

El-Noemani vd. (2010) Mısır’da yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile kuru fasulyede bitki boyunu 47.9-52.9 cm olarak bildirmiştir. YADS ile bitki boyuna ilişkin başka çalışmaya rastlanmazken, diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemleri altında yapmış oldukları çalışmaların bitki boyu uzunluklarına değinilmiştir. Marzouk vd. (2016) Mısır’da damla sulama yöntemi ve üç farklı sulama konusunda (1.00ET, 0.8ET, 0.6ET) ortalama bitki boylarını 42.8 - 41.1 ve 35.9 cm olarak bildirmiştir. Önder vd. (2014) Konya ilinde yağmurlama sulama koşullarında yürüttükleri çalışmalarında bitki boyunu 45-162 cm olarak bildirmiştir. Şehirli vd. (2005) Tekirdağ ilinde damla sulama yöntemi ile bitki boyunu 21.5-34.0 cm arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacıların farklı sulama yöntemi ve farklı çeşitlerde yürüttükleri çalışmalarında bitki boyunun 17.7 - 310 cm arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir (Anlarsal vd. 2000; Kaçar vd. 2004;

Karadavut vd. 2005; Pekşen 2005; Pekşen ve Gülümser 2005; Bozoğlu ve Sözen 2006; Ülker ve Ceyhan 2008; Kahraman ve Önder 2009; Önder ve Şentürk 1996).

Denemeden elde edilen sonuçlar ve araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalar arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacıların damla sulama yöntemi ile elde ettiği bitki boylarının denemede kullanılan yüzeyaltı damla sulama yönteminden farklı olmasının nedeni iklim koşulları, kullanılan çeşit özelliği, fasulyenin bodur ya da sarılıcı özellikte olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.9.2 Sulama konularının ilk bakla yüksekliği üzerine etkisi

İlk bakla yüksekliği fasulye hasatında tane kayıplarının azaltılması açısından önemli parametrelerden birisidir. İlk bakla yüksekliğinin çok düşük olması istenen bir özellik değildir. Yürütülen çalışmada farklı seviyedeki su uygulamalarının 2018 ve 2019 yıllarına ve yıllar arası ortalama ilk bakla yüksekliğine ait değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. 2018-2019 yılları için ilk bakla yüksekliğine ilişkin toplu varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki fark varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 2018-2019 yıllarına ait ilk bakla yüksekliği sonuçları **çizelge 4.14**'de ve toplu varyans analiz tablosu **çizelge 4.15**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 2018-2019 yıllarına ait ilk bakla yükseklikleri (cm)

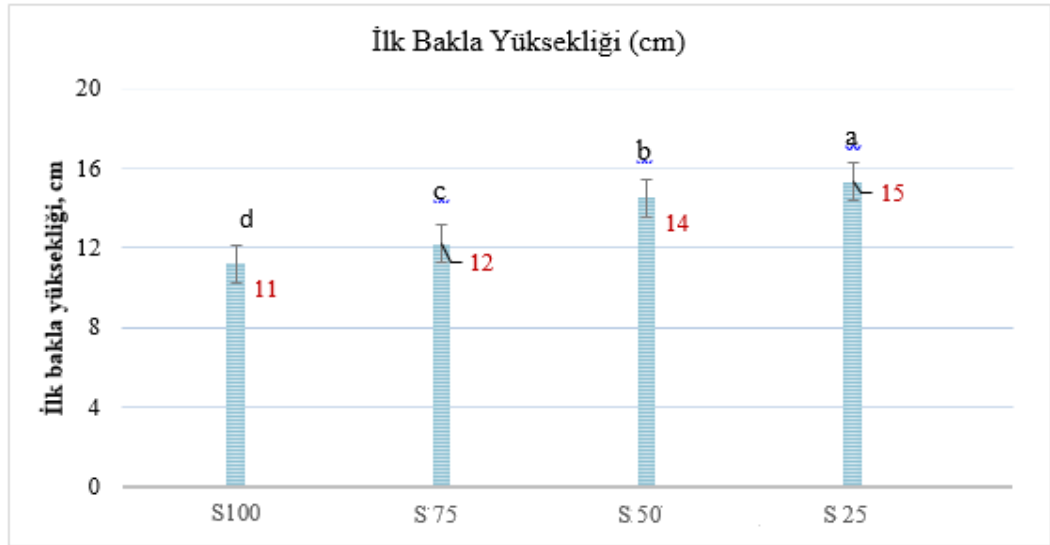
Konular	2018	2019	İlk Bakla Yüksekliği Ort. (cm)
	İlk Bakla Yüksekliği (cm)	İlk Bakla Yüksekliği (cm)	
S100	11.0	11.3	11.2
S75	12.3	12.0	12.2
S50	14.7	14.3	14.5
S25	15.3	15.3	15.3

Çizelge 4.14'e göre 2018-2019 yıllarının ortalama ilk bakla yükseklikleri S100 konusunda 11 cm, S75 konusunda 12 cm, S50 konusunda 14 cm ve S25 konusunda 15 cm olarak ölçülmüştür. Sulama suyu miktarındaki azalmaya bağlı olarak fasulyenin bakla bağlama yüksekliğinin de arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.15 2018-2019 ilk bakla yüksekliği toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	0.73	öd
Yıl	1	0.145	öd
Sulama Konusu	3	98.37	0.000**
Yıl*Sulama	3	0.6223	öd
Hata	14	0.73	
Toplam Hata	23		
CV: %3.63 öd: önemli değil **P<0.01			

Varyans analiz tablosunda (**Çizelge 4.15**) *yıl*sulama interaksyonu* önemsiz çıktığı için sulama konularının basit etkisine bakılmıştır. Sulama konularının, bakla yüksekliğine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulamalarda kısıt konusu arttıkça bakla tutma yüksekliğinde de artış olduğu görülmüştür. Varyans analiz tablosunda önemli çıkan sulama konularının LSD gruplandırması **şekil 4.16** 'da verilmiştir.



Şekil 4.16 İlk bakla yüksekliğine ilişkin LSD grupları

İlk bakla yüksekliğinin sulama konularına göre LSD gruplandırması S25, S50, S75 ve S100 şeklinde sıralanmıştır. 2018-2019 yıllarına ait ortalama bakla tutma yükseklikleri sulama konularına göre sırasıyla 11.2, 12.2, 14.5 ve 15.3 cm olmuştur. Sulama miktarında yapılan kısıt oranı arttıkça bakla tutma yüksekliğinde artış olduğu görülmektedir.

Yapılan literatür taramasında yüzeyaltı damla sulama yönteminde kuru fasulyede ilk bakla yüksekliği ile ilgili yapılan bir çalışmaya rastlanmazken Önder vd. (2014) Konya ilinde yağmurlama sulama koşullarında yürüttükleri çalışmalarında 3.6 - 6.7 cm olarak bildirmiştir. Elkoca ve Çınar (2015) Erzurum koşullarında gelişme dönemlerine göre yaptıkları sulamada ilk bakla yüksekliğini 12.9-19.7 cm bildirmişlerdir. Araştırmacıların farklı sulama yöntemi, farklı çeşit ve iklim koşullarında yürüttükleri çalışmaların bulgularında ilk bakla yüksekliklerini 6.2 -50.3 olarak bildirmişlerdir (Önder ve Sade 1996; Pekşen ve Gülümser 2005; Önder ve Şentürk 1996; Bildirici ve Baran 2018; Özbekmez 2015).

Araştırmada YADS ile elde edilen değerler ve diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemleri için bildirdikleri sonuçlar arasında büyük oranda uyum söz konusu olduğu görülmektedir. Ancak, bazı araştırmacıların bildirdiği değerler ile denemeden elde edilen sonuçların farklılık göstermesinin nedeni çeşit, iklim ve diğer kültürel uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.9.3 Sulama konularının bitkide dal sayısı üzerine etkisi

Bitkide bulunan ana dal sayısının tane verimini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Lepiz ve Romero (1987), yaptıkları çalışmalarında kuru fasulye bitkisinde tane verimini etkileyen parametrelerin başında bitkide tane ağırlığı ve dal sayısı miktarının geldiğini bildirmişlerdir. Kuru fasulye bitkisinde ana dal sayısının fazla olması verime olumlu katkıda bulunmaktadır.

2018-2019 yıllarında yürütülen çalışmada farklı seviyedeki su uygulamalarının bitkide dal sayısına ait değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma yılları için bitkide dal sayısına ilişkin toplu varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki fark varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 2018-2019 yıllarına ait bitkide dal sayısı değerleri sonuçları **çizelge 4.16**'da, toplu varyans analiz tablosu ise **çizelge 4.17**'de verilmiştir.

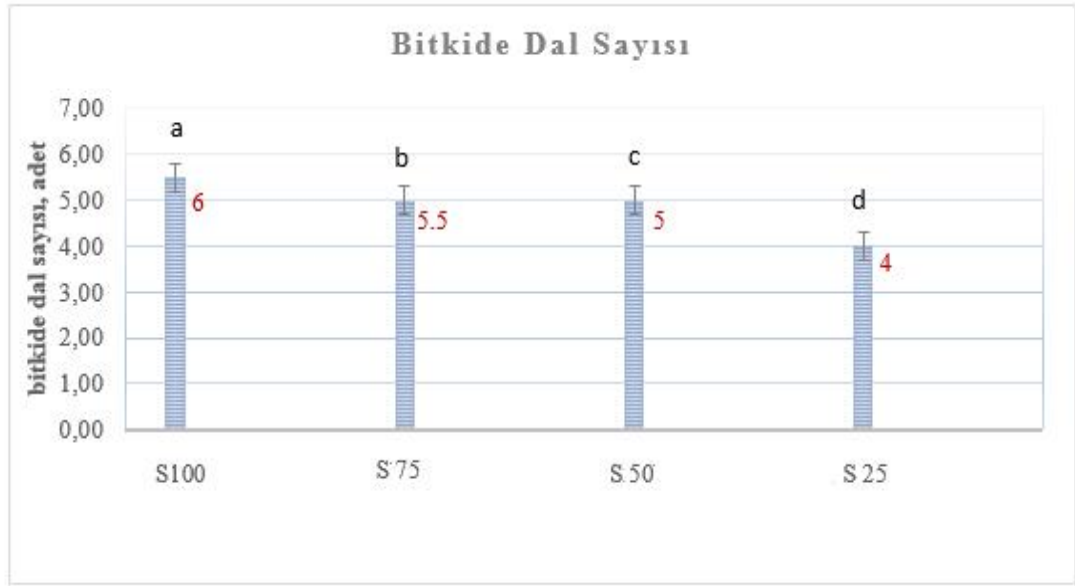
Çizelge 4.16 2018-2019 yıllarına ait bitkide dal sayıları (cm)

Konular	2018	2019	Bitkide Dal Sayısı Ort. (adet)
	Bitkide Dal Sayısı (adet)	Bitkide Dal Sayısı (adet)	
S100	6.0	6.0	6.0
S75	5.3	5.7	5.5
S50	5.0	5.0	5.0
S25	4.0	4.0	4.0

Çizelge 4.17 2018-2019 yıllarına ait bitkide dal sayısı toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	1.22	öd
Yıl	1	0.0478	öd
Sulama Konusu	3	23.176	0.000**
Yıl*Sulama	3	0.0301	öd
Hata	14		
Toplam Hata	23		
CV: %3.63 öd: önemli değil **P<0.01			

Varyans analiz tablosunda (**Çizelge 4.17**) *yıl*sulama interaksyonu* önemsiz çıktığı için sulama konularının basit etkisine bakılmıştır. Sulama konularının bitkide dal sayısına etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulamalarda su kısıtı arttıkça dal sayısında azalma olduğu görülmüştür. Varyans analizinde önemli çıkan sulama konularına ait LSD gruplandırması **şekil 4.17**'de verilmiştir.



Şekil 4.17 Bitkide dal sayısına ilişkin LSD grupları

Bitkide dal sayısına göre LSD gruplandırması **şekil 4.17**'deki gibi S100, S75, S50 ve S25 şeklinde gruplanmıştır. Bitkideki dal sayısı su kısıtı oranı arttıkça azalma göstermiştir. 2018-2019 yıllarına ait bitkideki dal sayıları S100 konusunda 6 adet, S75 konusunda 5.5 adet, S50 konusunda 5 adet ve S25 konusunda 4 adet olarak bulunmuştur.

El-Noemani vd. (2010) Mısır' da yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile kuru fasulyede dal sayısını 1.00ETo sulama konusu için 6.3 adet, 0.8 ETo sulama konusu için 7.1 adet, 0.6 sulama konusu için 7.3 adet olarak bildirmiştir. Yapılan literatür taramasında YADS ilişkin başka çalışma rastlanamadığı için farklı sulama yöntemlerinde yapılan çalışmalara değinilmiştir. Marzouk vd. (2016) Mısır'da damla sulama yöntemi ve üç farklı sulama konusunda (1.00ET, 0.8ET, 0.6ET) ortalama dal sayılarını 8.1, 7.8 ve 7.4 adet olarak bildirmiştir. Elkoca ve Çınar (2015) Erzurum koşullarında gelişme dönemlerine göre yaptıkları sulamada ilk bakla yüksekliğini 12.9-19.7 cm bildirmişlerdir. Araştırmacıların farklı sulama yöntemi 2.1-3.6 adet, Aksu (2016) Kayseri'de damla sulama yöntemi ile su stresi koşullarında bitkide dal sayısını ortalama 1.7-3.0 adet olarak bildirmiştir. Önder vd. (2014) Konya ilinde yağmurlama sulama koşullarında yürüttükleri çalışmalarında 3.3-7.3 adet olarak bildirmişlerdir. Diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemi, farklı çeşit ve iklim koşullarında yürüttükleri çalışmaların bulgularında ortalama bitkide dal

sayılarını 1.4-4.7 adet raporlamışlardır (Önder ve Şentürk (1996), Ülker ve Ceyhan (2008), Varankaya (2011), Babagil (2011), Elkoca ve Kantar (2004), Baran (2016).

Araştırmacıların çalışmalarında farklı sulama yöntemi ile elde etmiş oldukları bitkide dal sayıları ve denemede YADS yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasında uyum olduğu görülmüştür. Bazı araştırmacıların bildirdiği dal sayılarının denemeden elde edilen dal sayılarından düşük olmasının nedeni çeşit özelliğinden ileri geldiği düşünülmektedir.

4.9.4 Sulama konularının bitkide bakla sayısı üzerine etkisi

Kuru fasulyede tane verimi yükselten önemli faktörlerden birisi birim alanda bulunan bakla sayısı ile birim alana atılan tohum sayısıdır. Tane veriminin yüksek olması için bitkide dal sayısı, bitkide bakla sayısı ve verimi yüksek olan çeşitlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Her parselden alınan 10 adet bitkide bakla sayısına ait değerleri farklı seviyedeki su uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma yılları için bitkide bakla sayısına ilişkin toplu varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki fark varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 2018-2019 yıllarına ait bitkide bakla sayısı değerleri sonuçları çizelge 4.18’de gösterilirken, toplu varyans analiz tablosu ise **çizelge 4.19**’da gösterilmiştir.

2018 ve 2019 yılları bitkide bakla sayılarına bakıldığında (**Çizelge 4.18**) en yüksek bakla sayısı S100 kontrol konusundan 65 adet elde edilirken, S75 konusundan 51 adet, S50 konusundan 47 adet ve S25 konusundan 38 adet olduğu görülmektedir. Sulama suyu miktarında yapılan kısıt bakla sayılarının azalmasına neden olduğu görülmektedir.

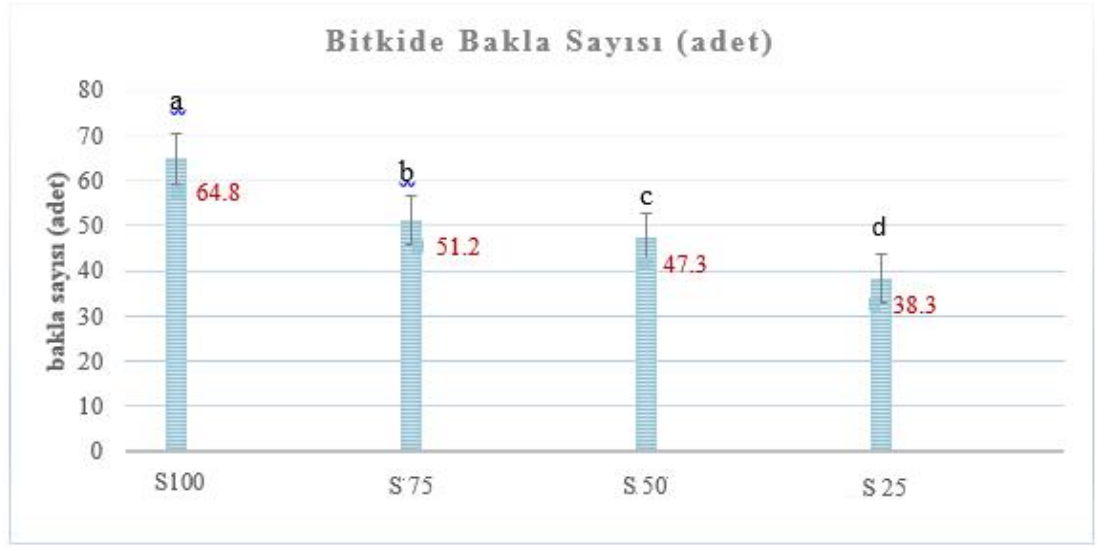
Çizelge 4.18 2018-2019 yıllarına ait bitkide bakla sayıları (adet)

Konular	2018	2019	Ortalama Bitkide Bakla Sayısı (adet)
	Bitkide Bakla Sayısı (adet)	Bitkide Bakla Sayısı (adet)	
S100	65.3	64.3	64.8
S75	51.0	51.3	51.2
S50	48.0	46.7	47.3
S25	38.3	38.3	38.3

Çizelge 4.19 2018-2019 yıllarına ait baklada tane sayıları (adet) toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	1.22	öd
Yıl	1	0.0478	öd
Sulama Konusu	3	23.176	0.000**
Yıl*Sulama	3	0.0301	öd
Hata	14	1.22	
Toplam Hata	23		
CV: %11.12 öd: önemli değil **P<0.01			

Çizelge 4.19'daki varyans analiz tablosunda sulama konusunun *yıl* sulama interaksyonu* önemsiz bulunmuş ve sulama konularının bitkide bakla sayısına etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulamalarda kısıt konusu arttıkça bakla sayısında azalma olduğu görülmüştür. Varyans analizinde önemli çıkan sulama konularına ait LSD gruplandırması **şekil 4.18**'de verilmiştir.



Şekil 4.18 Bakla sayısına ilişkin LSD grupları

Sulama konularının bitkide bakla sayısına göre LSD gruplandırması **şekil 4.18**'deki gibi S100, S75, S50 ve S25 şeklinde sıralanmıştır. Bitkideki bakla sayısı su kısıtı oranı arttıkça azalma göstermiştir. 2018-2019 yıllarına ait bitkideki bakla sayıları sırasıyla 64.8, 51.2, 47.3 ve 38.3 adet olarak bulunmuştur.

El-Noemani vd. (2010) Mısır' da yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile kuru fasulyede ortalama bakla sayısını 0-7 adet olarak bildirmiştir. Omae vd. (2007) Japonya koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan kuru fasulyede bitkide bakla sayısını sulama yapılan konuda 25-40.5 adet, yağışa dayalı konuda 19.2-35.4 adet olarak bildirmiştir. Yine damla sulama yöntemi ile yürütülen çalışmalarda Marzouk vd. (2016) Mısır'da üç farklı sulama konusunda (1.00ET, 0.8ET, 0.6ET) ortalama bitkide bakla sayılarını 14.8, 16.0 ve 24.0 adet olarak bildirmiştir. Şehirli vd. (2005) Tekirdağ ilinde damla sulama yönteminde 3.9 -14.1 adet olarak bildirmiştir. Diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemi, farklı çeşit ve iklim koşullarında yürüttükleri çalışma bulgularında bakla sayılarını 3.9 – 25.2 adet olarak raporlamışlardır (Önder ve Sade 1996; Önder ve Şentürk 1996; Bozoğlu ve Gülümser 1999; Anlarsal vd. 2000; Ülker ve Ceyhan 2008).

YADS yöntemi ile alınan sonuçlar ile diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemleri ile elde etmiş oldukları sonuçlar arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Daha önce de

değinildiği üzere sonuçlar arasında oluşan farklılık farklı sulama yöntemi, çeşit, tarımsal uygulamalardan ileri geldiği düşünülmektedir.

4.9.5 Sulama konularının baklada tane sayısı üzerine etkisi

Her parselden alınan 10 adet bitkide baklada tane sayısına ait değerleri farklı seviyedeki su uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma yılları için baklada tane sayısına ilişkin toplu varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki fark varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 2018-2019 yıllarına ait bitkide bakla sayısı değerleri ve ortalama baklada tane sayılarını gösteren tablo **çizelge 4.20**'de, toplu varyans analiz tablosu ise **çizelge 4.21**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20 2018-2019 yıllarına ait baklada tane sayıları (adet)

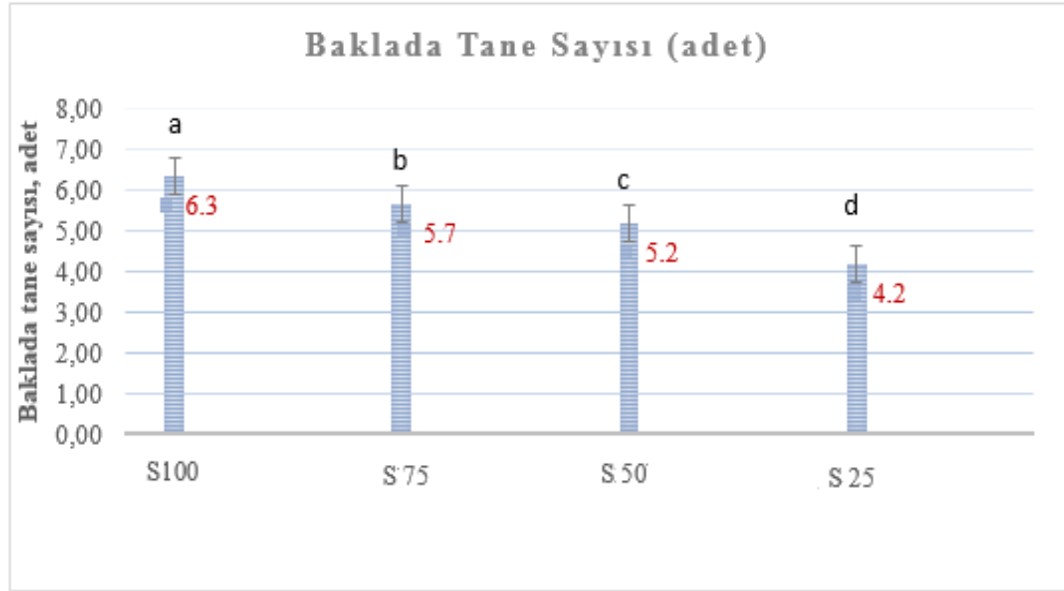
Konular	2018	2019	Baklada Tane Sayısı Ort. (adet)
	Baklada Tane Sayısı (adet)	Baklada Tane Sayısı (adet)	
S100	6.3	6.3	6.3
S75	5.7	5.7	5.7
S50	5.0	5.3	5.2
S25	3.7	4.7	4.2

Çizelge 4.20 incelendiğinde sulama konularına göre baklada tane sayıları S100 konusunda 6.3 adet, S75 konusunda 5.7 adet, S50 konusunda 5.2 adet ve S25 sulama konusunda 4.2 adet olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.21 2018-2019 yıllarına ait baklada tane sayısı toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	0.13	öd
Yıl	1	2.0364	0.18öd
Sulama Konusu	3	15.2727	0.0001**
Yıl*Sulama	3	1.0182	0.41öd
Hata	14	0.13	öd
Toplam Hata	23		
CV: %10.73 öd: önemli değil ** $P<0.01$			

Çizelge 4.21'e göre *yıl*sulama interaksyonu* önemsiz çıkmış ve basit etki olan sulama konuları önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama konuları için yapılan LSD gruplandırmaları **şekil 4.19**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Baklada tane sayısına ilişkin LSD grupları

Baklada tane sayısına göre LSD gruplandırması Şekil 4.19'daki gibi S100, S75, S50 ve S25 şeklinde sıralanmıştır. 2018-2019 yıllarına ait bitkideki bakla sayıları sırasıyla 6.3, 5.7, 5.2 ve 4.2 adet olarak bulunmuştur. Bakladaki tane sayıları sulama suyu miktarına göre değişiklik göstermiştir.

Fasulye bitkisinde baklada bulunan tane sayısının verimi etkileyen en önemli parametrelerden olduğunu ve verimde meydana gelen değişikliklerin çeşitlere (ya da genotiplere) göre farklılık gösterdiğini bildirmektedir (Bozoğlu, 1995).

Yapılan literatür taramasında baklada tane sayısında YADS yöntemi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmazken, Omae vd. (2007) Japonya koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan kuru fasulyede baklada tane sayısını sulama yapılan konuda 7.0-8.8 adet, yağışa dayalı konuda 7.2-8.5 adet olarak bildirmiştir. Yine damla sulama ile yürütülen Şehirli vd. (2005) çalışmasında Tekirdağ ilinde 2.1 -4.1 adet olarak bildirmiştir.

Marzouk vd. (2016) Mısır'da üç farklı sulama konusunda (1.00ET, 0.8ET, 0.6ET) ortalama 14.8, 16.0 ve 24.0 adet olarak bildirmiştir. Araştırmacıların farklı koşullarda yapmış olduğu çalışmaların bulgularında ortalama baklada tane sayısı 1-9 adet arasında değişim göstermektedir (Önder ve Şentürk 1996; Anlarsal vd. 2000; Pekşen ve Gülümser 2005; Sözen 2006; Ülker ve Ceyhan 2008; Kahraman 2014; Elkoca ve Çınar 2015; Yeken vd. 2018).

Araştırmacıların farklı sulama yöntemleri için bildirmiş olduğu sonuçlar ile YADS yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlik olduğu görülmüştür. Bazı araştırmacıların sonuçlarının, deneme sonuçlarından yüksek olmasının nedeni olarak daha öncede belirtildiği gibi, başta çeşit (genotip) özelliklerinin yanısıra tarımsal uygulamalar ve bölgesel farklılık olarak açıklanabilmektedir.

4.9.6 Sulama konularının 100 tane ağırlığı üzerine etkisi

Her parselden hasat edilen ürün içinden rast gele seçilen 4 paralel halindeki 100 tanenin %14 neme göre düzeltilmiş ağırlıkların ortalaması alınarak tartılmıştır. Tartılan tanelerin sulama konularının 100 tane ağırlığına etkisini belirlemek amacıyla istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma yılları için 100 tane ağırlığına ilişkin toplu varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki fark varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 2018-2019 yıllarına ait 100 tane ağırlıkları gösteren tablo **çizelge 4.22**'de, toplu varyans analiz tablosu ise **çizelge 4.23**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 2018-2019 yıllarına ait 100 tane ağırlıkları (g)

Konular	2018	2019	100 Tane Ağırlığı Ort. (g)
	100 Tane Ağırlığı (g)	100 Tane Ağırlığı (g)	
S100	31.4	31.3	31.4
S75	30.2	30.3	30.3
S50	29.4	29.3	29.4
S25	26.5	26.5	26.5

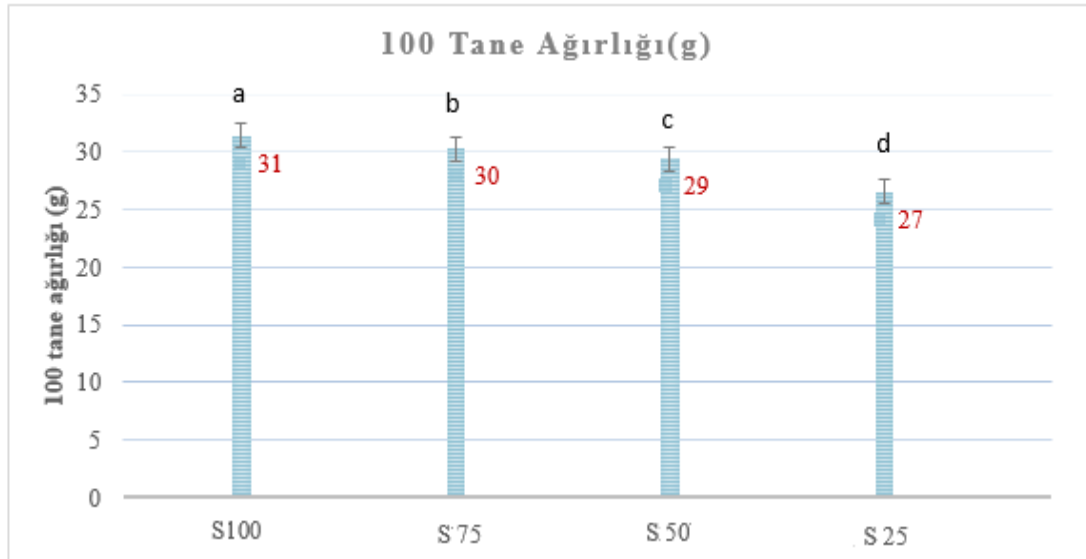
2018-2019 yıllarının sulamam konularına göre sırasıyla ortalama 100 tane ağırlıkları S1 konusunda 31.4 g, S2 konusunda 30.3 g, S3 konusunda 29.4 g ve S4 sulama konusunda 26.5 g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.23 2018- 2019 yıllarına ait 100 tane ağırlığı toplu varyans analiz tablosu

VaryansKaynakları	Serbestlik Derecesi	F	P
Tekerrür	2	2.54	öd
Yıl	1	0.026	0.11öd
Sulama Konusu	3	102.712	0.0001**
Yıl*Sulama	3	0.0998	öd
Hata	14		
Toplam Hata	23		

CV: % 1.72 öd: önemli değil **P<0.01

Çizelge 4.23'e göre *yıl*sulama interaksyonu* önemsiz çıkmış, sulama konusunun 100 tane sayısı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Önemli çıkan sulama konuları için yapılan LSD gruplandırmaları **şekil 4.20**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 100 tane ağırlığına ilkin LSD grupları

Bitkilerin 100 tane ağırlıklarına göre LSD gruplandırması **şekil 4.20**'de gösterildiği gibi S100, S75, S50 ve S25 şeklinde sıralanmıştır. Bitkilerdeki 100 tane ağırlıklarının

sulama suyu miktarına göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Sulama suyunda yapılan kısıt 100 tane ağırlığında azalmalara neden olmaktadır.

Literatür taramalarında YADS yönteminde 100 tane ağırlığına ilişkin sonuçlara rastlanmazken, Omae vd. (2007) Japonya koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan kuru fasulyede sulama yapılan konuda 35.2 g, yağışa dayalı konuda 100 tane ağırlığını 33.4 g olarak bildirmiştir. Şehirali vd. (2005) Tekirdağ ilinde damla sulama yönteminde 100 tane ağırlığını 30.5 – 46.4 g olarak bildirmiştir. Farklı sulama yöntemi ve farklı çeşitlerde yapılan sonuçlar ise Önder ve Sade (1996) Konya şartlarında yürüttükleri denemelerinde yüz tane ağırlığını 40.3 g, Önder ve Şentürk (1996) Karaman ilinde yüz tane ağırlığını 16.8 – 43.8 g olarak bildirmişlerdir. Ülker ve Ceyhan (2008) Konya şartlarında yüz tane ağırlığını 24.9 – 45.5 g, Elkoca ve Çınar (2015) Eskişehir ve Erzurum illerinde farklı hat ve çeşitlerde 100 tane ağırlığını 18 – 99.8 g olarak, Çolak (2020) Ankara koşullarında 100 tane ağırlığını 7.7-54.0 g olarak bildirmişlerdir.

Çalışma sonucunda YADS yöntemi ile elde edilen sonuçlar ve diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemi ile elde ettikleri sonuçlar arasında bir uyumsuzluk görülmemiştir. Bazı araştırmacıların sonuçlarının deneme sonuçlarından yüksek olmasının nedeni yüz tane ağırlığı parametresinin iklim ve toprak koşulları başta olmak üzere çevre faktörlerinden önemli derecede etkilenmesidir. Ayrıca iri taneli çeşitlerde 100 tane ağırlıkların yüksek olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmektedir.

4.10 Sulama Konularının Teknolojik Değerlere Etkisi

4.10.1 Sulama konularının kuru ağırlık üzerine etkisi

Çalışmada her parseldan alınan 100 adet kuru fasulye sayılıp tartıldıktan sonra kuru ağırlık olarak kaydedilmiştir. Kuru ağırlık hesaplarında % 14 neme göre düzeltilen değerler kullanılmıştır. Farklı seviyedeki sulama uygulamalarının kuru ağırlık üzerindeki etkileri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma konularından elde edilen 2018 ve 2019 yıllarına ait verilerde kuru ağırlığa ait değerler **çizelge 4.24**'de gösterilmiştir. Konulara yapılan istatistiksel analiz sonucunda konular arasındaki fark, varyans analiz

sonuçlarına (**Çizelge 4.25**) göre önemli olduğu görülmüştür. **Çizelge 4.29**'a göre ortalama kuru ağırlık değerleri S100 sulama konusunda 31.0 g, S75 konusunda 29.9 g, S50 konusunda 29.5 g ve S25 konusunda 28.1 g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.24 2018-2019 yıllarına ait kuru ağırlık değerleri (g)

Konular	2018	2019	Kuru Ağırlık Ort.(g)
	Kuru Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	
S100	31.4	30.6	31.0
S75	30.3	29.6	29.9
S50	29.6	29.3	29.5
S25	28.3	27.8	28.1

Çizelge 4.25 2018-2019 yıllarına ait kuru ağırlık toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Kuru Ağırlık (g)		
	S.D	F	P
Blok	2	1.93	0.18
Yıl	1	165.468	0.00*
Sulama	3	76.72	0.000**
Sulama*Yıl	3	0.6642	öd
Hata	14		
CV: %1.16 öd: önemli değil **P<0.01			

Toplu varyans analiz sonuçlarına göre (**Çizelge 4.25**) *sulama*yıl interaksyonu* önemsiz bulunmuş ve basit etkilere bakılmıştır. Buna göre sulama konuları ve yıl karşılaştırması ise önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Önemli bulunan sulama konuları LSD karşılaştırma testine tabi tutulmuş ve sonuçlar **şekil 4.21**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Kuru ağırlık değerlerine ilişkin LSD grupları

Sulama konularının kuru ağırlık değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Sulama suyu miktarı arttıkça kuru ağırlık değerlerinde de artış meydana gelmiştir. Sulama konularına göre kuru ağırlık değerleri sırasıyla 31, 29.9, 29.5 ve 28.5 g'dır.

Şehirali ve Atlı (1993) fasulye ile yapmış olduğu çalışmada kuru ağırlık ve kuru hacim arasında yüksek bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Fasulyede çiçeklenme ve dane dolum periyodu esnasında su stresinin kuru tohum ağırlığını olumsuz yönde etkilediğini Golezani ve Oskooyi (2008), Saucedo vd. (2009) ile Rezene vd. (2011) tarafından da bildirilmektedir.

Yapılan literatür taramasında YADS yönteminde kuru fasulyede kuru tohum ağırlığı üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmazken, farklı sulama yöntemlerinde yapılan çalışmalar irdelenmiştir. Çalışkan vd. (2018) Niğde koşullarında damla sulama yönteminde kuru tohum ağırlığını 36.4 -39.6 g olarak bildirmiştir. Elkoca ve Çınar (2015) farklı dönemlerde yaptıkları sulamalarda kuru ağırlığı farklı hat ve çeşitlerde 17.8-110.3 g arasında, Kınacı vd. (2008) Karacaşehir 90 çeşidinin kuru ağırlığını 17 - 20.7 g, Yunus 90 çeşidinin ise 37.3 - 48.6 g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Farklı sulama yöntemleri ve çeşitlerinde yapılan denemelerden elde edilen bulgularda kuru ağırlık değerleri 16.4 - 52.9 g arasında değişim göstermektedir (Cengiz 2007; Aydoğan vd. 2020; Sözen ve

Karadavut 2020; Şehirali ve Atlı 1993; Atlı vd. 1994; Gökçınar 2000; Shimelis ve Rakshit 2005; Peksen 2005).

Araştırmada YADS yöntemine göre elde edilen değerler ile diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemlerinde saptamış oldukları değerlerin uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Kuru ağırlık değerleri pazar kalitesini etkileyen önemli faktörlerin başında geldiği bilinmektedir. İri tohumlu çeşitlerde kuru ağırlık değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bazı araştırma sonuçlarının deneme sonuçlarından yüksek olmasının nedeni çeşit (genotip) özelliklerinin yanı sıra, tarımsal uygulamalar ve bölgesel farklılıklar olduğu düşünülmektedir. Tohum şekillerinin büyük ya da küçük olması kuru ağırlık üzerinde etkili özelliklerdendir.

4.10.2 Sulama konularının yaş ağırlık üzerine etkisi

Çalışmada her parseldan alınan 100 adet kuru fasulye sayılıp kuru ağırlıkları belirlendikten sonra, sayılan taneler silindire konulmuş ve üzerlerine saf su ilave edilerek 16 saat beklenmiştir. Örnekler kurutulup tartılarak yaş ağırlıkları bulunmuştur. Farklı seviyedeki sulama uygulamalarının yaş ağırlık üzerindeki etkileri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma konularından elde edilen 2018 ve 2019 yıllarına ait verilerde yaş ağırlığa ait değerler **çizelge 4.26**'da gösterilmiştir. Konulara yapılan istatistiksel analiz sonucunda konular arasındaki fark, varyans analiz sonuçlarına (**Çizelge 4.27**) göre önemli olduğu görülmüştür.

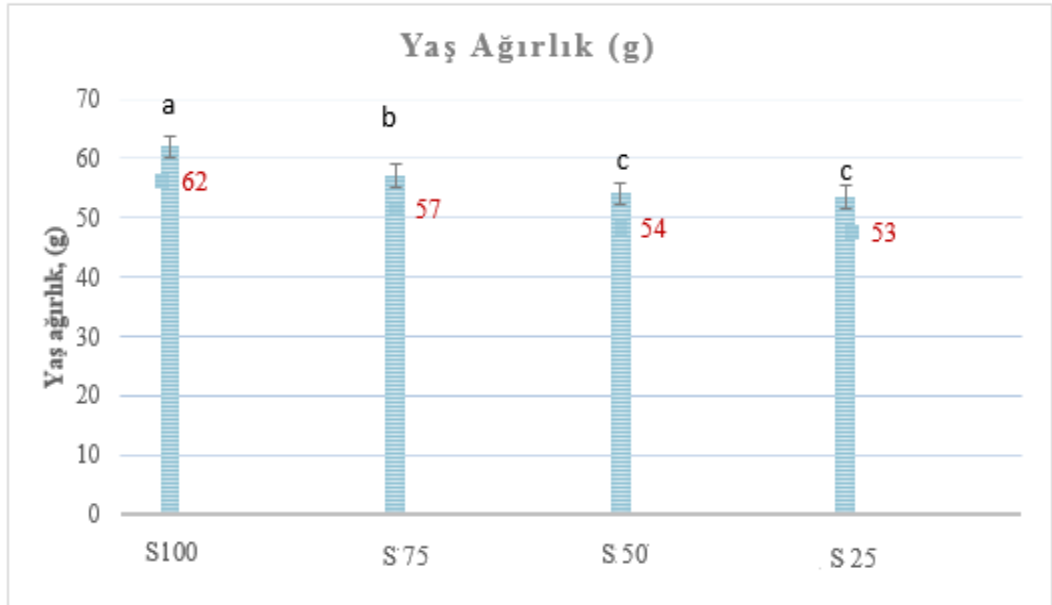
Çizelge 4.26 2018-2019 yıllarına ait yaş ağırlık (g) değerleri

Konular	2018	2019	Yaş Ağırlık Ort.(g)
	Yaş Ağırlık (g)	Yaş Ağırlık (g)	
S100	62.7	61.2	62.0
S75	57.6	56.8	57.2
S50	55.6	52.5	54.1
S25	53.5	53.4	53.4

Çizelge 4.27 2018-2019 yılları yaş ağırlık toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Yaş Ağırlık (g)		
	S.D	F	P
Blok	2	1.72	0.22
Yıl	1	80.867	0.01
Sulama	3	650.723	0.000**
Sulama*Yıl	3	18.527	0.18 ^{öd}
Hata	14		
CV: %2.09 öd: önemli değil **P<0.01			

Çizelge 4.27'ye göre *yıl*sulama interaksyonu* önemsiz çıkmış, sulama konusunun yaş ağırlık üzerindeki etkisi önemli çıkmıştır ($p<0.01$). Önemli çıkan sulama konuları için yapılan LSD gruplandırmaları **şekil 4.22'**de gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Yaş ağırlık değerlerine ilişkin LSD grupları

Sulama konuları ve yaş ağırlık arasındaki ilişki istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama suyu miktarı arttıkça yaş ağırlık değerlerinde de artış meydana geldiği görülmektedir. S100 konusu a grubunda, S75 konusu b grubunda yer alırken S50 ve S25 sulama konuları c grubunda yer almıştır. Sulama konularına göre yaş ağırlık değerleri S100 konusunda 62.0 g, S75 konusunda 57.2 g, S50 konusunda 54.1 g ve S25 konusunda 53.4 g olarak bulunmuştur.

Yapılan literatür taramasında YADS yönteminde kuru fasulyede yaş ağırlık üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmazken, farklı sulama yöntemlerinde yapılan çalışmalara değinilmiştir. Çalışkan vd. (2018) Niğde koşullarında damla sulamada yaş tane ağırlığı değerlerini 66.2- 90.7 g arasında bildirmiştir. Kınacı vd. (2008) yaş ağırlığı 37.3-92.7 g arasında, Elkoca ve Çınar (2015) Erzurum koşullarında yaş ağırlığı farklı hat ve çeşitlerde 35.7-224.7 g arasında, Cengiz (2007) yaş ağırlıkları çeşitlerde 34.3-94.4 g arasında, Aydoğan vd. (2020) Konya koşullarında yaş ağırlığı 81.2-99.2 g, Sözen ve Karadavut (2020) Samsun ve Kırşehir koşullarında yaş ağırlığı 43.6-90.5 g olarak bildirmişlerdir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ile diğer araştırmacıların yaptığı çalışmaların sonuçları arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Araştırmacıların elde etmiş olduğu yüksek yaş ağırlık değerlerinin nedeni yaş ağırlık ortalamalarının tane iriliklerine göre değişim göstermesidir. Kuru ağırlık miktarındaki artış su alma kapasitesini arttıracığından, iri taneli çeşitlerde yaş ağırlık değerlerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Çeşitler arasındaki fark yaş ve kuru ağırlık miktarlarını değiştirmektedir. Bazı araştırmacıların sonuçlarının deneme sonuçlarından yüksek olmasının nedeni başta çeşit (genotip) özelliklerinin yanında yapılan uygulamalar ve bölgesel farklılıklar olarak değerlendirilmektedir. İri taneli çeşitlerde 100 tane ağırlıkların yüksek olduğu araştırmalar tarafından bildirilmektedir.

4.10.3 Sulama konularının kuru hacim üzerine etkisi

Çalışmada her parselden alınan 100 adet kuru fasulye tanesi dereceli silindire konulup üzerlerine 50 ml saf su ilave edilerek kuru hacim belirlenmiştir. Örnekler kurutulup tartılarak yaş ağırlıkları bulunmuştur. Farklı seviyedeki sulama uygulamalarının kuru hacim üzerindeki etkileri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma konularından elde edilen 2018 ve 2019 yıllarına ait verilerde kuru hacime ait değerler **çizelge 4.28**'de gösterilmiştir. Konulara yapılan istatistiksel analiz sonucunda konular arasındaki fark, varyans analiz sonuçlarına (**Çizelge 4.29**) göre önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.28'e göre sulama konularına göre kuru hacim değerleri S100 konusunda 74.7 ml, S75 konusunda 73.7 ml, S50 konusunda 72.5 ml ve S25 konusunda 72 ml olarak bulunmuştur.

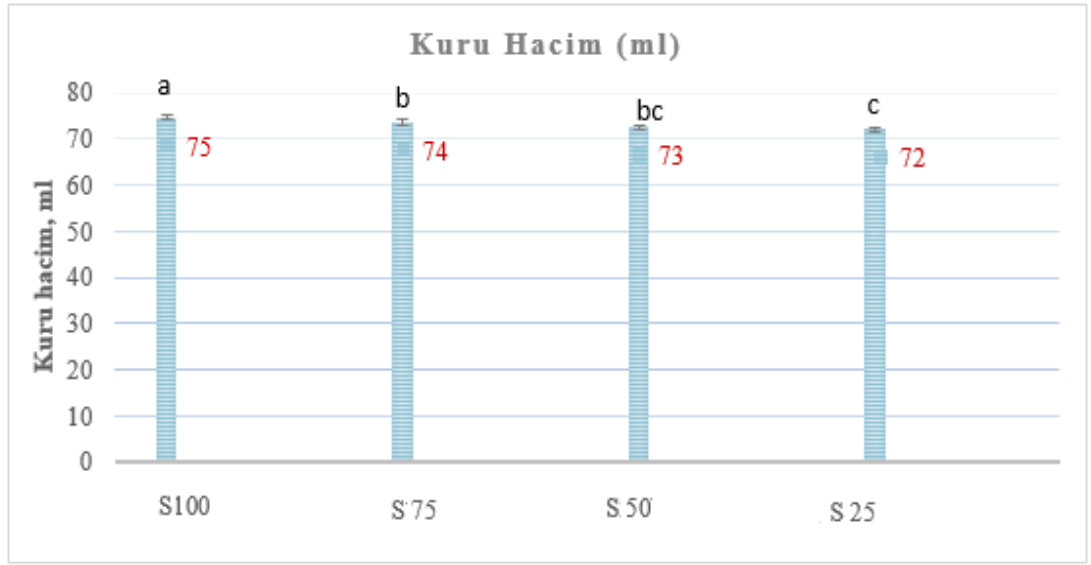
Çizelge 4.28 2018-2019 yılları kuru hacim (ml) değerleri

Konular	2018	2019	Kuru Hacim Ort.(ml)
	Kuru Hacim (ml)	Kuru Hacim (ml)	
S100	75.0	74.3	74.7
S75	73.3	74.0	73.7
S50	72.0	73.0	72.5
S25	71.7	72.3	72.0

Çizelge 4.29 2018-2019 yılları kuru hacim değerlerine ilişkin toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Kuru Hacim (ml)		
	S.D	F	P
Blok	2	1.23	0.322 ^{öd}
Yıl	1	0.8294	öd
Sulama	3	6.84	0.004*
Sulama*Yıl	3	0.6524	öd
Hata	14		
CV: %1.53 öd: önemli değil **P<0.01			

Çizelge 4.29'a göre *yıl*sulama interaksyonu* önemsiz çıkmış ve basit etkilere bakılmıştır. Sulama konusunun kuru hacim üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Önemli çıkan sulama konuları için yapılan LSD gruplandırmaları **şekil 4.23'**de gösterilmiştir



Şekil 4.23 Kuru hacim (ml) değerlerine ilişkin LSD grupları

Sulama konularının yaş ağırlık değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Sulama suyu miktarı arttıkça yaş ağırlık değerlerinde de artış meydana gelmiştir. Yapılan LSD gruplarına göre 3 grup oluşmuş ve S100 konusu a grubunda, S75 b grubunda, S25 c grubunda ve S3 ise hem b hem c grubunda yer aldığı görülmektedir.

Yapılan literatür taramasında YADS yönteminde kuru fasulyede kuru hacim üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmazken, farklı sulama yöntemlerinde yapılan çalışmalar irdelenmiştir. Çalışkan vd. (2018) Niğde koşullarında damla sulamada fasulyenin kuru hacimini 47.9-51.2 ml, Elkoca ve Çınar (2015) Erzurum koşullarında kuru hacmi farklı hat ve çeşitlerde 17.3-101.3 ml arasında, Aydoğan vd. (2020) Konya koşullarında 82.8-89.3 ml arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmada YADS yönteminde elde edilen yaş ağırlık değerleri farklı sulama yöntemlerinde verilen değerlerin arasında olduğu görülmektedir.

4.10.4 Sulama konularının protein oranı üzerine etkisi

Bilindiği üzere protein oranı iklim, toprak ve yetiştiricilik koşulları ile çeşit/genotiplere bağlı olarak %14.6-%35.1 arasında oldukça geniş bir aralıkta değişim göstermektedir.

Protein oranı birçok gen tarafından baskılanan, tarımsal uygulamalardan, iklim ve çevre koşullarından etkilendiği için sonuçların araştırmalara göre varyasyon göstermesi normal olan bir parametredir. Yüzeyaltı damla sulama yönteminde bitkinin rizosfer bölgesinde yaratılan ortam koşulları kalite özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Yüzeyaltı yöntemlerine göre daha yüksek bulunduğu bildirilmektedir (Görgişen vd. 2020).

Çalışmada her parselden 15 gramlık tohum örnekleri değirmende öğütülmüş ve Kjeldhal metoduna göre analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen toplam azot miktarları fasulye için belirlenmiş olan 6.25 katsayısı ile çarpılarak % protein değeri bulunmuştur (Bremner ve Mulvaney, 1965).

Farklı seviyedeki sulama uygulamalarının % protein oranı üzerindeki etkileri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Araştırma konularından 2018 ve 2019 yıllarında elde edilen verilerde % protein oranına ait değerler **çizelge 4.30**'da gösterilmiştir. Konulara yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama konuları arasındaki fark, varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur (**Çizelge 4.31**).

Çizelge 4.30 2018-2019 yılları protein oranları (%)

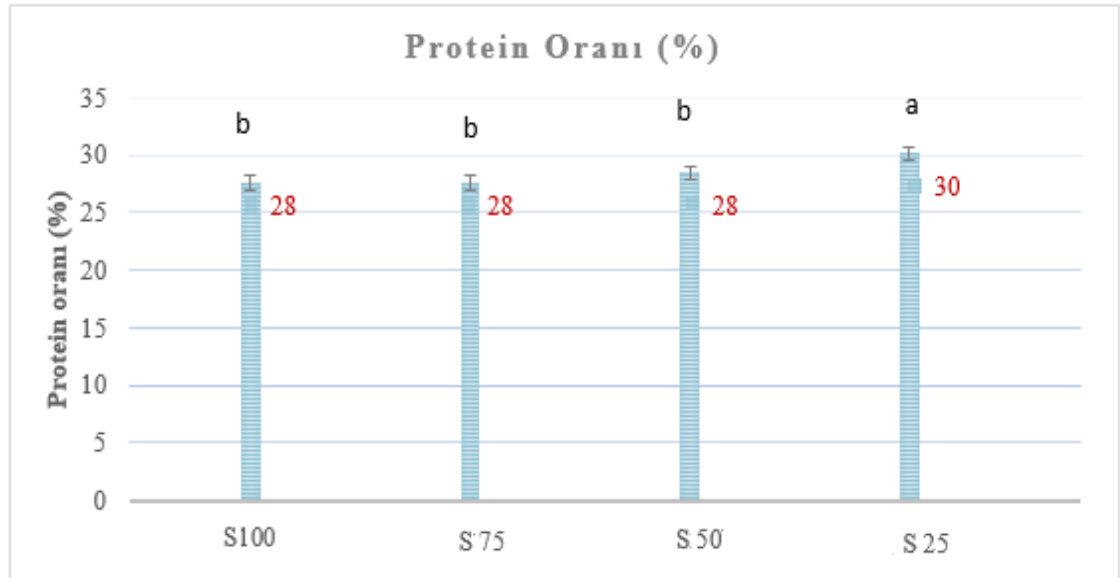
Konular	2018	2019	Protein Oranı Ort. (%)
	Protein Oranı (%)	Protein Oranı (%)	
S100	30.9	24.4	27.6
S75	29.1	26.0	27.6
S50	31.4	25.5	28.5
S25	32.4	27.8	30.1

Çizelge 4.31 2018-2019 yıllarına ait % protein oranı toplu varyans analiz tablosu

Varyans Kaynakları	Protein oranı(%)		
	S.D	F	P
Blok	2	3.057	0.079 ^{öd}
Yıl	1	104.241	0.001**
Sulama	3	5.844	0.008*
Sulama*Yıl	3	2.239	0.128 ^{öd}
Hata	14		
CV: %4.25 öd: önemli değil **p<0.01 * p<0.05			

Çizelge 4.31'e göre *yıl*sulama* interaksyonu önemsiz çıkmış ve basit etkilere bakılmıştır. Sulama konusunun % protein oranı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Önemli çıkan sulama konuları için yapılan LSD gruplandırmaları **şekil 4.24**'de gösterilmiştir.

Şekil 4.24 incelendiğinde 2 grup oluşmuş ve S100, S75 ve S50 konuları b grubunda, S25 konusu ise a grubunda yer aldığı görülmüştür. Su kısıtı arttıkça protein oranında da artış olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.24 %Protein oranına ilişkin LSD grupları

Yapılan literatür taramasında YADS yönteminde kuru fasulyede protein oranı üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmazken, farklı sulama yöntemlerinde yapılan çalışmalara

değinilmiştir. Damla sulama yöntemi ile yürütülen çalışmalarda Marzouk vd. (2016) Mısır'da üç farklı sulama konusunda (1.00ET, 0.8ET, 0.6ET) ortalama protein oranlarını % 20.8, %18.4 ve %15.2 olarak bildirmiştir. Yine Çalışkan vd. (2018) Niğde koşullarında damla sulama yönteminde protein oranını tam sulamada %22.7 ve kısıtlı sulamada %21.5 olarak bildirmiştir. Ulyanch vd. (2021) Ukrayna'da damla sulama ile yürütüükleri çalışmalarda protein oranını sulama yapılan konuda farklı çeşitlerde %9.4-11.8 arasında, yağışa dayalı konuda % 10.8-11.5 olarak bildirmiştir. Barros ve Prudencio (2016) kuru fasulye genotiplerinde protein içeriğini %22.3-24.9, Wani vd. (2017) protein oranı %22.3 ile %26.7 arasında, Sözen ve Karadavut (2020) Samsun ve Kırşehir koşullarında protein oranını %20.3-22.3 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Farklı sulama yöntemleri ve farklı çeşitlerde yapılan çalışmaların bulgularında protein oranlarının %18.5- 27.7 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Önder ve Özkaynak 1994; Önder ve Şentürk 1996; Çevik 2006; Cengiz 2007; Ülker 2008; Ülker ve Ceyhan 2008; Varankaya 2011; Yılmaz vd. 2014; Özbekmez 2015; Altunkaynak 2018).

Araştırmada YADS yöntemi ile elde edilen sonuçlar ve diğer araştırmacıların farklı sulama yöntemlerinde elde etmiş oldukları sonuçlar arasında herhangi bir uyumsuzluk bulunmamıştır. Denemede kuru fasulyede % 27 – 30 aralığında bulunan ortalama protein oranları diğer araştırmacıların bildirmiş olduğu sonuçlardan farklılık göstermektedir. Denemeden alınan sonuç diğer araştırmacıların bildirmiş olduğu protein oranlarından yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni olarak tane protein oranının gübreleme, sulama uygulamaları, çeşit, iklim ve toprak yapısına göre değişim göstermesinden ileri geldiği söylenebilir.

5. SONUÇ

Baklagil ürünleri ilk çağlardan beri insanlar tarafından üretilen besin gruplarından birisi olup insan beslenmesinde büyük önem taşımaktadırlar. Türkiye baklagillerin gen merkezi olup, iklim şartları baklagil üretimine uygundur. Hızla artan nüfus, besin ihtiyacına olan talebi de arttırmaktadır. Bu nedenden dolayı, birim alandan maksimum ve kaliteli ürün almayı hedefleyen yeni teknik ve uygulamalara yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Dünyadaki kullanılabilir suyun yaklaşık % 70'i tarımda kullanılmaktadır. Hızlı nüfus artışına paralel olarak endüstriyel ve evsel kullanımda suya olan ihtiyaç da artmaktadır. Dolayısıyla gelecekte tarımda su kıtlığının yaşanması muhtemel bir sorun olarak görülmektedir. Son yıllarda yaşanan iklim değişikliğinin yağış rejimine olan etkisi sonucu su kaynaklarında giderek azalmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle tarımsal üretimde sulama zamanının doğru olarak planlanması, bitki su tüketimlerine göre sulamaların yapılması, bitkilerin ihtiyaç duyduğu zamanda ve miktarda sulamaların yapılması tarımda su tasarrufu için önem arz etmektedir.

Bu araştırma, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsünün deneme alanlarında 2018 ve 2019 yıllarında yürütülmüştür. Deneme alanında bulunan otomatik iklim istasyonunda ölçülen parametrelerden yararlanılarak FAO Penman Monteith yöntemiyle hesaplanan günlük ETo değerleri, bitki katsayıları (Kc) ile düzeltilerek fasulye için evapotranspirasyon değeri (ETc) hesaplanmıştır. ETc değerlerinin günlük toplamaları, 60 cm kök derinliğindeki elverişli kapasitenin %20 (± 5)'sinin (25 ± 7 mm) aşmamasına dikkat edilerek YADS ile uygulanmıştır. Denemde ETc değerinin farklı oranları (S100, S75, S50 ve S25) kısıntılı sulama uygulaması için kullanılmıştır. Söz konusu uygulamaların kuru fasulye verim ve kalite parametrelerine olan etkileri ortaya konmuştur. Ayrıca, YADS yöntemiyle sulanan kuru fasulyenin kısıntılı su koşullarında bitki su tüketimi, su ve sulama suyu üretkenlikleri ve verim tepki etmeni belirlenmiştir.

Denemenin ilk yılında kuru fasulye ekimi 18 Mayıs tarihinde, ikinci yılında 10 Mayıs tarihinde mibzer ile ekim yapılmıştır. Her iki yılda da ekimden sonra çimlenme ve çıkış için 10 mm sulama suyu yağmurlama sulama sistemiyle verilmiştir. Çiçeklenme döneminde bitkilere toprak analizi sonuçlarına göre belirlenmiş % 46 üre Neptün dozaj pompası kullanılarak YADS sistemi ile verilmiştir. Denemede kullanılan Berrak kuru fasulye erkenci özellikte olup hasat her iki yılda da Ağustos ayının sonunda yapılmıştır.

Araştırmanın her iki yılında da 10 kez sulama yapılmıştır. 2018 yılında S100 konusunda 314 mm, S75 konusuna 240 mm, S50 konusunda 167 mm, S25 konusuna 94 mm, 2019 yılında S100 konusunda 307 mm, S75 konusuna 237 mm, S50 konusunda 166 mm, S25 konusuna 96 mm sulama suyu yüzeyaltı damla sulama sistemiyle verilmiştir. Toprak su bütçesi eşitliği yardımıyla hesaplanan bitki su tüketimi değerleri araştırmanın ilk yılında S100 konusunda 496 mm, S75 konusuna 437 mm, S50 konusunda 388 mm, S25 konusuna 367 mm, ikinci yılda ise S100 konusunda 447 mm, S75 konusuna 399 mm, S50 konusunda 349 mm, S25 konusuna 306 mm olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında farklı su uygulamalarının kuru fasulye tane verimine olan etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Denemeden elde edilen ortalama kuru fasulye tane verimleri 95-151 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. 2018 yılında sulama konularına göre tane verimleri S100 konusunda 152.4 kg da⁻¹, S75 konusunda 141.9 kg da⁻¹, S50 konusunda 115.6 kg da⁻¹ ve S25 konusunda 95.1 kg da⁻¹ verim alınmıştır. 2019 yılında tane verimleri sulama konularına göre S100 konusunda 151.2 kg da⁻¹, S75 konusunda 141.5 kg da⁻¹, S50 konusunda 115.3 kg da⁻¹ ve S25 konusunda 94.6 kg da⁻¹ verim elde edilmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında en yüksek verim S100 sulama konusundan alınmıştır. 2018 yılında S100 kontrol konusuna göre S75 konusunda sulama suyu miktarında %23 azalma olmuştur. Bitki su tüketim değerinde %12, tane veriminde ise %7 oranında azalma olduğu görülmüştür. 2019 yılında ise bu değerler sulama suyunda %23, bitki su tüketiminde %11 ve tane veriminde %6 olmuştur. 2018 yılında S100 konusuna göre S50 konusunda sulama suyu miktarı %47 oranında azalma göstermiştir. Bitki su tüketim değeri %22, tane verimi ise %24 oranında azalma göstermiştir. 2019 yılında ise bu değerler sırasıyla %46, %22 ve %23 olmuştur. 2018 yılında S100 konusuna göre S25 konusunda sulama suyu miktarında %70 azalma

gösterirken bitki su tüketim değeri %26 verim ise %38 oranında azalış göstermiştir. 2019 yılında ise sulama suyu miktarı %69, bitki su tüketimi %32 ve tane veriminde %37 oranında azalma olmuştur.

Verimin bitki su tüketimine oranı (WUE) ve sulama suyuna oranı (IWUE) ile hesaplanan değerler 2018 yılında sulama konularına göre sırasıyla 0.31, 0.32, 0.30, 0.26 kg m⁻³, 2019 yılında 0.34, 0.35, 0.33, 0.31 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. 2018 yılında IWUE değerleri ise 0.49, 0.59, 0.69, 1.02 kg m⁻³, 2019 yılında sırasıyla 0.49, 0.60, 0.69, 0.99 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. En yüksek su ve sulama suyu üretkenlik değerleri S100 kontrol konusundan alınmıştır. Son yıllarda birim sudan elde edilen en yüksek gelire göre hesaplanan ekonomik su üretkenliği değerleri (EWUE) sulama konularına göre S100 konusunda 0.7, S75 konusunda 0.7, S50 konusunda 0.1 ve S25 konusunda -0.98 olarak hesaplanmıştır. Ekonomik su üretkenliği sonuçlarına göre S100 ve S75 konularında net gelir en fazla, S50 konusunda net gelir az ve S25 konusunda ise net gelir negatif eğilimdedir. Bu durumda kuru fasulye yetiştiriciliğinden kar elde etmek için S100 ve S75 sulama konuları tercih edilmelidir.

Araştırma sonucunda farklı su uygulamalarının uygulandığı koşullarda hasat sırasında önceden belirlenen 10'ar adet bitki örneğinde yapılan bitki boyu (cm), ilk bakla yüksekliği (cm), bitkide dal sayısı (adet), bitkide bakla sayısı (adet), baklada tane sayısı (adet) ve 100 tane ağırlığı (g) üzerine olan etkileri belirlenmiştir. Farklı sulama uygulamaların bitki fizyolojik parametrelerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Sulama konularında su stresi arttıkça fizyolojik parametrelerde de azalma olduğu görülmüştür.

Araştırma sonuçlarında sulamanın teknolojik değerlere olan etkisi incelenmiştir. Sulamanın kuru ağırlık (g), yaş ağırlık (g), kuru hacim (ml) ve % protein oranına etkisi istatistiksel açıdan önemli olduğu yapılan varyans analizleri sonucu tespit edilmiştir (p<0.05). Sulama konularında sulama suyu miktarındaki artış teknolojik parametrelerde olumlu yansımıştır. Su stres uygulamaları arttıkça % protein oranları da artış göstermiştir.

Araştırmadan elde edilen iki yıllık sonuçlarına göre;

- Günümüzde artan nüfusla birlikte su kaynaklarının giderek azalması ve yağış rejiminin düzensiz dağılımından dolayı yetiştiricilikte sulamanın önemi giderek artmaktadır. Bu yüzden kısıtlı olan su kaynaklarımızdan en yüksek faydayı sağlayacak olan sulama sistemleri kullanılmalı ve su tahsis planlaması yapılmalıdır.
- Yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin üstünlükleri ve dezavantajları bulunmaktadır. Sistemin dezavantajları, ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu, iyi bir filtreleme olmadığı koşullarda damlatıcıların kökler tarafından tıkanması, kemirgen zararları sayılabilir. Sistemin üstünlükleri ise, toprak yüzeyi ıslatılmadığı için buharlaşma ile su kayıplarının yaşanmaması, kök çevresinde tuzlulaşma sorunu yaratılmaması, çapalama ihtiyacı ortadan kalkacağı için işçilik masraflarının azalması, sulama uygulamaları devam ederken toprak üstünde kültürel işlemlerin kolaylıkla yapılmasına olanak sağlaması gibi birçok üstünlüğü bulunmaktadır.
- YADS Ülkemizde yeni yaygınlaşmaya başlamaktadır. Günümüzde hem çiftçilerin hem de ticari kuruluşların yüzeyaltı damla sulama sistemlerine olan yatkınlıkları, bu sistemin kullanımının artarak süreceğini göstermektedir. Bu yüzden projelendirme kriterlerine ve sulama suyu miktarlarının belirlenmesindeki esaslara dikkat edilmelidir. Araştırmada derine sızma kayıplarını önlemek amacıyla sulamaya esas toprak derinliği olarak 60 cm alınmıştır.
- Laterallerin döşeme derinliği toprak bünyesine ve yetiştirilecek bitkiye göre değişmekle birlikte killi bünyeye sahip olan topraklarda 20-40 cm arasında olmaktadır. Lateral derinliğini etkileyen en önemli değişken pulluk derinliğidir. Araştırmada deneme alanının topraklarının killi bünyeye sahip olması ve tek yıllık bitki yetiştiriciliğinde pulluk derinliğinin 30 cm olması nedeniyle lateral derinliği

40 cm olarak seçilmiştir. Böylelikle ekim ve hasat sonrası sürüm işlemlerinden lateraller deneme süresi boyunca zarar görmemiştir.

- YADS sistemleri iyi bir işletme ve bakım ile birlikte 10-15 yıl toprak altında hizmet verebilmektedir. Bunun için yetiştiricilik sezonunun başında ve sonunda tüm sistem boşaltım vanaları yoluyla yıkama yapılmalıdır. Suların kireçli ve tuzlu olduğu koşullarda fosforik asit uygulaması da yapılabilir. Sistemde tıkanmaları önlemek amacıyla yüzey damla sulama sistemlerinde olduğu gibi sulama suyunun derin kuyudan çekildiği durumlarda hidrosiklon ve filtre sistemi, yüzey sulama suyu kullanımı durumunda kum çakıl filtre ya da mil filtrenin yanı sıra elek filtrenin de kullanılması gerekmektedir. Filtrele sisteminin bakımı ve temizliği sayesinde laterallerde oluşabilecek tıkanmalar önlenmiş olacaktır. Manifold giriş ve çıkış vanaları birkaç sulamada bir açılarak laterallerin temizliği sağlanmalıdır. İyi bir işletme ve bakım yüzeyaltı damla sulama laterallerinin ömrünü uzatacaktır.
- YADS sisteminin atık su ve su kalitesi düşük olan tuzlu sulama sularının kullanımında önemli rol oynamaktadır. Yüzeyaltı damla sulamada tuz birikimi kök çevresinde değil toprak profilinin alt katmanlarında olmaktadır. Bu yüzden bitki yaprakları ve kök boğazı tuzlu su ile ıslatılmadığı için bitki tuz stresinden en az düzeyde etkilenmektedir. Araştırma sulama sezonu boyunca değişen su kalitesi bitkide fizyolojik tuz stresi etkilerini göstermemekle birlikte verimde azalmaya neden olduğu görülmüştür.
- Araştırmada kullanılan yüzey altı damla sulama sistemi ve sulama yöntemi (FAO Penman-Monteith) diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalar dikkate alındığında su tasarrufu sağladığı görülmüştür. Bunun sebepleri arasında YADS toprak altına serildiği için sulama sırasında evaporasyon, derine sızma ve yüzey akışıyla oluşan kayıpların azaltılması sulama suyunun kök bölgesinde depolamasının sağlamasıdır.
- Kuru fasulye yetiştiriciliğinde çiftçinin uyguladığı klasik sulama programı; her seferinde yaklaşık 40-70 mm sulama suyu ve 7 gün sulama aralığı uygulamakta ve yıllık sulama suyu miktarı 400-700 mm arasında değişim göstermektedir.

YADS ve uygulanan sulama metodolojisine göre araştırmada kuru fasulyenin sulama uygulamaları ise; fasulyenin ekiminden itibaren bölgeye düşen yağış miktarına bağlı olarak 5 günlük sulama aralığı ve her sulamada 20-25 mm sulama suyu uygulaması, çok sıcak geçen aylarda (Temmuz, Ağustos gibi) ise 4 günlük sulama aralığında 20 - 25 mm sulama suyu uygulanması önerilmektedir. Araştırmada sulama sezonu boyunca ortalama 311 mm sulama suyu yaklaşık 4 günde bir olacak şekilde uygulanmıştır. Sıcak geçen Temmuz ayında 195 mm sulama suyu uygulanmış, 205 mm bitki su tüketimi hesaplanmış ve 6 adet sulama yapılmıştır. Ağustos ayında ise 93 mm sulama suyu uygulanmış, 131 mm bitki su tüketimi değeri hesaplanmış ve 4 adet sulama yapılmıştır. Haziran ayında düşen yağış miktarının fazla olması nedeniyle sulama yapılmamıştır. Araştırma sonuçlarına göre yüzeyaltı damla sulama yönteminde sık sık ve azar azar sulamaların yapılması önerilmektedir. Böylelikle kök bölgesi devamlı nemli tutulacağı için daha etkin bir sulama ve yetiştiricilik yapılmış olacaktır.

- Elde edilen sonuçlar ışığında, tarımsal üretimde girdisi ve iş gücü yüksek olan kuru fasulye yetiştiriciliğinde yüzeyaltı damla sulama yönteminin kullanılması üretim masraflarının azaltılmasında yardımcı olacaktır. Sulama ve çapalama işçiliği ortadan kaldırılacağı için maliyet düşürölmüş olacaktır.
- Ankara koşullarında sulama kaynağında bir kısıntı olmadığı durumda kuru fasulye bitkisinin sulanmasında yüzeyaltı damla sulama sisteminin kullanılması, FAO Penman Monteith eşitliğinin kullanılması ve “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” rehberinden alınan bitki katsayısı “Kc” değeri kullanılarak her seferinde 20-25 mm sulama suyunun 4 günde bir uygulanması önerilmektedir.
- Su kaynağında herhangi bir kısıt olmadığı S100 (%100 ETc) sulama konusunun verim, bitki fizyolojik ve teknolojik parametrelerine olan etkisi istatistik sonuçlarına göre önerilmektedir ($p < 0.05$). Su kaynağında kısıntı yapılması gerekli olduğu durumda ise sulama suyu miktarından %25 kısıntı yapılması ve %7 verim kaybı göz önüne alınarak su uygulamaları yapılması önerilmektedir.

- Araştırmada sulama maliyeti, ekim-hasat işçiliği, üretim giderleri dikkate alınarak yapılan net gelir hesabına göre S100 konusunda 2309 TL ha⁻¹, S75 konusunda 1769 TL ha⁻¹ gelir sağlanmıştır. S50 (244 TL ha⁻¹) ve S25 (-921 TL ha⁻¹) sulama konularından alınan net gelire göre kullanılması önerilmemektedir.

Yetiştiriciliği İç Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yapılan kuru fasulyede daha etkin ve verimli su kullanımı ve sürdürülebilir su kaynaklarının yönetimi için yüzeyaltı damla sulama yönteminin kullanılması tez çalışması sonuçlarına göre önerilmektedir. Yüzeyaltı damla sulama sisteminin kurulumu, iyi işletilmesi ve yönetimi sağlandıktan sonra 10-15 yıl hizmet verebilmektedir. Değişen yağış rejimi ile su kaynaklarında arz talep dengesi sağlanamamaktadır. Bu yüzden sulama suyundan tasarruf sağlayacak basınçlı sulama sistemlerinin kullanımı gerekmektedir. Böylelikle su kaynakları üzerindeki hem iklimsel kaynaklı hem de talep baskısından kaynaklı stresin azaltılmasına katkı sağlanabilecektir. Bitki kök bölgesi sık sık ve azar azar sulamalar ile nemli kalacağı için etkin bir sulama ve yetiştiricilik yapılmış olacaktır. Sonuçları elde edilen bu tez çalışması ile tarımsal üretimde sulama zamanının doğru olarak planlanması, bitki su tüketimlerine göre sulamaların yapılması, bitkilerin ihtiyaç duyduğu zamanda ve miktarda sulamaların yapılması tarımda su tasarrufu için önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Wahed, M. H., Baker, G. A., Ali, M. M., Abd El-Fattah, F. A., 2017. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. *Scientia Horticulturae*, 225, 235-242.
- Adak M.S., Güler M., Kayan, N., 2010. Yemelik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara
- Aksu, Ö., 2016. Kuru Fasulyenin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Farklı Ekim Sıklığı Ve Su Stresi Koşullarında Verim Ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Albuquerque, P.E.P., R.L. Gomide, Klar, A.E. 1998. Crop water stress index for beans obtained from temperature difference difference between canopy and air. *Water and the environment: innovation issues in irrigation and drainage*, 208.
- Al-Kaisi, M., E Berrada, A., Stack, MFK., 1999. Dry bean yield response to different irrigation rates in southwestern colorado. *j. prod. agric.*, vol. 12, no. 3,1
- Allen, R. G., Smith, M., Perrier, A., Pereira, L. S. 1994a. An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*. 43(2). 1-34
- Allen, R. G., Smith, M., Pereira, L. S., Perrier, A. 1994b. An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, 43 (2): 35-92
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *fao irrigation and drainage paper*, No:56, Rome, Italy, 300 P
- Allen R.G., Yonts C.D., Wright J.L., 2000. Irrigation to maximize bean production and water use efficiency. In Singh S.P. (Ed.), *bean research, production and utilization. proceeding idaho bean workshop*. University of Idaho, Moscow, pp 71-92
- Altunkaynak, Özsoy, A., 2018. Fasulyede (*Phaseolus Vulgaris* L.) Farklı Azot Dozlarının Ve Bakteri Aşılmasının Tane Verimi Ve Verim Özellikleri Üzerine Etkileri.

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Yüksek Lisans Tezi.
Syf 35.

Anlarsal, A.E., Yücel, C., Özveren, D., 2000. Çukurova Koşullarında Bazı Fasulye (Phaseolus Vulgaris L.) Genotiplerinde Tane Verimi Ve Verimle İlgili Özellikler İle Bu Özellikler Arasındaki İlişkilerin Saptanması .Türk. J. Agric. For. 24: 19-29.

Anonim 2001. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı(mülga) Koruma Ve Kontrol Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı.

Anonim 2017. Türkiye’de Sulanan bitkilerin Su tüketim Rehberi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Yayınları. Ankara

Anonim. 2019. Web Sitesi: <https://www.sentektechnologies.com/download/sentek-modbus-manual-rs485-232-ver-3-6/>, Erişim Tarihi: 20.05.2019.

Anonim 2020a. Web Sitesi: <http://www.Dsi.Gov.Tr/Toprak-Ve-Su-Kaynaklari>. Erişim Tarihi: 09.07.2020

Anonim 2020b. TAGEM Baklagil Sektör Politika Belgesi 2019-2023. Ankara 2019

Anonim 2020c. Tüik Verileri Kuru fasulye Sektör Raporu

Anonim 2020d. Web Sitesi: Tüik Üretim İstatistikleri. [https://Biruni.Tuik.Gov.Tr/Medas/ ? Kn=92&Locale=Tr](https://Biruni.Tuik.Gov.Tr/Medas/?Kn=92&Locale=Tr). Erişim Tarihi: 16.07.2020

Anonim 2020e. Web Sitesi: <https://Www.Mgm.Gov.Tr/Veridegerlendirme/il-Ve-ilceler-istatistik.aspx> Erişim Tarihi:16.07.2020

Anonim 2021. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Belgeler/ cesit_katalogu.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Belgeler/cesit_katalogu.pdf)

Atlı, A., Köksel, H., Dağ, A., 1994.Yemeklik Tane Baklagillerde Kalite Değerleri Gıda Sanayii.7(3)44–48

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Hamzaoğlu, S., Demir, B., Güçbilmez, Ç. M., Keleş, R.,2020. Konya Koşullarında Bazı Kuru Fasulye Genotiplerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 9(2), 259-270.

Ayers, R.S., and Westcot, D.W., 1994. Water quality for agriculture. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization (FAO). FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. M-56.

- Babagil, G. E., Tozlu, E., Dizikisa, T., 2011. Erzincan Ve Hınıs Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi *Journal Of Agricultural Faculty Of Atatürk Üniversitesi*, 42(1):11-17.
- Bahçeci, İ., 1995. Response of field beans to saline irrigation water ç.ü. institute of basic and applied sciences, phd thesis, adana, 109 p (in Turkish).
- Baran, A., 2016. Kayseri Ekolojik Koşullarında Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Barros, M., Prudencio, Sh., 2016. Physical and chemical characteristics of common bean. *Semina: Ciências agrárias*, 37(2):751-762.
- Bhattarai, S.P., Midmore, D.J., Pendergast, L., 2008. Yield, water-use efficiencies and root distribution of soybean, chickpea and pumpkin under diverent subsurface drip irrigation depths and oxygation treatments in vertisols. *Irrig Sci* (2008) 26:439–450. Doi 10.1007/S00271-008-0112-5
- Bildirici, N., ve Baran, İ., 2018. Van-Gevaş koşullarında değişik kuru fasulye (*phaseolus vulgaris* l.) çeşitlerinde verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. Ahtamara I. International Multidisciplinary Congress., Van, Türkiye, 25 - 26 Ağustos 2018, cilt.1, ss.327
- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy journal*, 43(9), 434-438.
- Bower, C. A., Reitemeier, R.F., Fireman, M., 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils: *Sci.* 73, 251-261
- Bozkurt, S., ve Mansuroglu, G. S., 2018. Responses of unheated greenhouse grown green bean to buried drip tape placement depth and watering levels. *Agricultural Water Management*, 197, 1-8.
- Bozoğlu, H., ve Gülümser, A., 1999. Kuru fasulyede (*phaseolus vulgaris* l.) bazı tarımsal özelliklerin korelasyonları ve kalıtım derecelerinin belirlenmesi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi (15-18 Kasım 1999), Cilt III, Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Yemeklik Baklagiller, 360-365, Adana
- Bozoğlu, H., Sözen, Ö., 2007. Some agronomic properties of the local population of common bean (*phaseolus vulgaris* l.) of Artvin province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(5), 327-334.
- Bremmer, J.M., and Mulvaney, C.S., 1965. Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. *Agronomy*, 9: 1179-1237.

- Bryla, D.R., Bañuelos, G.S., Mitchell, J.P., 2003. Water requirements of subsurface drip-irrigated faba bean in california. *Irrigation Science*, 22: 31-37.
- Büyükçangaz, H., Yazgan, S., Ayas, S., Candogan, B. N., Ayas, F., 2008. Effects of deficit irrigation on yield and quality of unheated greenhouse grown green bean. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(2), 168-172.
- Camp, C. R., 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the ASAE*, 41(5), 1353.
- Candoğan, B. N., 2009. Soya Fasulyesinin Su-Verim İlişkileri. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış doktora tezi).
- Cengiz, B., 2007. Sakarya Ve Eskişehir Lokasyonlarında Yetiştirilen Bazı Kuru Fasulye Çeşitlerinin Kalite Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Tekirdağ.
- Ceylan, E., Önder, M., Karaman, A., 2009. Fasulye Genotiplerinin Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Selçuk Journal Of Agriculture and Food Sciences*, 23(49),
- Çağlar, Ö., 1949. Toprak Bilgisi Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:10, Ankara 67-73.
- Çalışkan, S., Aytakin, Rİ., Yağız, AK., Yavuz, C., 2018. Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinde Tam ve Kısıtlı Sulama Uygulamalarının Tane Kalitesi Üzerine Etkisi *Türk Tarım – Gıda Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 6(12): 1853-1859, 2018.
- Çamoğlu, G., ve Genç, L., 2013. Taze Fasulyede Su Stresinin Belirlenmesinde Termal Görüntülerin ve Spektral Verilerin Kullanımı. *Çomü Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1 (1): 15-27
- Çetin, O., and Kara, A., 2019. Assesment of water productivity using different drip irrigation systems for cotton. *Agricultural Water Management*, 223, 105693.
- Çevik, M., 2006. Kuru Fasulye Çeşitlerinde Farklı Ekim Derinliklerinin Verim ve Bazı Verim Unsurları İle Kalite Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Yüksek Lisans Tezi. Syf 59.
- Çolak, M. S., 2020. Farklı Sulama Suyu Kalitesi Ve Tabansuyu Derinliklerinin Fasulyenin (*phaseolus vulgaris* L.) Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- Dewedar, O. M., Plauborg, F., Marwa, M. A., El-shafie, A. F., Ragab, R. 2020. Improving water saving, yield, and water productivity of bean under deficit drip irrigation:

field and modelling study using the SALTMED model. *Irrigation and Drainage*. 70(2), 224-242.

Doorenbos, J., Kassam, A. H. 1979. Yield response to water. *Fao Irrigation and Drainage Paper*, No:33, Rome.

Efetha, A., Harms, T., Bandara, M., 2010. Irrigation management practices for maximizing seed yield and water use efficiency of othello dry bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) in Southern Alberta, Canada. *Irrigation Science*, doi:10.1007/S00271- 010-0220-X

Elkoca, E., ve Çınar, T., 2015. Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşit Ve Hatlarının Erzurum Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu, Tarımsal ve Kalite Özellikleri. *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci*, 30 (2015) 141-153

Elkoca, E.,ve Kantar, F., 2004. Erzurum Ekolojik Koşullarına Uygun Erkenci ve Yüksek Verimli Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4): 137-142.

El-Noemani, A. A., El-Zeiny, H. A., El-Gindy, A. M., El-Sahhar, E. A., El-Shawadfy, M. A.,2010. Performance of some bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties under different irrigation systems and regimes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(12), 6185-6196.

Erdem, Y., Şehirali, S., Erdem, T., Kenar, D., 2006. Determination of Crop Water Stress Index For Irrigation Scheduling of Bean (*Phaseolus Vulgaris*l.). *Turk Jagric For*. 30 (2006) 195-202.

Ertaş. M. R. 1976. Konya Ovası Koşullarında Lizimetrelerde Bitki-Su Tüketimleri. *Konya B. T. A. E. Yay. No: 30 Konya*.

Evren, S., ve Sevim, Z., 1998. Erzurum Ovası Koşullarında Taze Fasulyenin Su Tüketimi. *Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, Genel 321 Y Ayın No: 106, Seri No: 74.

França, D., Sa Riberio, L., Aragao, C. A., 2007. Germination initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. *Revista Brasileira de Sementes*.29(2): 106-110.

Gençoğlan, C., Altunbey, H., Gençoğlan, S., 2006, Response of green bean (*p. vulgaris* l.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation, *Agricultural Water Management*, 84 (3), 274-280.

Gillard, C.L., Ranatunga, N.K., Conner, R.L., 2012, The control of dry bean anthracnose through seed treatment and the correct application timing of foliar fungicides. *Crop Protection* 37: 81-90.

- Golezani, G.K., Oskooyi, M.R., 2012. Effect of water supply on seed quality development in common bean (*Phaseolus vulgaris* var.). *International Journal of Plant Production*, 2(2): 117-124.
- Gökçınar, F., 2000. Kuru Fasulye Çeşitlerinde Taneyi Oluşturan Unsurlar Arasındaki İlişkiler ve Kalite Üzerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
- Görgişen, C., Yeter, T., Karaca, Bilgen, G., Alsa, Bahçeci, P., Avağ, K., Boyacıoğlu, A., Yıldırım, Y.E., 2020. Kısıtlı Su Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Şeker Pancarının Sulama Programının Oluşturulması. TAGEM/TSKAD/16/A13/P02/0. Ankara.
- Güler, F. 1990. Amik Ovası Koşullarında İkinci Ürün Soya Fasulyesinin Su Tüketimi ve Su-Verim İlişkilerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Kültürteknik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü Yayınları 2, Ankara, 93 s.
- Gülümser, A., 2016. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2016, 25 (Özel Sayı-1):292-298 Derleme (Review)
- Günbatılı, F. 1993. Tokat-Kazova’da Kısıtlı Su Uygulamasında Bodur Fasulyenin Su Tüketimi. Tokat Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın No:123, Rapor Serisi No:75, Tokat.
- Güvenç, İ., 1993. Farklı Sulama Seviyelerinin Erzurum’da Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* Cv. Kızılhaç)’da Bitki Gelişmesine, Verime ve Bazı Mineral Madde İçeriğine Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, 130 S.
- Hanks, R.J., Keller, J., Rasmussen, V.P., Wilson, G.D. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Sci Soc Am J* 40(3): 426-429.
- Hegde, D. M., Srinivas, K., 1990. Plant water relations and nutrient uptake in french bean. *Irrigation Science*, 11(1), 51-56.
- Howell, T.A., Cuence, R.H., Solomon, K.H., 1990. Crop yield response management of farm irrigation systems. P 93-122
- Jackson, M., 1958. Soil chemical analysis. p. 1–498. Prentice–Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA
- Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen. R.G., 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. asce manuals and reports on engineering practice No. 70, Am. Soc. Civil Engr., New York, Ny. 332 Pp.

- Kaçar, O., Çakmak, F., Çöplü, N., Azkan, N., 2004, Bursa Koşullarında Bazı Kuru Fasulye Çeşitlerinde (*Phaseolus Vulgaris* L.) Bakteri Aşılama ve Değişik Azot Dozlarının Verim Ve Verim Unsurları Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. U. Ün. Zir.Fak. Dergisi, 18(1): 207-218.
- Kahraman, A., Önder, M., 2009. Konya bölgesinde yetiştirilen kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde verim ve bazı verim öğelerinin belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Cilt 1, s. 309-313 (Sözlü Sunum). 19 – 22 Ekim, Hatay, 2009.
- Kahraman, A., 2014. Ekim Zamanlarının Kuru Fasulye Genotiplerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) Verim, Verim Unsurları ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karadavut, U., Özdemir, S., Genç, A., 2005, Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinde Regresyon Denklemlerinin Karşılaştırılması Ve Değişken Azaltılması. Bitkisel Araştırma Dergisi (2005) 1: 11–16.
- Kazlı, A. 2005. Effects of full and half drip irrigation on yield and plant growth in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Sütçü İmam University, Graduate School of Natural and Applied Sciences. Thesis (MSc in Horticulture).
- Kınacı, G., Akın, R., Kınacı, E., 2008. Farklı Sulama Rejimlerinin Kuru Fasulyenin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Fiziksel Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi 4.2 (2008) 179 – 186. ISSN 1305-1385.
- Korukçu, A., ve Kanber, R.,1981. Water-yield relationship. Soil-Water Main Project, 435-1.
- Köksal, E.S., İlbeyi, A., Üstün, H., Özcan, H., 2007. Yeşil Fasulye Sulama Suyu Yönetiminde Örtü Sıcaklığı ve Spektral Yansım Oranı Değerlerinin Kullanım Olanakları. TAGEM-BB-Topraksu,2007/29, Ankara.
- Lamm, F. R., Camp, C. R. 2007. 13. Subsurface drip irrigation. in developments in agricultural engineering (Vol. 13, pp. 473-551). Elsevier.
- Lepiz, L., Romero, T., 1987. Effect of population densty on several control and physio.chareters of beans.abs.on field beans Vol.17 April 1992 Page:19
- Lima, J. R. D. S., Goes, M. D. C. C. D., Antonino, A. C. D., Medeiros, É. V. D., Duda, G. P., Leite, M. C. D. B. S.,Hammecker, C., 2021. Biochar enhances Acrisol attributes and yield of bean in Brazilian tropical dry region. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 1-9.

- Mansour, H. A., Jiandong, H., Hongjuan, R., Kheiry, A. N., Abd-Elmabod, S. K. 2019. Influence of using automatic irrigation system and organic fertilizer treatments on faba bean water productivity. *Int. J.*, 17, 250-259.
- Marzouk, N. M., RE, A., Salman, S., El Baky, M. A. 2016. Effect of water stress on yield and quality traits of different snap bean varieties grown in an arid environment. *Middle East J. Agric. Res*, 5(4), 629-635.
- Medeiros, G.A., Flavio, B.A., Sakai E., Fujiwara M. 2001. The Influence of crop canopy on evapotranspiration and crop coefficient of beans (*phaseolus vulgaris* L.). *Agric. Water Manage.*49: 211-224.
- Mishra, S.N., Dash, S.N., 1991. Variability for quantitative characters in french bean (*phaseolus vulgaris* l.) plant breeding Abstracts,63 (1): s. 64.
- Munoz-Perea, C. G., Allen, R. G., Westermann, D. T., Wright, J. L., Singh, S. P. 2007. Water use efficiency among dry bean landraces and cultivars ,in drought stressed and non- tressed environments. *Euphytica*, 155 (3): 393-402.
- Nielsen, D. C., 2018. Dry bean water use/yield production function to estimate dryland yields in the us central high plains. *Field Crops Research*, 228, 60-67.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Vatanabe, F. S., Dean L. A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dep. Ofagr. Cir., Nb. 939, Washington D. C., S:19.
- Omae, H., Kumar, A., Kashiwaba, K., Shono, M., 2007. Assessing drought tolerance of snap bean (*phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. *Plant Production Science*, 10(1), 28-35.
- Önder, M., Kahraman, A., Ceyhan, E., 2013. Response of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to water shortage. *Book of Abstracts . First Legume Society Conference 2013: A Legume Odyssey*. Novi Sad, Serbia, 9-11 May 2013, pp: 210.
- Önder, M., Kahraman, A., Ceyhan, E., 2014. Response of dry bean (*phaseolus vulgaris* l.) genotypes to water shortage. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1: 623-628.
- Önder, M., ve Özkaynak, İ., 1994. Bakteri Aşılması ve Azot Uygulamasının Bodur Kuru Fasulye Çeşitlerinin Tane Verimi ve Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri. *TÜBİTAK, Doğa-Tr. J. Of Agriculture and Forestry*, 18: 463–471
- Önder, M., Sade, A., 1996. “Yunus-90” Bodur Kuru Fasulye Çeşidinde Farklı Bitki Sıklıklarının Dane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. *S.Ü.Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(11) : 71-82.

- Önder, M., Şentürk, D., 1996. Ekim Zamanlarının Bodur Kuru Fasulye Çeşitlerinde Dane Ve Protein Verimi İle Verim Unsurlarına Etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10 (3): 7-18.
- Özbahce, A., Tari, A. F., Gönülal, E., Simsekli, N., Padem, H., 2015. The effect of zeolite applications on yield components and nutrient uptake of common bean under water stress. Archives of Agronomy and Soil Science, 61(5), 615-626.
- Özbekmez, Y., 2015. Ordu Ekolojik Koşullarında Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Çeşit ve Genotiplerinin Verim, Verim Öğeleri İle Tohum Ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı 70s S. Yüksek Lisans Tezi.
- Pekşen, E., 2005. Samsun Kosullarında Bazı Fasulye Genotiplerinin Tane Verimi Ve Verimle İlgili Özellikler Bakiminden Karşılaştırılması. Omü Zir.Fak.Derg. 20(3)88- 95
- Pekşen, E., Gülümser, A., 2005. Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Verim ve Verim Unsurları Arasındaki İlişkiler ve Path Analizi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20(3):82-87.
- Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I., 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. Agric. WaterManage. 108 (2012), 39–51.
- Ramirez-Vallejo, P., Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136
- Rezene, Y., Gebeyehu, S., Zelleke, H., 2011. Genetic variation for drought resistance in small red seeded common bean genotypes. Afr. Crop. Sci. J. 19: 303-312.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.
- Saleh, S., Liu, G., Liu, M., Ji, Y., He, H., Gruda, N., 2018, Effect of irrigation on growth, yield, and chemical composition of two green bean cultivars, Horticulturae, 4 (1), 3
- Satriani, A., Loperte, A., Soldovieri, F., 2015. Integrated geophysical techniques for sustainable management of water resource. a case study of local dry bean versus commercial common bean cultivars. Agricultural Water Management 162 (2015) 57–66-231
- Saucedo C.M.C., Córdova-Téllez L, González-Hernández Va, Delgado-Alvarado A, Santacruz-Varela A, García-De Los Santos . 2009. Physiological performance, yield, and quality of dry bean seeds under drought stress. Interciencia, 34(10).

- Sezen, S. M., Yazar, A., Akyildiz, A., Dasgan, H. Y., Gencel, B., 2008. Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, 117(2), 95-102.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Canbolat, M., Eker, S., Çelikel, G., 2005. Effect of drip irrigation management on yield and quality of field grown green beans. *Agricultural Water Management*, 71: 243-255.
- Shimelis, E.A., and Rakshit, S.K., 2005. Proximate composition and physico- chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties grown in ethiopia. food engineering and bioprocess technology program, Asian Institute Of Technology, Serd, Phailandbox 4 Klon Luang, Pathumthani 12120, Bangkok, Thailand.
- Smesrud, J., Mansour, B., Hess, M., Sekler, J. 1997. Oregon State university western oregon green bean irrigation guide. Department of Bio-Resource Engineering, 116 Gilmore Hall, Corvallis, Pp:737-6304 (Or 97331-3906)
- Soureshjani, H. K., Nezami, A., Kafi, M., Tadayon, M., 2019. Responses of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 213, 270-279.
- Soureshjani, H.K., Nezami, A., Kafi, M., Tadayon, M., 2020. The effect of deficit irrigation on dry matter partitioning, mobilization and radiation use efficiency of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(3), 307-326.
- Sözen, Ö., 2006, Artvin ili Yerel Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Popülasyonlarının Toplanması, Tanımlanması ve Morfolojik Varyabilitesinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Sözen, Ö., ve Karadavut, U., 2020. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Kuru Fasulye Genotiplerinin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1205-1217.
- Stewart J.I., Hagan, R.M., Pruitt, W.O., 1976. Production functions and predicted irrigation 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.
- Süheri, S., Hussein, M.H., Kurtar, E.S., Yavuz, N., Dal, Y., 2020. Determination of yield and quality of different snap bean varieties under deficit irrigation. *Journal Of Tekirdag Agricultural Faculty*, Doi: 10.33462/Jotaf.654879

- Şehirali, S., ve Atlı, A. 1993. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)’de Pisme Özellikleri. Tekirdag Ziraat Fakültesi Yayınları, (161).
- Şehirali, S., Erdem, T., Erdem, Y., Kenar, D. 2005. Damla Sulama Yöntemi İle Sulanan Fasulyenin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Su Kullanım Özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi 11 (2): 212-216.
- Şimsek, M., Çömlekçioğlu, N., Öztürk, I., 2011, The Effects of the regulated deficit irrigation on yield and some yield components of common bean (*phaseolus vulgaris* L.) Under Semi-Arid Conditions, African Journal of Biotechnology, 10 (20), 4057-4064
- Topak, R., Albayati, İ. J. A., 2018. Effect of different dripper discharge, spacing and lateral spacing on drip irrigated green bean yield and quality parameters, Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32 (1), 50-54.
- TS 8333 1990. Türk Standartları Enstitüsü. Topraklar- Suyla Doygunluk Tayini
- TS 8336. 1990. Türk Standartları Enstitüsü. Topraklar- Organik Madde Tayini
- TS ISO 11265. 1996. Toprak Kalitesi-Elektriksel Öziletkenlik Tayini
- Tüzüner, A., Kurucu, N., Börekçi, M., Gedikoğlu, İ., Sönmez, B., Eyüpoğlu, İ., Açar, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara
- Uçar, Y., Kadayıfçı, A., Yılmaz, H.I., Tuylu, G.I., Yardımcı, N. 2009. The effect of deficit irrigation on the grain yield of dry bean (*phaseolus vulgaris* L.) in The Semi-Arid Regions. Spanish J Agr Res, 7(2): 474-485.
- Uçar, Y., Kadayıfçı, A., Yılmaz, H.I., Yardımcı, N., 2005. Isparta Koşullarında Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Su Tüketimi. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 19(35), 1-7.
- Ulyanych, O., Poltoretskyi, S., Liubych, V., Yatsenko, A., Yatsenko, V., Lazariev, O., Kravchenko, V., 2021. Effect of surface drip irrigation and cultivars on physiological state and productivity of faba bean crop.
- Ülker, M., 2008. Orta Anadolu Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Bazı Tarımsal Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi s 1-2 Konya
- Ülker, M., ve Ceyhan, E., 2008. Orta Anadolu Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 22 (46), 77-89.

- Ünüvar, Y., 2010. Farklı Sulama Programlarının Fasulye Verimine ve Su Tüketimine Etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Konya, 39s.
- Üstün, H, Aran, A., Yıldıırım, O., 1997. Ankara Koşullarında Damla Sulama Yöntemi İ  le Sulanan Taze Fasulyenin Sulama Suyu İ  htiyacı. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 207, Seri No:113
- Üstün, H., Ayla,   ., 1993. Ankara- Kesikköprü Koşullarında Kuru Fasulyenin Fosfor-Su İ  li  şkileri Ve Su Tüketimi. Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Yayın No:177, Rapor Serisi No:85, Ankara.
- Varankaya, S. 2011. Yozgat Ekolojik   artlarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Bazı Tarımsal   zelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bil. Enst. Konya
- Wang, Y., Ruark, M. D., Gevens, A. J., Caine, D. T., Raster, A. L., Goeser, N. J. Bussan, A. J., 2015. Processing snap bean variety responses to applied nitrogen and irrigation in The North Central United States, *Agronomy Journal*, 07 (4), 1401-1410
- Wani, I.A., Sogi DS, Wani, A.A., Gill, B.S., 2017. Physical and cooking characteristics of some indian kidney bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Saudi Society Of Agricultural Sciences*, 16: 7-15
- Yeken, M. Z., Kantar, F.,   ancı, H.,   zer, G.,   ift  i, V., 2018. Breeding of dry bean cultivars using *Phaseolus vulgaris* landraces in Turkey. *International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences*, 4(1), 45-54.
- Yıldıırım O., Er  zel, Z., Tokgöz, M.A.,   zt  rk, F., Yıldıırım, Y.E., 1994. Yeterli ve Kısıtlı Sulamanın Fasulye Verimine Etkileri. Ank.   nv. Zir. Fak. Yayınları 1340, Bilimsel Araştırma Ve İncelemeler: 741, Ankara
- Yıldıırım, O. 1993. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniğı. A   Ziraat Fakültesi Yayınları, 1281.
- Yıldıırım, O., 2003. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. A.  . Ziraat Fak. Yayınları No:1536. Ankara
- Yılmaz, N., Atıcı, F., Fatih, O., 2014. Determination of Yield and Yield Components in Some Dry Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Cultivars Under Giresun Conditions. *Türk Tarım ve Doğ  a Bilimleri Dergisi*, 1(  zel Sayı-1), 1093-1096.
- Yurtsever, N., 2011. Deneysel İstatistik Metotları Köy Hizmetleri Gen. Md. Toprak Ve Gübre Araştırma Ens. Yayın No 56.

EKLER

EK-1 2018-2019 yılları günlük ET_o (mm) ve ET_c (mm) değerleri

2018 ve 2019 yılları için sulama suyu miktarının hesaplanmasında kullanılabilecek iklim verileri kullanılarak FAO Penman-Monteith yöntemine göre otomatik iklim istasyonundan alınan ET_o ve bitki katsayısı ile düzeltilmiş ET_c değerleri Çizelge 1’ de verilmiştir.

2018-2019 yılları ET_o ve ET_c değerleri

Günler	ET _o	ET _c	Günler	ET _o	ET _c
18.05.2018 ekim	2.7	1.1	10.05.2019 ekim	2.5	1.0
19.05.2018	4.3	1.7	11.05.2019	3.0	1.2
20.05.2018	3.7	1.4	12.05.2019	3.4	1.3
21.05.2018	3.9	1.5	13.05.2019	3.7	1.4
22.05.2018	3.7	1.4	14.05.2019	4.0	1.6
23.05.2018	4.4	1.7	15.05.2019	4.6	1.8
24.05.2018	4.1	1.6	16.05.2019	3.9	1.5
25.05.2018	3.4	1.3	17.05.2019	4.3	1.7
26.05.2018	3.5	1.4	18.05.2019	1.9	0.7
27.05.2018	3.8	1.5	19.05.2019	3.7	1.4
28.05.2018	4.3	1.7	20.05.2019	3.8	1.5
29.05.2018	3.3	1.3	21.05.2019	3.6	1.4
30.05.2018	3.8	1.5	22.05.2019	4.6	1.8
31.05.2018	4.6	1.8	23.05.2019	2.5	1.0
01.06.2018	3.8	1.5	24.05.2019	4.7	1.8
02.06.2018	3.9	1.5	25.05.2019	3.9	1.5
03.06.2018	4.5	1.8	26.05.2019	4.0	1.6
04.06.2018	4.6	1.8	27.05.2019	4.2	1.6
05.06.2018	4.7	1.8	28.05.2019	4.5	1.8
06.06.2018	3.9	1.5	29.05.2019	5.0	2.0
07.06.2018	3.6	1.4	30.05.2019	4.9	1.9
08.06.2018	4.3	1.7	31.05.2019	3.8	1.5
09.06.2018	4.8	1.9	01.06.2019	4.1	1.6
10.06.2018	4.4	1.7	02.06.2019	3.8	1.5
11.06.2018	4.9	2.0	03.06.2019	4.8	2.0
12.06.2018	5.9	2.6	04.06.2019	5.0	2.2

Günler	ETo	ETc	Günler	ETo	ETc
13.06.2018	4.9	2.2	05.06.2019	4.9	2.2
14.06.2018	5.4	2.6	06.06.2019	5.1	2.4
15.06.2018	5.2	2.6	07.06.2019	5.2	2.6
16.06.2018	3.9	2.0	08.06.2019	5.2	2.7
17.06.2018	3.7	2.0	09.06.2019	5.3	2.9
18.06.2018	4.3	2.5	10.06.2019	4.2	2.4
19.06.2018	4.2	2.5	11.06.2019	5.0	3.0
20.06.2018	3.2	2.0	12.06.2019	3.3	2.0
21.06.2018	4.2	2.7	13.06.2019	4.3	2.7
22.06.2018	4.7	3.1	14.06.2019	4.7	3.1
23.06.2018	4.8	3.3	15.06.2019	3.2	2.2
24.06.2018	4.6	3.2	16.06.2019	4.2	3.0
25.06.2018	4.9	3.6	17.06.2019	3.6	2.6
26.06.2018	4.3	3.2	18.06.2019	3.7	2.8
27.06.2018	4.3	3.3	19.06.2019	3.8	2.9
28.06.2018	5.8	4.6	20.06.2019	2.8	2.2
29.06.2018	5.3	4.3	21.06.2019	4.0	3.3
30.06.2018	4.3	3.6	22.06.2019	3.6	3.0
01.07.2018	5.2	4.5	23.06.2019	5.7	4.9
02.07.2018	5.0	4.4	24.06.2019	5.0	4.4
03.07.2018	5.5	5.0	25.06.2019	5.2	4.7
04.07.2018	6.0	5.6	26.06.2019	6.1	5.7
05.07.2018	5.6	5.3	27.06.2019	5.8	5.5
06.07.2018	5.2	5.1	28.06.2019	6.1	5.9
07.07.2018	4.9	4.9	29.06.2019	5.5	5.5
08.07.2018	5.0	5.1	30.06.2019	4.8	4.9
09.07.2018	5.3	5.5	01.07.2019	5.3	5.5
10.07.2018	5.7	6.1	02.07.2019	6.3	6.7
11.07.2018	5.7	6.2	03.07.2019	5.9	6.4
12.07.2018	6.9	7.7	04.07.2019	6.2	6.9
13.07.2018	5.5	6.2	05.07.2019	4.3	4.9
14.07.2018	6.0	6.9	06.07.2019	5.1	5.9
15.07.2018	5.6	6.6	07.07.2019	5.3	6.2
16.07.2018	5.3	6.3	08.07.2019	5.6	6.6
17.07.2018	5.1	6.0	09.07.2019	5.3	6.3
18.07.2018	4.1	4.8	10.07.2019	5.4	6.4
19.07.2018	5.1	6.0	11.07.2019	3.7	4.4
20.07.2018	4.8	5.7	12.07.2019	4.8	5.7
21.07.2018	5.3	6.3	13.07.2019	4.3	5.1
22.07.2018	5.3	6.3	14.07.2019	3.8	4.5

Günler	ETo	ETc	Günler	ETo	ETc
23.07.2018	5.0	5.9	15.07.2019	3.4	4.0
24.07.2018	4.7	5.5	16.07.2019	4.7	5.5
25.07.2018	4.6	5.4	17.07.2019	4.1	4.8
26.07.2018	4.9	5.8	18.07.2019	2.9	3.4
27.07.2018	5.1	6.0	19.07.2019	4.1	4.8
28.07.2018	4.8	5.7	20.07.2019	5.0	5.9
29.07.2018	4.9	5.8	21.07.2019	5.3	6.3
30.07.2018	4.9	5.8	22.07.2019	4.8	5.7
31.07.2018	5.3	6.3	23.07.2019	5.5	6.5
01.08.2018	5.4	6.4	24.07.2019	4.8	5.7
02.08.2018	4.1	4.8	25.07.2019	5.4	6.4
03.08.2018	3.8	4.5	26.07.2019	4.5	5.3
04.08.2018	4.9	5.8	27.07.2019	4.8	5.7
05.08.2018	5.2	6.1	28.07.2019	4.9	5.8
06.08.2018	4.3	5.1	29.07.2019	5.1	6.0
07.08.2018	4.5	5.3	30.07.2019	5.8	6.8
08.08.2018	4.7	5.5	31.07.2019	5.1	6.0
09.08.2018	4.4	5.2	01.08.2019	5.1	6.0
10.08.2018	4.6	5.4	02.08.2019	5.2	6.1
11.08.2018	5.3	6.3	03.08.2019	4.9	5.8
12.08.2018	4.9	5.8	04.08.2019	4.5	5.3
13.08.2018	4.8	5.7	05.08.2019	5.1	6.0
14.08.2018	5.1	6.0	06.08.2019	4.9	5.8
15.08.2018	3.9	4.6	07.08.2019	5.2	6.1
16.08.2018	4.2	5.0	08.08.2019	4.6	5.4
17.08.2018	4.3	5.1	09.08.2019	5.0	5.9
18.08.2018	5.7	6.7	10.08.2019	6.1	7.2
19.08.2018	4.6	5.4	11.08.2019	6.0	7.1
20.08.2018	4.4	5.2	12.08.2019	7.0	8.3
21.08.2018	4.3	5.1	13.08.2019	5.9	7.0
22.08.2018	4.4	5.2	14.08.2019	4.1	4.8
23.08.2018	4.4	5.2	15.08.2019	5.7	6.7
24.08.2018	3.9	4.6	16.08.2019	4.0	4.7
25.08.2018	3.8	4.5	17.08.2019	3.7	4.4
26.08.2018	4.1	4.8	18.08.2019	3.7	4.4
27.08.2018	5.0	5.9	19.08.2019	3.7	4.4
28.08.2018	4.8	5.5	20.08.2019	3.4	3.9
29.08.2018	5.6	6.2	21.08.2019	2.6	2.9
30.08.2018	4.4	4.7	22.08.2019	3.7	4.0
31.08.2018	4.4	4.6	23.08.2019	4.6	4.8

Günler	ETo	ETc	Günler	ETo	ETc
01.09.2018	4.5	4.5	24.08.2019	4.9	4.9
02.09.2018	4.7	4.6	25.08.2019	5.1	4.9
03.09.2018	4.0	3.7	26.08.2019	5.6	5.2
04.09.2018	4.0	3.6	27.08.2019	4.8	4.3
05.09.2018	4.1	3.5	28.08.2019	4.4	3.8
06.09.2018	3.3	2.7	29.08.2019	4.6	3.8
07.09.2018	3.1	2.5	30.08.2019	4.3	3.4
08.09.2018	3.5	2.7	31.08.2019	3.7	2.8
09.09.2018	3.8	2.8	01.09.2019	3.9	2.8
10.09.2018	3.6	2.5	02.09.2019	3.7	2.6
11.09.2018	3.3	2.2	03.09.2019	4.1	2.7
12.09.2018	3.3	2.0	04.09.2019	4.2	2.6
13.09.2018	3.7	2.2	05.09.2019	2.8	1.6
14.09.2018	3.7	2.0	06.09.2019	3.1	1.7
			07.09.2019	4.0	2.1
			08.09.2019	3.5	1.7
			09.09.2019	3.3	1.5
			10.09.2019	3.4	1.4
			11.09.2019	3.6	1.3

EK-2 Deneme başlangıcı ve deneme sonu toprak tuzluluk analizleri

2018 ve 2019 yıllarında deneme başlangıcında ve deneme sonunda alınan toprak örneklerinden yapılan tuzluluk ve alkalik analizleri aşağıda verilmiştir.

Başlangıç toprak tuzluluk analizleri

Parametre		Derinlik (cm)		
		0-30	30-60	60-90
Saturasyon (%)		98	98	98
pH		7.7	7.82	7.51
EC (dS m ⁻¹)		0.58	0.50	1.12
Çözünabilir İyonlar (me L ⁻¹)	Ca	1.87	1.28	2.58
	Mg	0.95	0.63	2.45
	Na	3.63	3.52	8.5
	K	0.18	0.11	0.16
	HCO ₃	4.19	3.06	3.45
	Cl	0.95	0.44	3.13
	SO ₄	1.49	2.04	7.11
Değişebilir Katyonlar (%)	Ca	82.36	73.71	54.53
	Mg	10.64	18.92	37.21
	Na	3.85	5.94	7.36
	K	3.15	1.44	0.9
KDK (me 100 g ⁻¹)		35.98	37.37	36.33

Deneme sonu toprak tuzluluk analizleri

Parametre		Derinlik (cm)		
		0-30	30-60	60-90
Saturasyon (%)		99	99	99
pH		7.50	7.32	7.36
EC (dS m ⁻¹)		0.59	0.65	1.19
Çözünabilir İyonlar (me L ⁻¹)	Ca	2.52	4.12	4.12
	Mg	2.07	2.07	5.75
	Na	1.93	1.57	2.74
	K	0.23	0.17	0.46
	HCO ₃	3.72	1.31	2.22
	Cl	2.37	2.39	3.47
	SO ₄	0.66	4.22	7.37
Değişebilir Katyonlar (%)	Ca	72.10	64.82	73.94
	Mg	25.04	32.79	23.41
	Na	1.63	1.36	1.30
	K	1.25	1.03	1.35
KDK (me 100 g ⁻¹)		30.55	31.23	31.47