

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KURU FASULYENİN (*Phaseolus vulgaris* L.) FARKLI
EKİM SIKLIĞI VE SU STRESİ KOŞULLARINDA VERİM
VE KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Ömer AKSU**

**Danışman
Doç. Dr. ALİ ÜNLÜKARA**

Yüksek Lisans Tezi

**Kasım 2016
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KURU FASULYENİN (*Phaseolus vulgaris* L.) FARKLI
EKİM SIKLIĞI VE SU STRESİ KOŞULLARINDA VERİM
VE KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Ömer AKSU**

**Danışman
Doç. Dr. ALİ ÜNLÜKARA**

**Kasım 2016
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ömer AKSU

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Kuru Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Ekim Sıklığı ve Su Stresi Koşullarında Verim ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Ömer AKSU

Danışman

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanı V.

Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA danışmanlığında **Ömer AKSU** tarafından hazırlanan “Kuru Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Ekim Sıklığı ve Su Stresi Koşullarında Verim ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyosistem** Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

...../...../2016

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

Üye :

Üye :

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun/...../.....tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

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

.../.../2016

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA' ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca arazide yardımlarını benden esirgemen sayın Prof. Dr. Mehmet ARSLAN'a ve laboratuvar çalışmalarımın katkılarını esirgemeyen Toprak Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Abdullah ULAŞ ve yüksek lisans arkadaşım Mehmet YAMAÇ, Esat DOĞANCI, Hasan TONEL, Alim AYDIN'a ve Biyosistem Mühendisliği Bölümü 2014-2015 dönemi stajyer öğrencilerine teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ömer AKSU

Kayseri, 2016

KURU FASULYENİN (*Phaseolus vulgaris* L.) FARKLI EKİM SIKLIĞI VE SU STRESİ KOŞULLARINDA VERİM VE KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Ömer AKSU

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2016
Danışman: Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ÖZET

Farklı ekim sıklıklarında ekilen kuru fasulyenin farklı su stresine karşı tepkisinin belirlenmesi amacıyla Kayseri şartlarında 1 yıllık bir arazi denemesi yürütülmüştür. Sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve her 50 cm’de çift sıra ekilen fasulyeye toprakta tüketilen suyun %100’ü (S_{100}), %75’i (S_{75}), %50’si (S_{50}) ve %25’i (S_{25}) damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Bitki boyu, dal sayısı, boğum sayısı ve protein oranı farklı su stres ve ekim uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmemiştir. Orta ve yüksek düzeyde su stres nedeniyle bitki bakla sayısı ve tane sayısı azalmıştır. Su stres sonucu en düşük S_{25} konusundan 108.4 kg/da ve en yüksek S_{100} konusundan 289 kg/da verim alınmıştır. Ekim sıklığına göre ise en yüksek 30 cm konusundan 254.8 kg/da verim alınmıştır. Bitki su tüketimi 273-461 mm arasında değişmiş ve en yüksek su tüketimi S_{100} konusunda meydana gelmiştir. Su stresine karşı $k_y = 1.69$ değeri ile duyarlılık gösteren fasulyede bu duyarlılık artan sıra arası mesafe ile birlikte artmıştır. Sıra arası 30 cm için $k_y = 1.22$ ve 50 cm için ise $k_y = 1.68$ değeri belirlenmiştir. Eksik su uygulamaları sonucunda sulama suyu etkinliği artmış ancak toplam tüketilen su dikkate alındığında S_{25} konusu en düşük su kullanım etkinliğini (0.40 kg/m^3) vermiştir. Çift sıra ekim ve 30 cm ekim konularında fasulye suyu en etkili şekilde kullanmış ve bu konularda su kullanım etkinliği (WUE) sırasıyla 0.43 ve 0.68 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Artan su stres 100 tane ağırlığını S_{100} için 29.1 g’dan S_{25} için 23.0 g değerine %21 oranında düşürmüştür. Orta Anadolu’da Alberto kuru fasulye çeşidi gibi bodur kuru fasulye çeşitleri için sıra arası ekim mesafesinin 30 cm alınması ve sulamaların kesinti uygulanmadan zamanında yapılmasıyla yüksek verim ve su kullanım etkinliği sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kuru fasulye, sulama rejimi, ekim sıklığı, su kullanım etkinliği.

**DETERMINATION OF DRY BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) YIELD AND
QUALITY CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT SOWING DENSITY
AND WATER STRESS CONDITIONS**

Ömer AKSU

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, December 2016

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ABSTRACT

A field study was conducted to determine the response of dry bean, sowed different intra-row spacing, to different water stress levels for a year in Kayseri. A bush type dry bean cultivar Alberto originated from Canada was used in the experiment. 100% (S_{100}), 75% (S_{75}), 50% (S_{50}) and 25% (S_{25}) of depleted water from soil were applied by a trickle irrigation system to the dry bean sown at 30 cm, 40 cm, 50 cm spaces and double rows at 50 cm space. Plant height, number of nodes and seed protein ratio were not affected from the different water stress and the sowing density treatments. Pod and seed numbers per plant decreased due to moderate and higher water stresses. Due to water stress the lowest seed yield from S_{25} treatment was 1084 kg/ha and the highest seed yield from S_{100} treatment was 2890 kg/ha. The highest seed yield from 30 cm treatment was obtained as 2548 kg/ha. Plant water consumption varied between 273 and 461 mm and the highest water consumption was observed from S_{100} treatment. The dry bean with a 1.69 yield response factor (k_y) respond to water stress sensitively and the sensitivity increased by increasing intra row space. The yield response factors were $k_y=1.22$ and $k_y=1.68$ for 30 cm and 50 cm intra row spaces, respectively. Water use efficiency (WUE) was improved by deficit irrigations but the least water use efficiency was obtained from S_{25} treatment exposed the highest water stress. Double row and 30 cm intra row space sowing treatments efficiently used water and water use efficiencies of these treatments were determined as 0.43 and 0.68 kg/m³, respectively. Water stress caused 21% decreases in 100 seed weight from 29.1 g for S_{100} to 23.0 g for S_{25} . Sowing bush type dry bean like Alberto at 30 cm row space and supplying water requirements in time without deficiency in Middle Anatolian Region will provide high dry bean yield with efficient water use.

Key words: Dry bean, irrigation regimes, sowing density, water use efficiency

İÇİNDEKİLER

KURU FASULYENİN (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) FARKLI EKİM SIKLIĞI VE SU STRESİ KOŞULLARINDA VERİM VE KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ	
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1
1. Tezin Amacı ve Önemi	2
1. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	4
2. BÖLÜM	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3. BÖLÜM	
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	
3.1. Sulama ve Bitki Su Tüketimi	19
3.2. Bitki Boyu	23

3.3. Boğum Sayısı	24
3.4. Dal Sayısı.....	25
3.5. Bakla Sayısı ve Bakladaki Tohum Sayısı	25
3.6. Bitki Başına Tohum Sayısı	28
3.7. 100 Tane Ağırılığı.....	30
3.8. Bitki Başına Tohum Verimi	32
3.9. Protein Oranı.....	34
3.10. Dekara Tohum Verimi.....	35
3.11. Su Kullanım Etkinliği	38
3.12. Verim Tepki Faktörü	40

4. BÖLÜM

BULGULAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
EKLER.....	52
Ek 1. Varyans Analiz Tablosu.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	54

KISALTMALAR

%	: Yüzde
Δ	: Doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
γ	: Psikrometrik sabit ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
$^\circ\text{C}$	: Derece Celcius
$\Delta\text{ET}/\text{ET}_m$	: Bitki su tüketimindeki oransal azalma
θ_{fc}	: Toprağın tarla kapasitesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3)
θ_i	: Toprağın sulama öncesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3)
ΔS	: Ekim ve hasat toprak depo nem farkı (mm)
$\Delta Y/Y_m$	: Verimdeki oransal azalma
cm	: Santimetre
D	: Bitki etkili kök derinliği (mm)
d_p	: Kök bölgesi altına sızan su miktarı (mm)
e_a	: Güncel buhar basıncı (kPa)
e_s	: Doygun buhar basıncı (kPa)
ET	: Bitki evapotranspirasyonu (mm)
ET_a	: Su stresi konuları bitki su tüketimi
ET_c	: Su tüketimi
ET_m	: Kontrol konusunda belirlenen en yüksek bitki su tüketimi
ET_o	: Aylık ortalama referans evapotranspirasyon
g	: Gram
G	: Toprak ısı akısı ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$)
I	: Her bir parselde uygulanacak sulama suyu miktarı (Litre)
IWUE	: Sulama suyu kullanım etkinliği (kg/m^3)
K_2O	: Potasyum oksit

K_c	: Bitki katsayısı
k_y	: Verim tepki faktörü
m	: Metre
mm	: Milimetre
N	: Aylık ortalama gündüz süresi (saat)
n	: Aylık ortalama güneşlenme süresi (saat)
P	: Etkili yağış (mm)
P₂O₅	: Di fosfor penta oksit
PVC	: PoliVinil Klorür
R	: Aylık toplama yağış (mm)
RH_{mak}	: Maksimum nem (%)
RH_{min}	: Minimum nem (%)
RH_{ort}	: Ortalama nem (%)
R_n	: Referans yüzeye gelen net güneş radyasyonu (MJ m ⁻² gün ⁻¹)
S₁₀₀	: Tarla kapasitesine göre tüketilen suyun %100'ü uygulanan konu
S₇₅	: Kontrol konusuna uygulanan suyun %75'i verilen konu
S₅₀	: Kontrol konusuna uygulanan suyun %50'si verilen konu
S₂₅	: Kontrol konusuna uygulanan suyun %25'i verilen konu
T	: Ortalama günlük sıcaklık (°C)
T_{mak}	: Aylık en yüksek sıcaklıklar ortalaması (°C)
T_{min}	: Aylık en düşük sıcaklıklar ortalaması (°C)
T_{ort}	: Aylık ortalama sıcaklık (°C)
u₂	: 2 m yükseklikte rüzgar hızı (m.s ⁻¹)
WUE	: Su kullanım etkinliği (kg/m ³)
Y_a	: Su stresi yaşayan konulardan elde edilen verim (kg da ⁻¹)
Y_m	: Su stresi yaşamayan kontrol konusundan elde edilen en yüksek verim (kg da ⁻¹)

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1.** Farklı ekim sıklığı ve su stresi koşullarında kuru fasulyenin verim ve kalite kriterlerinin belirlenmesi için yürütülen çalışmanın deneme deseni..... 15
- Şekil 3.1.** Su stresi konulara göre sulama öncesi hacimsel toprak nem değişimi 21
- Şekil 3.2.** Su stresi konularına göre fasulye bitkisinin su tüketimi (ET_c) ve su tüketim bileşenlerinin payı 22
- Şekil 3.3.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki boyu değişimi 23
- Şekil 3.4.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki boğum sayısı değişimi 24
- Şekil 3.5.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki dal sayısı değişimi 25
- Şekil 3.6.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bakla sayısı değişimi 26
- Şekil 3.7.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bakla tohum sayısı değişimi 28
- Şekil 3.8.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki başına tohum sayısı değişimi 29
- Şekil 3.9.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulye 100 tane ağırlığının değişimi 31
- Şekil 3.10.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki başına tohum verimi değişimi 33
- Şekil 3.11.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede protein yüzdesi değişimi 34
- Şekil 3.12.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulye dekara tohum veriminin değişimi 35
- Şekil 3.13.** Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliğinin (WUE) değişimi 39
- Şekil 3.14.** Alberto çeşidi kuru fasulyenin tüm verilere göre ve farklı sıra arası ekim konularına göre verim tepki faktörü (ky) 41

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1. Kayseri Uzun Yıllar Hava Elemanları Ortalaması ve Referans Evapotranspirasyon	13
Tablo 2.2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Özellikleri	14
Tablo 3.1. Yetiştirme Döneminde Bitki Su Tüketimine Etkili Hava Elemanları ve Referans Evapotranspirasyon (ET_o)	20
Tablo 3.2. Konulara Göre Fasulye Su Tüketimi ve Su Bütçesi Elemanları	21

GİRİŞ

Fasulye orijin olarak yeni dünyanın yani Amerika kıtasının bir ürünü olmasına karşın şu an tüm kıtalarda yoğun şekilde yetiştirilmektedir. Fasulye üretimi 52° Kuzey ve 32° Güney enlemleri arasında yapılmaktadır. Amerika ve Avrupa'da deniz seviyesinden Güney Amerika Andean'larda 3000 m rakımından daha yükseklerde yetiştirilebilmektedir. Kuru fasulye verimi 50 kg/da dan daha düşük ve 500 kg/da kadar da yüksek olabilmektedir. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), *Leguminosae* familyası, *Phaseoleae* takımı ve *Papilionoideae* sınıfının bir üyesi [1], enerji, protein, diyet lifleri ve mineral madde içeren önemli bir besin kaynağı [2] ve Dünyada 300 milyondan fazla insanın temel protein kaynağıdır. Taze fasulye A, B1, B2 ve C vitaminlerince zengindir. Fasulyenin hazmedilme oranı %84.1'dir. Bir baklagil bitkisi olan fasulye, tarımda rotasyona sokulması önerilen bitkilerdendir. Köklerindeki bakteriler vasıtasıyla havadaki azotu bağlar. Toprak yapısını iyileştirici özelliklere sahiptir.

Fasulye Dünyanın toplam bakliyat gıdasının yarıdan fazlasını arz eder. Dünyada 2013 yılı istatistiklerine göre 23.7 milyon ton kuru fasulye üretilmiştir. Hindistan 4.14 milyon ton ile 1.sırada yer alırken 3.66 milyon ton ile Myanmar 2.sırada, 3.07 milyon ton ile Brezilya 3.sırada, 1.23 milyon ton ile ABD 4.sırada, 1.175 milyon ton ile Çin 5.sırada yer almıştır [3]. Dünyada yaklaşık 3.1 milyar dolar tutarında fasulye ihracat ve ithalatı yapılmaktadır. Türkiye'de 2013 yılında 215000 ton kuru fasulye üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de 2014 yılı istatistiklerine göre toplam 7.44 milyon dekar alanda 1.04 milyon ton kuru baklagil üretimi yapılmıştır. Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) üretimi 0.91 milyon dekarda 235000 ton olup verimi 251 kg/dekardır [4]. Nohut ve mercimekten sonra en fazla üretilen baklagil bitkisi olan kuru fasulyenin Türkiye'de toplam ürün değeri 653 milyon TL'dir [5]. Türkiye İstatistik Kurumu 1998 verilerine göre kuru fasulye üretiminin %31'i İç Anadolu Bölgesinde, %18'i Akdeniz Bölgesinde, %17'si Karadeniz Bölgesinde, %13'ü Marmara Bölgesinde, %11'i Doğu

Anadolu Bölgesinde, %9'u Ege Bölgesinde ve %1'i Güneydoğu Anadolu Bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Fasulye üretiminde 1.sırada İç Anadolu Bölgesi yer almaktadır.

Su kaynakları açısından Türkiye'nin fakirlik sınırına yakın bir ülke olması ve yakın gelecekte artan nüfusu nedeni ile fakir ülkeler sınıfında yer alacak olması nedeni ile su kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Bu zorunluluk nedeniyle Türkiye'de kültürü yapılan tüm bitkilerin su-verim ilişkilerinin iyi bir şekilde saptanması ve buna göre sulama yönetiminin planlanması gereklidir. Diğer tarımsal önlem ve tedbirlerin yanında doğru sulama uygulamalarıyla birlikte bir bitkiden alınabilecek en yüksek verim elde edilebilecektir. Zamanında yapılmayan sulamalar, eksik veya aşırı su uygulamaları potansiyel verimi düşürmektedir. Bu şekilde yapılan sulama uygulamaları aynı zamanda diğer tarımsal girdilerin de etkinliğini düşürmekte ve çevre kirliliğine de neden olabilmektedir. Bu nedenle Türkiye'de ve Dünyada artan nüfusun beslenmesi açısından sulamanın en iyi şekilde yönetilebilmesi önemli bir konudur. Zaman zaman yaşanan kurak dönemler ve küresel ısınma tehdidi de su kaynaklarının ve sulama yönetiminin önemini daha da artırmaktadır.

Kuru ve yeşil fasulye ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Türkiye'de ki araştırmaların büyük bir kısmı çeşitler arası farklılıkların belirlenmesi ve adaptasyon çalışmalarıdır. Çok az sayıda fasulye su ilişkileri ile ilgili çalışma bulunmaktadır. Fasulye ekim sıklığı ve su kullanımı üzerine ise yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma önemli bir gıda maddesi olan kuru fasulyenin Orta Anadolu'da sulu tarım koşullarında su kullanımı açısından en uygun ekim sıklığı üzerine kurgulanmıştır.

1. Tezin Amacı ve Önemi

Bu tezin amacı, Orta Anadolu şartlarında yüksek verimli bir çeşit olan Alberto fasulye çeşidinin farklı ekim normları altında su kullanımının ve tüm gelişme dönemi boyunca su stresine karşı duyarlılığının belirlenmesidir. Bu şekilde sulu tarım şartlarında en yüksek üretimin elde edileceği ekim sıklığı saptanmaya çalışılacak ve bu ekim sıklığının su kullanımı açısından etkinliği değerlendirilecektir.

Genel olarak fasulye çeşitleri su stresine karşı duyarlı olmasına karşılık bu duyarlılık çeşit bazında da farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada yüksek verimli bir çeşit

olarak önerilen Alberto çeşidi fasulyenin tüm gelişme dönemi boyunca su stresine karşı verdiği tepki ve duyarlılığı saptanmaya çalışılacaktır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Fasulye serin iklim bitkisidir ve günlük 15-20 °C arası sıcaklıklarda en iyi gelişmeyi sağlar. Sıcaklıklar 10 °C'ün altında olduğunda veya 27 °C'ün üstünde olduğunda verimde azalma meydana gelir. Yüksek sıcaklık verimde düşmeye neden olduğu gibi özellikle taze fasulye kalitesinin bozulmasına da neden olur. Yüksek sıcaklıklarda taze fasulyede kılçık oluşumu ve aşırı çiçek dökülmesi görülür. Yüksek bağıl nem koşullarında yaprak hastalıklarının hızla yayılmasından dolayı bitki yüksek bağıl neme oldukça duyarlıdır. Yüksek toprak nemi koşullarında ise topraktan kaynaklanan hastalıklar ve özellikle de kök çürüklüğü hastalığı görülmektedir. Çimlenme için 15 °C veya daha yüksek sıcaklıklar gerekir. Sıcaklık 18 °C olduğunda çimlenme 12 gün ve 25 °C olduğunda 7 gün sürer. Çoğu fasulye çeşitleri gün uzunluğundan etkilenmez. Toplam gelişme dönemi yeşil fasulye için 60-90 gün ve kuru fasulye için 90-120 gün sürmektedir [6].

Su alma hızı çok düşük olan ağır bünyeli topraklar dışında fasulyenin her türlü toprak bünye sınıfında tarımı yapılabilir. Ağır bünyeli topraklarda sulamadan sonra uzun süre yüksek oranda toprak nemli kaldığı için kök çürümeleriyle karşılaşılabilir. Bu nedenle toprakların drenajının iyi olması gerekmektedir [6]. Toprak tuzluluğuna karşı son derece duyarlı bir bitkidir. Eşik toprak tuzluluğu 1 dS/m'dir ve bunun üzerinde her 1 dS/m toprak tuzluluğu artışı için fasulye yaklaşık %19 verim kaybeder ve tuzluluk 6.3 dS/m olduğunda normalde bitkiden verim elde edilemez. Yıkama oranı 0.15-0.20 olması durumunda 0.7 dS/m ve altında tuzluluğa sahip sulama suları güvenle kullanılabilir [7].

Gelişme süresi 60-120 gün süren fasulyenin en yüksek verimi vermesi için gerekli su ihtiyacı iklime bağlı olarak 300-500 mm arasında değişir [6]. Çalı tipi fasulye çeşitleri

bitki katsayısı (K_c), başlangıç dönemi, orta dönem ve hasat için sırasıyla 0.4, 1.15 ve 0.35'dir. Sırk tipi fasulye için orta dönem bitki katsayısı 1.20 değerine çıkarılmalıdır. Kökleri en fazla 0.9 m derinliğe inen kuru fasulyede sulamalar esnasında etkili kök derinliği 0.6 m alınır ve günlük bitki su tüketiminin 5 mm olduğu dönemde etkili kök bölgesinde toplam tüketilebilir suyun %45'i ($p=0.45$) tüketilince sulanabilir [8].

Toplam gelişme dönemi için fasulye verim tepki faktörü $k_y=1.15$ olarak belirlenmiş olup su stresine karşı duyarlı bir bitkidir. İhtiyaç duyduğu suyun eksik verilmesi durumunda kesilen su oranına göre daha fazla verim kaybeder. Gelişme dönemlerine göre verim tepki faktörü değişir. Vejetatif gelişme dönemi için $k_y=0.20$, çiçeklenme dönemi için $k_y=1.10$, bakla ve tane oluşumu dönemi için $k_y=0.70$ ve meyve olgunlaşma dönemi için $k_y=0.20$ olarak belirlenen fasulyenin suya karşı en hassas olduğu dönem çiçeklenme dönemidir. Bakla ve tane oluşum döneminde de suya hassas olan fasulye, vejetatif gelişme dönemi ve meyve olgunlaşma döneminde su stresine karşı toleranslıdır [6].

Uygun çeşit kullanımı, gübreleme, sulama ve bitki koruma önlemleriyle birlikte birim alandan elde edilen fasulye verimi artırılırken verim artışında birim alanda bulunması gereken optimum bitki sayısı da önemlidir. Fotoperyoda karşı tepkisi, vejetasyon süresi, bitki habitusu ve büyüme karakterleri bakımından fasulyede çok değişik tiplerin bulunması, diğer kültürel işlemlerin yanında ekim sıklığının da özenle belirlenmesini gerektirir [9].

Tekirdağ'da yapılan bir çalışmada kuru fasulyeye farklı oranlarda sulama suyu uygulanmıştır. Bitki su tüketimi, tam sulama konusunda 732 mm ile sulanmayan konuda 186 mm arasında değişmiştir. Sulamalar 60 cm etkili kök derinliğinde tutulan toplam kullanılabilir nemin %50'si tüketildiğinde ($p=0.50$) gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kuru fasulye verim tepki faktörü $k_y=1.04$ olarak belirlenmiş ve su uygulama konularına bağlı olarak su kullanım etkinliğinin (WUE) 0.20-0.37 kg/m^3 arasında değiştiği saptanmıştır. Tam sulama konusunda 237.7 kg/da olan kuru fasulye verimi artan su stresiyile birlikte azalmış ve sulanmayan konularda 36.7 kg/da değerine kadar düşmüştür. Bu çalışmada kuru fasulye veriminde tam sulama konularında kuru koşullara göre 6.5 kat artış sağlanmıştır [10].

Ankara koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşma miktarının farklı oranlarda fasulyeye uygulanmasıyla yürütülen bir araştırmada toplam buharlaşan suyun %60'ının uygulanmış olduğu konudan hem yüksek verim elde edilmiş ve hem de bu konudaki su tüketimi, daha yüksek oranda su uygulanan diğer konulardan daha düşük çıkmıştır. Bu konuda su tüketimi 1.yıl 570 mm ve 2.yıl 593 mm düzeyinde gerçekleşmiştir [11].

Brezilya'nın kurak koşullarında yürütülen bir araştırmada ağustos sonlarından kasım ortalarına kadar süren yetiştirme döneminde iki farklı sıklıkta ekilen fasulyenin verimi, evapotranspirasyonu ve bitki katsayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Birim alanda 14 bitki/m² olan konudan 212.6 kg/da ve 28 bitki/m² olan konudan 213 kg/da verimin alındığı bu çalışmada bitki sıklığının verime herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bitki katsayısı ve bitki su tüketimini 14 bitki/m² konusu için 0.84 ve 342 mm ve 28 bitki/m² için 0.67 ve 348 mm olarak saptanmıştır [12].

Erzurum koşullarında yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen Kızılhaç fasulye çeşidi üzerine farklı sulama seviyeleri ve farklı sulama kombinasyonlarının etkisini belirlemek üzere 2 yıl süren bir araştırma yürütülmüştür. Çiçeklenme öncesi ve sonrasında fasulye sulanmasında toprakta tutulan elverişli suyun farklı oranlarda tüketimi (%25, %50 ve %75) ve bunların 9 farklı kombinasyonları araştırma konularını (çiçeklenme öncesi %25, sonrası %50 gibi) oluşturmuştur. Fasulye de en fazla tane verimi 267.3 kg/da ile çiçeklenme öncesinde ve sonrasında %50:50 sulama uygulamalarından elde edilirken en az tane verimi 162.1 kg/da ile %75:75 sulama uygulamalarından elde edilmiştir. Farklı su tüketim oranlarına göre sulama sonucunda tane veriminde %40'a varan kayıplar oluşmuştur [13].

Vejetatif gelişme dönemi ve generatif gelişme döneminde oluşan su stresinin iki farklı fasulye çeşidinde (Bayocalera ve Ojo de Cabra) etkisinin incelendiği bir araştırmada tüm gelişme ve verim parametrelerinin su stresi uygulamalarından etkilendiği belirtilmiştir. Generatif fazda oluşan su stresinin vejetatif fazda oluşan su stresinden daha fazla şekilde bitki gelişimi ve verimini etkilediği saptanmıştır. Generatif dönemdeki su stresi her iki çeşitte tohum verimini %42 ve %50 düşürürken vejetatif dönemdeki su stresi ise %37 ve %39 oranında düşürmüştür. Bu verim kaybı yaprak alan

indeksindeki (LAI) azalma nedeniyle oluşmuştur. Bitki bakla sayısı su stresi uygulamalarından en fazla düzeyde etkilenmiştir [14].

Çanakkale koşullarında taze fasulyede yapılan bir başka çalışmada 60 cm etkili kök bölgesinde bulunan toplam kullanılabilir nemin %40'ı tüketildiğinde sulamalar yapılmış ve bitkilere farklı oranlarda su uygulanmıştır. Bu çalışmada bitki su tüketimi 379-804 mm arasında değişmiştir [15].

Konya Derebucak'ta 59 fasulye çeşidine iki farklı lateral aralığı (45 cm ile 90 cm) ve iki farklı sulama aralığı (7 ile 14 gün) koşullarında %100 ile %50 sulama uygulamalarının etkisini araştırmak için bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda en yüksek tane verim değeri (432 kg/da) %100 sulama, 45 cm lateral aralığı ve 7 günde bir sulama yapılan konudan ve en düşük değer (287.7 kg/da) ise %50 su kısıntısı, 90 cm lateral aralığı ve 14 günde bir sulama yapılan konudan elde edilmiştir. Tane verimi farklı lateral aralığından etkilenmemiştir. Ancak farklı sulama aralığı ile farklı sulama uygulamalarından önemli derecede etkilenmiştir. Tane veriminde en yüksek ile en düşük değer arasında %33.4 oranında kayıp meydana gelmiştir [16].

Sıcak ve yarı kurak iklim şartlarında 6 farklı fasulye çeşidiyle yapılan bir çalışmada farklı düzeylerde su stresi uygulanmış ve çeşitlere göre stressiz koşullarda bitki su tüketimi 1.yıl 318-457 mm arasında ve 2.yıl 369-548 mm arasında değişmiştir. Çeşitlere göre 1.yıl 140.7-216.2 kg/da arasında ve 2.yıl 331.2-403.1 kg/da arasında değişen kuru fasulye verimleri elde edilmiştir. Su stresi nedeniyle fasulye çeşitleri 1.yıl %34-76 arasında ve 2.yıl %23-40 arasında farklı oranlarda verim kaybetmiştir. Stressiz koşullarda 1.yıl su kullanım etkinliği (WUE) 0.34-0.63 kg/m³ arasında ortalama 0.47 kg/m³ ve 2.yıl WUE değeri 0.67-1.09 kg/m³ arasında ortalama 0.87 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Stresli şartlarda ise ortalama WUE değeri 1.yıl 0.25 kg/m³ ve 2.yıl 0.98 kg/m³ şeklinde saptanmıştır. Araştırma sonucunda sulama suyuna bağımlılığın azaltılması için yüksek su kullanım etkinliğine sahip kuru fasulye çeşitlerinin kullanılması ve verim ile su kullanım etkinliğini maksimize eden kuraklığa-dirençli çeşitlerin geliştirilmesi önerilmiştir [17].

Etiyopya'da iki gelişme sezonunda yürütülen bir çalışmada fasulye, nohut ve börülceye orta dönemde ve son dönemde su stresi uygulanmıştır. Kontrol konusu, orta dönem su

stresi ve son dönem su stresi konuları için kuru fasulye verimi 1.sezon için sırasıyla 237 kg/da, 200 kg/da ve 175 kg/da iken 2.sezon 322 kg/da, 212 kg/da ve 250 kg/da olduğu belirtilmiştir [18].

Özbekistan Fergana vadisinde yürütülen bir çalışmada *Vignaradiata* ve fasulye (*Phaseolus vulgaris*) bitkileri karık ve alternatif karık sulama yöntemleri kullanılarak farklı su tüketim faktörleri (p) altında sulanarak karşılaştırılmıştır. Her iki bitki artan su stresine karşı farklı tepkiler göstermiştir. Fasulyenin artan su stresiyile birlikte tohum verimi pahasına kök gelişimini artırdığı, su kullanım etkinliğini değiştirmedığı ve hasat indeksinde azalma meydana geldiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada fasulye için su kullanım etkinliği ilk yıl 0.23 kg/m³ ve 2.yıl 0.34 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Fasulye sulanması için önerilen toprağın elverişli su tüketim oranı (p= 0.45) ve orta düzeyde su tüketim oranı (p= 0.60) için hasat indeksi 0.37 iken yüksek su tüketim oranı (p= 0.70) için hasat indeksinin 0.28'e düştüğü bildirilmiştir [19].

Kuru fasulyede fiziksel kalite özellikleri olarak kuru ve yaş tohum ağırlığı, su alma kapasitesi, su alma indeksi, şişme kapasitesi ve şişme indeksi dikkate alınmaktadır. Genellikle pişme zamanı tohum ağırlığı arttıkça uzar. Tane iriliği pazarlamada önemli bir kıstastır. Tanenin aldığı su miktarını gösteren su alma kapasitesi ile pişme süresi arasında kuvvetli bir ilişki vardır [20]. Toprakta yarayışlı su kapasitesinin %75, %50 ve %25'e düştüğünde yapılan sulama uygulamalarının ve ilk çiçeklenme görülünceye kadar yarayışlı kapasitenin %75'e ve sonrasında %25'e düştüğünde yapılan sulamalar ile ilk çiçeklenme öncesi yarayışlı kapasitenin %25'e ve sonrasında %75'e düştüğünde yapılan sulamaların tane özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada Yunus 90 ve Karacaşehir 90 fasulye çeşitleri kullanılmıştır. Farklı sulama rejimlerinin fiziksel tane özelliklerini önemli şekilde etkilediği belirlenmiştir. Her iki çeşidin tane özellikleri sulama rejimlerinden farklı şekilde etkilenmiştir. Yüksek kaliteli tanelere Yunus 90 için toprak elverişli su kapasitesinin %50'sinin tüketimiyle yapılan sulamalar sonucunda ulaşılırken Karacaşehir 90 için elverişli su kapasitesinin %25'i tüketildiğinde veya ilk çiçeklenmeye kadar %25'i tüketildiğinde ve çiçeklenme sonrasında %75'i tüketildiğinde yapılan sulamalar sonucu ulaşılmıştır [20].

Orta Anadolu'nun yarı kurak şartlarında iki ayrı lokasyonda 19 fasulye genotipi ile yürütülen bir çalışmada bitkiler 6 kez sulanmıştır. Dal sayısı, yaprak sayısı, boğum

sayısı, çiçeklenme süresi, vejetasyon süresi, bakla sayısı, bakla tane sayısı, bakla boyu, bakla eni, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi, bin tane ağırlığı ve protein verimi hem lokasyonlara göre ve hem de genotiplere göre önemli şekilde değişmiştir. Bitki boyundaki değişim genotiplere göre önemli bulunmuştur. Denemeden ortalama 347 kg/da tane verimi alınmış olup lokasyon ortalamaları şeklinde tane verimi 163-477 kg/da arasında değişmiştir [21].

Konya’da aşırı sulama uygulamalarının yaygın olduğu belirtilen bir çalışmada 40 farklı fasulye genotipi kullanılmıştır. Tohum ekiminin ardından 2 saatlik bir sulamadan sonra çiçeklenme ve bakla doldurma döneminde damla sulama ile 2 kez 6 saatlik sulama yapılmıştır. Araştırmada çeşitlere göre bitki dal sayısı 3.33-7.33 adet, bitki yaprak sayısı 16-108 adet, bitki boyu 45-162 cm, bitki bakla sayısı 12-26 adet, baklada tohum sayısı 3.0-5.8 adet, ilk bakla yüksekliği 3.56-6.67 cm, biyolojik verim 212-604 kg/da, tohum verimi 114-355 kg/da ve hasat indeksi %46-90 arasında değiştiği bildirilmiştir [22].

Fasulye ıslahçıları dik gelişen, kısa gelişme sezona sahip ve belirgin bakla gelişim özelliklerini dikkate almaktadırlar. Bu çeşitler, sıra arası işleme yapılmaksızın dar sıralı (15-40 cm) ekim sistemlerinde yetiştirilmesi amaçlanmaktadır. Geleneksel olarak fasulyeler geniş sıra aralığında (60-75 cm) yetiştirilir ve sıra arası işlenir. Aralıksız üretim sistemi, kuru tarım fasulye üretiminde teşvik edilmektedir çünkü geleneksel geniş sıra üretimine göre aralıksız ekim daha yüksek verime sahiptir [23], [24], [25], [26]. Aynı zamanda aralıksız ekim veya dar sıralı ekim sistemi mevcut tarım aletlerini kullanabilmektedir [27]. Fasulyede önerilen ekim yoğunluğu üretim sistemine ve fasulye gelişme tipine göre değişir. Verimi artırmak için çalı tipi fasulye, yarı sarılcı ve sarılcı tiplerden daha sık bitki yoğunluğu gerektirir [28]. Kuru fasulyede önerilen ekim yoğunluğu, bitkinin kapladığı alana, verim ile bitki yoğunluğu ilişkisine, tohum çimlenme-çıkış yüzdesine, tohum maliyetine ve çevreye bağlı olarak değişebilir [27].

Türkiye’de çeşitli bölgelerde kuru fasulye çeşitlerinin verim ve adaptasyon çalışmaları yapılmış, fasulyenin genetik ve morfolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tokat koşullarında 55 adet kuru fasulye genotipi ile yürütülen bir çalışmada genotiplere bağlı olarak tane verimi 73.4-205.9 kg/da, bitki tane verimi 10.2-27.4 g, 100 tane ağırlığı 23.6-131.5 g, bitki bakla sayısı 8.6-26.2 adet, bakla tane sayısı 1.87-4.65 adet, protein oranı %20.62-29.17, hasat indeksi %23.85-46.04 ve bitki boyu 49.9-154.9 cm arasında

değişim gösterdiği belirlenmiştir [29]. Erzincan koşullarında farklı ekim zamanı ve farklı çeşitlerin incelendiği bir başka çalışmada en yüksek tane verim ortalaması Göynük-98 (288.5 kg/da) çeşidinde ve en düşük Erzincan Yerel Dermason (228.5 kg/da) çeşidinde saptanmıştır. Yakutiye-98, Noyanbey-98, Akman-98, Aras-98 ise Göynük-98 ile aynı grupta yer almıştır. Farklı çeşitler ve farklı ekim zamanı arasındaki etkileşimin tane verimine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur [30].

Ordu ilinin Akkuş ilçesinde yapılan bir çalışmada 11 farklı fasulye çeşidinin verim ve verim parametrelerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma sonucunda çeşitler arasında bitkide tohum verimi bakımında en yüksek değere Akkuş Şeker çeşidinin (181 kg/da) ve en düşük değere ise Boğmalık çeşidinin (56 kg/da) sahip olduğu ileri sürülmüştür. Çeşitler arasında en yüksek ile en düşük değer arasında tohum veriminde %69'luk bir fark olduğu bildirilmiştir [31].

Erzurum merkez ve Pasinler koşullarında erkenci ve yüksek verimli bazı fasulye ele alınmıştır. Bu çalışma sonucunda farklı çeşitler arasında her iki yılın verim ortalaması Erzurum merkezde (272.1 kg/da) ve Pasinler de ise (181.0 kg/da) olarak bulunmuştur. Çeşitler arasında en yüksek verim değerine (254 kg/da) 473 fasulye çeşidinin ve en düşük değere (182.2 kg/da) ise Yakutiye-98 çeşidinin sahip olduğu saptanmıştır. En yüksek değer ile en düşük değer arasında %28.3 oranında verim farkı olduğu bildirilmiştir [32].

Erzincan ve Erzurum Hınıs'da 6 farklı genotipi ve bazı fasulye çeşitlerinin verim ve verim unsurları incelenmiştir. Erzincan koşullarına göre farklı çeşitler arasında bitkide en yüksek verime (228.9 kg/da) Yakutiye-98 ve en düşük verime (126.6 kg/da) ise Yerel popülasyon çeşidi sahip olmuştur. Erzincan'dan elde edilen en yüksek ile en düşük değer arasında %45 oranında verimde farklılık oluşmuştur. Erzurum (Hınıs)'da ise en yüksek verime (70 kg/da) Mecidiye ve en düşük verime (37.9 kg/da) ise Köy çeşidi şeker fasulye sahip olmuştur. Erzurum (Hınıs) da ise en yüksek ve en düşük değer arasında %46 oranında verim farkı meydana gelmiştir [33].

Adana koşullarında yapılan bir çalışmada 15 farklı fasulye çeşit ve popülasyonu ile yürütülen bir çalışmada 4-5 kez sulama yapılmıştır. Çeşitlerin kök çürüklüğüne karşı farklı tepkiler verdiği belirtilen bu çalışmada bitki boyu, bodur formlarda 38.6-50.7 cm

ve sarılcı formlarda 89.8-143.1 cm arasında değişmiştir. Çiçeklenme, bakla bağlama ve olgunlaşma bakımından çeşit ve popülasyonlar farklılık göstermiştir. Dal sayısı bodur tipte 6.3-10.2 adet, sarılcılarda dal sayısı 5.5-9.8 adet arasında değişmiştir. Bodur tiplerden 57.4-119.6 kg/da ve sarılcı tiplerden 16.5-97.5 kg/da arasında tane verimi alınmıştır. Araştırmada yüksek sıcaklıkların çiçek ve bakla dökülmesine ve bakla içerisinde tanelerin küçük kalmasına neden olduğu ve önemli verim düşüşlerine yol açtığı belirtilmiştir [34].

Samsun'da 14 farklı fasulye çeşidi ve hattı ile yürütülen bir çalışmada fasulye ile çevre arasındaki etkileşim incelenmiştir. 2 yıl boyunca 7 farklı çevre şartlarında elde edilen sonuçlara göre değişen çeşit, çevre ve çeşit×çevre etkileşiminin tane verimine ve diğer tüm karakterlere olan etkisi önemli bulunmuştur. Yunus 90, Eskişehir 855, Yalova-5, Horoz, WA-6780-8 ve Yerli fasulye çeşitlerinin tane verimi açısından daha kararlı olduğu belirtilen çalışmada 162.7-237.7 kg/da arasında tane verimi alınmıştır [35].

Van (Gevaş) koşullarında farklı sıra arası mesafe ile Şeker kuru fasulye çeşidinde verim ve verim unsurlarının incelendiği çalışmada farklı sıra arası mesafe ile iki yıllık etkileşimin ortalaması sonucunda en yüksek (278.8 kg/da) bitki tane veriminin 50 cm sıra arası ekim konusundan ve en düşük (198.4 kg/da) ise 40 cm sıra arası ekim konusundan elde edilmiştir. En yüksek ile en düşük değer arasında %29 oranında bir kayıp oluşmuştur [36].

Karaman koşullarında 3 farklı kuru fasulye çeşidinde farklı ekim derinliklerinin verim ve verim unsurları üzerinde etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda bitkide tane verimi bakımından farklı çeşitler ve farklı ekim derinlikleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Farklı ekim derinliği ve farklı çeşitlere göre ortalama 308.8 kg/da verim elde edilmiştir. En yüksek tane verimi 323.6 kg/da ile Amerikan çalısında ve en düşük tane verimi 283.1 kg/da ile Kanada çeşidinde belirlenmiştir. Ekim derinlikleri artıkça verimde bir azalma meydana gelmiştir [37].

Konya'da yapılan bir çalışmada Yunus 90 fasulye çeşidi için bitki bakla sayısı 13.5 adet, bakla tane sayısı 2.67 adet, 100 tane ağırlığı 40.3 g ve kuru fasulye verimi 231 kg/da olarak saptanmıştır [38].

Ordu ili ekolojik koşullarında 27 fasulye genotipi ve 5 sertifikalı fasulye çeşidiyle yürütülen bir çalışmada bitki bakla sayısının 9.67-18.53 adet, bakla tane sayısının 4.30-9.60 adet, bitki tane veriminin 51-178 g, hasat indeksinin %13.5-45.33, tane veriminin 88-237 kg/da ve 100 tane ağırlığının 18.2-77.9 g arasında olduğu saptanmıştır. Bitki boyunun bodur tiplerde 28.4-50.5 cm arasında, sırık tiplerde ise 97.6-197.8 cm, ilk bakla yüksekliği 12.2-50.3 cm, bitki dal sayısı 3.03-5.33 adet, bitkide bakla boyu 6.46-12.8 cm, bakla genişliği 6.55-18.73 mm, çıkış süresi ise 11.3-16.3 gün arasında, çiçeklenme süresinin 33-62 gün arasında ve vejetasyon süresinin 94-118 gün arasında değiştiği bildirilmiştir [39].

Samsun'da 6 fasulye genotipi ile yapılan bir çalışmada verim ve verim unsurları arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Bitki tohum sayısı, ortalama tohum ağırlığı ve bitkideki bakla sayısının tane verimine doğrudan olumlu yönde etkili olduğu saptanmıştır [40]. Bunlara ek olarak bitki boyunun ve bakladaki tane sayısının da verimi etkilediği belirtilmiştir [41]. Kuru fasulyede verimi doğrudan bakla tane sayısı, bitki yaprak sayısı, bitki boyu ve tane ağırlığının etkilediği de saptanmıştır [42]. Tane veriminin aynı zamanda biyolojik verim, hasat indeksi, tane büyüklük indeksi ve çiçeklenme periyodundan olumlu yönde etkilendiği bildirilmiştir [35].

Kayseri'de kuru fasulye tarımında sulu ve kuru alanlarda çok farklı ekim normu uygulamalarına rastlanılmıştır. Kuru tarımda sık bitki ekimi verim ve kalite düşüşlerine neden olurken seyrek ekimde ise arazi ve su potansiyeli yeteri kadar değerlendirilememektedir. Bu nedenle bu çalışmanın amacını farklı ekim normlarında yetiştirilen fasulyenin çeşitli su stresi düzeylerinde verim ve kalite kaybının belirlenmesi yanında bitki su tüketimi, su kullanma etkinliği ve fasulyenin su stresine karşı duyarlılığının saptanması oluşturmaktadır.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2015 yılı yetiştirme döneminde Kayseri Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisinde yapılmıştır. İç Anadolu’da yukarı Kızılırmak bölgesinde 34° 56’ ve 36° 59’ doğu boylamlarıyla 37° 45’ ve 38° 18’ kuzey enlemleri arasında yer alan Kayseri ili 16.917 km² yüzölçümü ile ülke topraklarının yüzde 2.2’lik bir bölümünü kaplamaktadır. İl merkezinin denizden yüksekliği 1094 metredir. Kayseri ili topraklarının %53.4 tarım arazisidir. Kayseri ili, Kızılırmak ve Seyhan havzaları arasında kalmaktadır. İldeki en önemli akarsular Kızılırmak havzasında kalan Kızılırmak ve Sarımsaklı, Seyhan havzasında kalan ve kaynağını il sınırları içinden alan Zamantı ırmağıdır. Bunların dışında ilde irili ufaklı birçok dere ve çay bulunmaktadır. Karasal iklime sahip olan Kayseri, 1975-2009 yılları için ortalama aylık ve yıllık yağmur miktarları sırası ile 33.1 mm ve 397.1 mm’dir [43]. Uzun yıllık (35 yıl) bazı meteorolojik veriler ve referans evapotranspirasyon değerleri Tablo 2.1’de verilmiştir [44].

Tablo 2.1. Kayseri Uzun Yıllar Hava Elemanları Ortalaması ve Referans Evapotranspirasyon

Aylar	RH _{mak} (%)	RH _{min} (%)	RH _{ort} (%)	T _{min} (°C)	T _{mak} (°C)	T _{ort} (°C)	Gün. Şid. MJ/m ² .d	Gün. Sür. (h/d)	U (m/s)	R (mm/ay)	ET _o mm/gün	ET _o mm/ay
1	96.5	39.9	76.2	-17.7	11.4	-1.9	7.00	2.78	1.20	31.7	0.93	28.8
2	96.2	33.6	73.4	-16.4	14.0	-0.2	10.13	3.85	1.38	33.0	1.57	44.0
3	96.8	21.2	67.1	-10.4	20.9	4.8	13.52	4.90	1.62	41.1	2.73	84.5
4	96.9	17.5	62.7	-3.5	26.5	10.6	16.49	6.03	1.76	56.3	4.01	120.3
5	95.5	18.3	61.5	0.2	29.5	14.8	19.67	8.09	1.43	57.4	4.48	139
6	93.4	18.1	55.6	4.5	33.2	19.0	22.41	10.26	1.32	36.0	5.08	152.3
7	88.5	16.8	50.7	7.4	36.0	22.4	23.33	11.60	1.30	14.8	5.47	169.5
8	90.4	16.9	51.0	6.7	35.9	21.9	20.52	11.25	1.20	8.5	4.69	145.3
9	95.9	16.3	55.1	1.5	32.9	17.1	16.81	8.85	1.17	12.4	4.08	122.5
10	97.2	18.4	64.0	-2.9	28.4	11.5	11.52	6.48	1.12	33.3	2.94	91.1
11	96.7	28.2	71.4	-9.5	20.3	4.7	7.64	4.45	1.09	38.2	1.78	53.4
12	97.0	36.7	76.8	-14.8	14.5	-0.1	5.77	2.52	1.16	39.1	1.24	38.4

Denemede Kanada orjinli Alberto çeşidi kullanılmıştır. Denemede farklı ekim normlarında ekilen kuru fasulyeye etkili kök bölgesinde tüketilen suyun farklı oranları uygulanmıştır. Toprakten tüketilen suyun %100'ü (S_{100}), %75'i (S_{75}), %50'si (S_{50}) ve %25'inin (S_{25}) uygulanması şeklinde denemede 4 farklı sulama rejimi bulunmaktadır. Bu şekilde S_{100} konusu hiç su stresine maruz bırakılmaz iken diğer konular, giderek artan bir su stresiyile karşı karşıya kalmıştır. Denemede 30 cm, 40 cm, 50 cm ve 25 cm'lik çift sıralar arası 50 cm olmak üzere 4 farklı ekim sıklığı konusu bulunmaktadır (Şekil 2.1). Buna göre 30 cm, 40 cm ve 50 cm sıra arası konular için birim alandaki bitki sayısı sırasıyla 19 adet/m², 14.3 adet/m² ve 11.4 adet/m²'dir. Çift sıra konusunda ise birim alanda 15.2 adet/m² bitki bulunmaktadır. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde yürütölmüş olan çalışmada bloklar su stresi konularını oluşturmuştur. Bloklar içerisinde 3 tekrarlamalı şekilde ekim sıklığı parselleri yer almaktadır (Şekil 2.1). Bitki ekiminden önce deneme alanı pulluk ve kazayağı ile ilkbaharda sürölerek ekime hazırlanmıştır. Dekara saf olarak 4'er kg azot, fosfor (P_2O_5) ve potasyum (K_2O) uygulanmıştır.

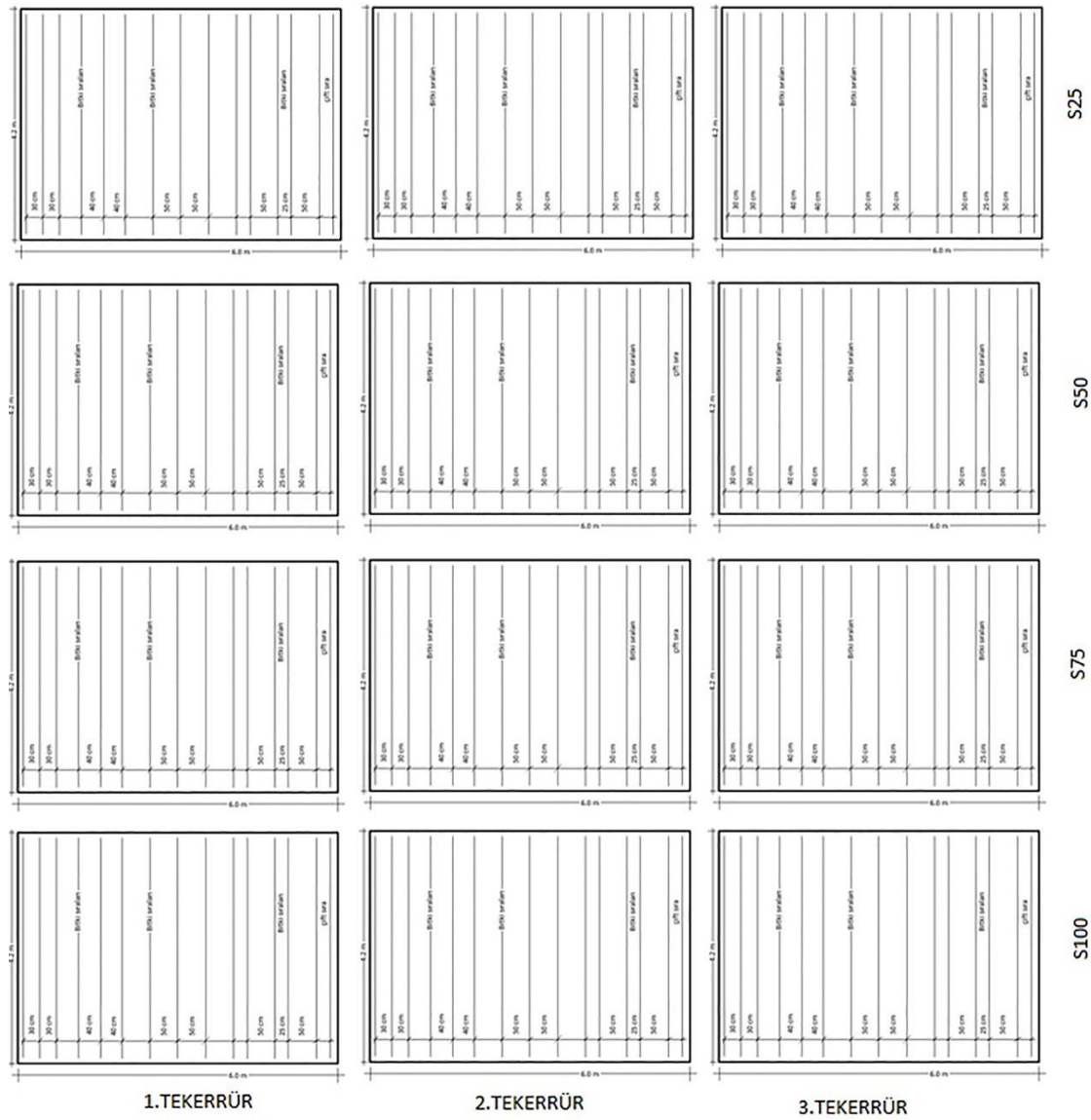
Deneme alanı topraklarına ilişkin bazı özellikler Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Özellikleri

Derinlik	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye	Hacim Ağ. (g/cm ³)	Satur. Yüzdesi (%)	Tarla Kap. (%)	Kireç (%)
0-30 cm	87.0	1.7	11.3	Tınlı ince kum	1.34	43.8	28.4	0.26
30-60 cm	81.5	1.8	16.7	Kumlu tın	1.29	67.7	31.0	0.28
60-90 cm	66.7	23.3	10.0	Kumlu tın	1.29	100.8	33.3	0.28

Fasulyelerin sulanmasında damla sulama sistemi kullanılmıştır. Çapı 16 mm, boyu 19 m ve damlatıcılar arası 33 cm olan lateral borular 60 cm aralıkla yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi 1 bar basınç altında 2 litredir. Lateraller eğim aşağı şekilde döşenmiştir. Deneme blokları başında bulunan 40 mm çapında polietilen kangal boruya nipel vana bağlantısı ile lateral borular bağlanmıştır. Denemede derin kuyudan sağlanan sulama suyu hidrosiklon ve disk filtre sisteminden geçirildikten sonra manometre ile basıncı ayarlanarak sabit basınç altında sulama sistemine verilmiştir. Sistemin basınç-debi ilişkisi kullanılarak gerekli su miktarı için sulama süresi hesaplanmıştır. Sulama süreleri ve sabit basınç kontrol edilerek konulara göre sulamalar gerçekleştirilmiştir.

Toprak nem takibi için 503 DR Hydroprobe marka nötron metre kullanılmıştır. Nötron metre kalibrasyonu, ıslak ve kuru havuz yöntemine göre yapılmıştır [45]. Deneme başında elde edilen bu kalibrasyon eğrisi yardımı ile nötron metre ölçüm değerleri, hacimsel toprak nemine dönüştürülmüştür. Her bir her bir parselde parsel ortasına yerleştirilen 5 cm dış çapında PVC 10 atm akses boruları içerisinde 20 cm, 40 cm, 60 cm ve 80 cm derinliklerden haftada 2 kez nem ölçümü alınmıştır. Etkili kök bölgesinden tüketilen nem hesaplanmış, deneme konularına göre parsellere uygulanmıştır.



Şekil 2.1. Farklı ekim sıklığı ve su stresi koşullarında kuru fasulyenin verim ve kalite kriterlerinin belirlenmesi için yürütülen çalışmanın deneme deseni.

Sulamalarda kontrol konusu parsellerine uygulanacak su miktarının hesaplanmasında Eşitlik 1 kullanılmıştır:

$$I = (\theta_{fc} - \theta_i) \cdot D \cdot A \quad (1)$$

Eşitlikte; I her bir parselde uygulanacak sulama suyu miktarı (Litre), θ_{fc} toprağın tarla kapasitesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3), θ_i toprağın sulama öncesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3), D bitki etkili kök derinliği (mm) ve A parsel alanıdır. Lateral boruların sık şekilde yerleştirilmesi nedeni ile ıslatılan alan yüzdesi %100 alınmıştır. Kontrol konusunda tarla kapasitesinden itibaren tüketilen su, S₁₀₀ konularına tamamen uygulanırken diğer konulara bu uygulanan suyun S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularına sırasıyla %75, %50 ve %25'i uygulanmıştır. Haftada 2 kez sulama yapılarak kontrol konularının su stresine girmeden sulanması gerçekleştirilmiştir. Sulamalarda yüzeyden itibaren 50 cm derinliğe kadar kök bölgesi dikkate alınmıştır.

Gelişme dönemi boyunca bitki tarafından tüketilen su, kök bölgesi su bütçesi yöntemine göre Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır [46].

$$ET = I + P \mp \Delta S - d_p \quad (3)$$

Eşitlikte; ET bitki evapotranspirasyonu (mm), I parsellere uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P etkili yağış (mm), ΔS ekim ve hasat toprak depo nem farkı (mm) ve d_p ise kök bölgesi altına sızan su miktarıdır (mm). Bu çalışmada nötron metre vasıtasıyla yapılan ölçümler yardımıyla toprak suyunun belirgin şekilde tüketildiği derinlikler gözlemlenmiştir. Etkili kök derinliği altında bulunan 50-90 cm arası katmandaki nem artışları, derine sızma olarak dikkate alınmıştır. Deneme alanına düşen yağış ve diğer hava elemanları Erciyes Üniversitesi Araştırma Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisine kurulmuş olan meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Tüketilen her bir m^3 su ile elde edilen ürün için su kullanım etkinliği (WUE) belirlenmiştir [47].

Hava şartlarının bitki su tüketimi üzerine olan talebini yansıtmak için kullanılan ve bizzat bitki su tüketimi tahminlerinde hava şartlarının ortak etkisini gösteren referans evapotranspirasyon, günlük olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır [8].

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (4)$$

Eşitlikte, ET_o referans evapotranspirasyon (mm/gün), Δ doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$), R_n referans yüzeye gelen net güneş radyasyonu ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), G toprak ısı akısı ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), γ psikrometrik sabit ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$), T ortalama günlük sıcaklık ($^\circ C$), u_2 2 m yükseklikte rüzgâr hızı ($m.s^{-1}$), e_s doygun buhar basıncı (kPa) ve e_a güncel buhar basıncını (kPa) göstermektedir. Eşitlikte yer alan tüm parametreler FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır [8].

Bitki su tüketimindeki nispi azalma ile verimdeki nispi azalma arasındaki ilişki verim tepki faktörü (k_y) ile ifade edilmektedir. Verim tepki faktörü 1'in üzerinde olduğunda bitki su stresine karşı duyarlı ve 1'in altında olduğunda ise su stresine karşı toleranslıdır. Kullanılan fasulye çeşidinin kuraklığa karşı toleransı bu verim tepki faktörü ile değerlendirilmiştir. Tüm gelişme dönemi ve ekim konuları için verim tepki faktörü aşağıdaki ilişkiden elde edilmiştir [6].

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = K_y \cdot \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \quad (5)$$

Eşitlikte; Y_m su stresi yaşamayan kontrol konusundan elde edilen en yüksek verim (kg/da), Y_a su stresi yaşayan konulardan elde edilen verim (kg/da), ET_m kontrol konusunda belirlenen en yüksek bitki su tüketimi (mm) ve ET_a su stresi konuları bitki su tüketimi (mm) ve k_y ise verim tepki faktörüdür.

Hasatta her bir su stresi konusu altında her bir ekim sıklığından 10 bitkinin toplam biyokütlesi ve dane verimi belirlenmiştir. Kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra ölçüm alanından tesadüfen seçilmiş olan bu bitkiler üzerinde bakla sayısı, bakla başına tane sayısı, bitki başına dal sayısı, boğum sayısı ve bitki boyu değerleri saptanmıştır. Bitki boyu, kök boğazından dal uçlarına kadar şerit metre ile ölçülmüştür. Birim alandan elde edilen verim kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra hasat edilen tüm parsel alanından dekara kilogram olarak hesaplanmıştır. Her bir konuda 3 ayrı örnek üzerinden 100 tane ağırlığı belirlenmiştir. Tanelerin protein içeriği Kjeldahl yöntemi ile azot analizinden tayin edilmiştir. Protein yüzdesinin belirlenmesi için alınan 10 bitki örneğinde elde edilen tohumlardan belirli miktarda tohum öğütülerek un haline getirilmiştir. Öğütülen bu örneklerden 0.2 g hassas terazide tartılarak tüplere aktarılmıştır. Her bir tüp içerisine 1

adet Kjeldahl tablet, 10 ml H_2SO_4 (%98 saflıkta= 1.84 g/cm^3) eklenmiştir. Örnekler tamamlandıktan sonra yakma ünitesine konularak ilk ısı 100°C ' de olup her 30 dakikada bir 50°C yükseltilerek 400°C 'e kadar bu işleme devam edilmiştir. Yakma işlemleri bittikten sonra 30 dakika soğumaya bırakılan örneklere 30 ml saf su eklenmiş ve destilasyona başlanmıştır. % 2'lik H_3BO_3 çözeltisi ile 3 dakika destilasyon yapılmıştır. Titrasyon için 0.05 normalik H_2SO_4 (%98 saflıkta= 1.84 g/cm^3) kullanılmış ve renk dönüşümü pembeleştiği ana kadar devam edilmiştir.

Deneme desenine göre sonuçlar Varyans Analizine tabi tutulmuş ve aralarında önemli fark bulunan konuların sınıflandırılmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Tüm istatistik analizler SPSS istatistik analiz paket programı yardımıyla yapılmıştır.

3. BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Sulama ve Bitki Su Tüketimi

Yağışlar nedeniyle ilk sulama 2 Temmuz 2015 tarihinde yapılmış ve hasattan 12 gün önce 7 Ağustos 2015 tarihine kadar sulamalara devam edilmiştir. Haftada 2 defa olmak üzere toplam 10 kez sulanma yapılmıştır. Sulamalarda 50 cm kök derinliği dikkate alınmıştır.

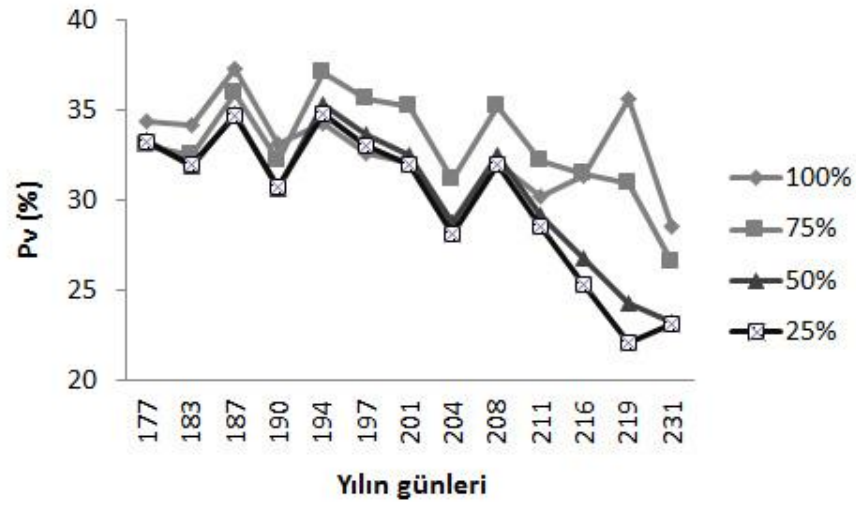
Bitki ekiminden hasada kadar deneme alanına düşen yağışlar alanda bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan elde edilirken diğer hava elemanları deneme alanına çok yakın konumda yer alan Kayseri Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Hava elemanlarına ilişkin veriler ve aylara göre referans evapotranspirasyon değerleri (ET_o) Tablo 3.1’de verilmiştir. Kayseri’de 35 yıllık ortalamalara göre günlük ortalamalar şeklinde ET_o değerleri mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında sırasıyla 4.54 mm, 5.04 mm, 5.50 mm ve 4.65 mm’dir [44]. Tablo 3.1’deki değerler uzun yıllık ortalamalar ile karşılaştırıldığında referans evapotranspirasyonun normal değerlerin altında seyrettiği görülmektedir. Dolayısıyla denemenin yapıldığı 2015 yılında bitki su tüketimi açısından hava şartları daha hafif geçmiştir. Bu durumda uzun yıllara göre bitki su tüketiminin de daha düşük çıkması beklenilecektir.

Tablo 3.1. Yetiştirme Döneminde Bitki Su Tüketimine Etkili Hava Elamanları ve Referans Evapotranspirasyon (ET_0)

	$T_{\max}$ (°C)	$T_{\min}$ (°C)	T_{ort} (°C)	RH_{ort} (%)	U (m/s)	N (h/gün)	n (h/gün)	R (mm)	ET_0 (mm/gün)
Mayıs	22.9	7.8	15.4	59.7	1.3	14.2	8.4	5.2	3.86
Haziran	25.5	10.7	18.1	66.9	1.2	14.7	8.5	98.8	3.90
Temmuz	31.0	12.9	22.0	48.2	1.1	14.4	11.4	0.5	4.80
Ağustos	32.1	15.1	23.6	48.7	1.1	13.4	11.1	9.6	4.07

$T_{\max}$: Aylık en yüksek sıcaklıklar ortalaması, $T_{\min}$: Aylık en düşük sıcaklıklar ortalaması, T_{ort} : Aylık ortalama sıcaklık, RH_{ort} : Aylık bağıl nem ortalaması, U: 2 m yükseklikteki rüzgar hızı, N: Aylık ortalama gündüz süresi, n: Aylık ortalama güneşlenme süresi, R: Aylık toplam yağış, ET_0 : Aylık ortalama referans evapotranspirasyon.

Ekimden hasada kadar kök bölgesi toprak nemi takip edilmiştir (Şekil 3.1). S_{50} ve S_{75} konularında kök bölgesi toprak neminin hasada doğru giderek düştüğü görülmektedir. S_{75} konusunda 208.günden sonra toprak nem düşüşü belirgin iken S_{100} konusunda yalnızca hasat nemi daha düşüktür. Yağış, sulama ve toprak depo nem farkı dikkate alınarak su bütçesi eşitliği yardımıyla fasulye bitkisinin konulara göre su tüketimi (ET_c) hesaplanmıştır (Tablo 3.2). Konulara göre bitki su tüketimi önemli derecede farklı çıkmıştır. En yüksek bitki su tüketimi toprakta tüketilen suyun tam olarak uygulandığı S_{100} konusunda gerçekleşmiş ve su uygulama oranına bağlı olarak bunu S_{75} , S_{50} ve S_{25} konuları takip etmiştir. S_{100} konusunda 461 mm su tüketimi meydana gelirken, S_{25} konusunda 273 mm ile en düşük su tüketimi oluşmuştur (Tablo 3.2). Su ihtiyacı tamamen karşılanan S_{100} konusuna göre S_{75} , S_{50} ve S_{25} konularında bulunan bitkiler yaklaşık %14, %25 ve %41 oranında daha az su tüketmiş ve dolayısıyla bu oranlarda su stresine maruz kalmışlardır. Buna göre en az su uygulanan S_{25} konusunda bile bitki su ihtiyacının %59'u karşılanırken ancak %41'i kesilmiştir.

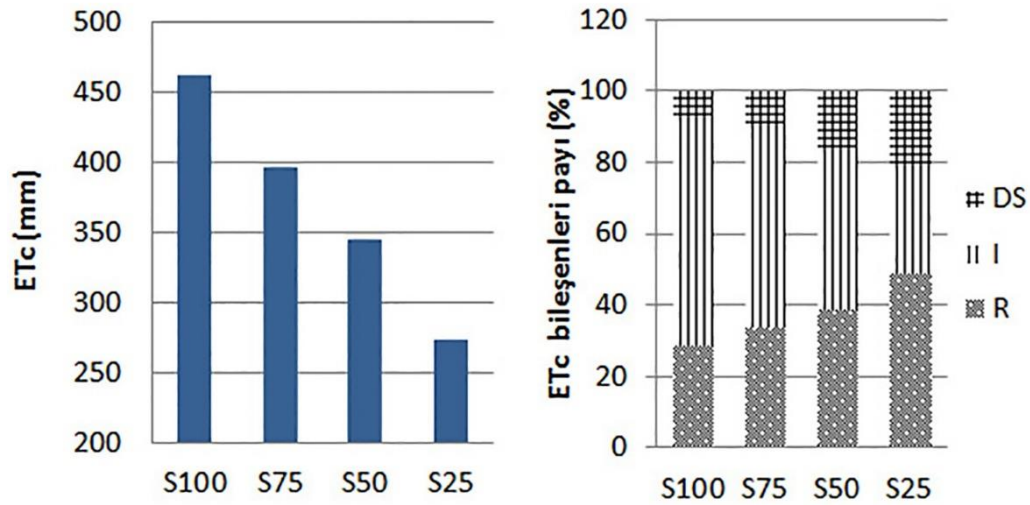


Şekil 3.1. Su stresi konulara göre sulama öncesi hacimsel toprak nem değişimi

Bitki su tüketiminin yağışlar ile karşılanan kısmı S_{100} , S_{75} , S_{50} ve S_{25} konularında sırasıyla %29, %33, %38 ve %49, sulamayla karşılanan kısmı aynı sırayla %64, %57, %44 ve %29 kadardır. Konulara göre su tüketimi bileşenleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Şekil 3.2’den de görülebileceği gibi su kısıntısının nispeten daha yüksek olduğu konularda (S_{50} ve S_{25}) sulamanın payı düşük ancak yağışların payı daha yüksektir. Bu konularda toprakta depo edilen suyun kullanım oranı daha fazladır.

Tablo 3.2. Konulara Göre Fasulye Su Tüketimi ve Su Bütçesi Elemanları

	Yağış (mm)	I (mm)	ΔS (mm)	ET_c (mm)
S_{100}	132.8	294	35	461 a
S_{75}	132.8	225	39	394 b
S_{50}	132.8	152	60	343 c
S_{25}	132.8	81	60	273 d



Şekil 3.2. Su stresi konularına göre fasulye bitkisinin su tüketimi (ET_c) ve su tüketim bileşenlerinin payı (R: Yağmur, I: Sulama, ΔS veya DS: Toprak nem farkı)

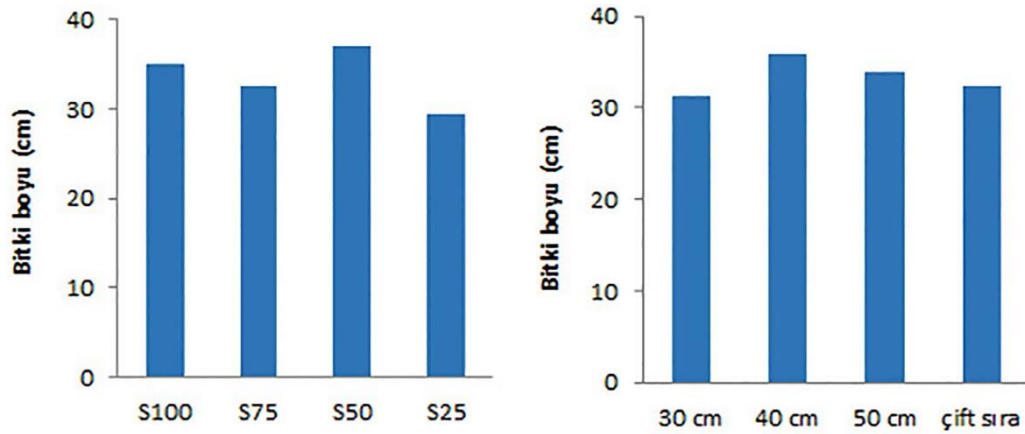
Gelişme dönemi 90-100 gün arasında olan kuru fasulye için toprak, iklim ve çeşitlere bağlı olarak net su gereksinimi 350-500 mm arasında değişir [48]. Yarı kurak iklim şartlarında 6 fasulye çeşidi ile yapılan bir çalışmada su ihtiyacının tam olarak karşılandığı konularda kuru fasulye su tüketimi 1.yıl çeşitlere bağlı olarak 318-457 mm ve 2.yıl 369-548 mm arasında değiştiği saptanmıştır [17]. Tekirdağ koşullarında yapılan bir çalışmada farklı su kısıntısının uygulandığı fasulyede, bitki su tüketimi tam sulama konusunda 732 mm ve sulama yapılmayan konuda ise 186 mm olarak belirlenmiştir [10].

Ankara koşullarında yapılan bir başka çalışmada ise fasulyenin 696 mm su tükettiği saptanmıştır [49]. Yine Ankara koşullarında fakat yeşil fasulye için bitki su tüketimi 1.yıl 570 mm ve 2.yıl 593 mm, Çanakkale koşullarında 804 mm [15] ve Kahramanmaraş'ta yeşil fasulye için bitki su tüketimi 470 mm olarak belirlenmiştir [50]. Akdeniz Bölgesinde yeşil fasulye için en yüksek bitki su tüketimi 338 mm belirlenirken [51] yine Akdeniz koşullarında yeşil fasulye için en yüksek bitki su tüketimi 1.yıl 400 mm ve 2.yıl 475 mm belirlenmiştir [52]. Kayseri'de denemenin yürütüldüğü 2015 yılı kuru fasulye gelişme dönemi boyunca atmosfer buharlaştırma talebinin uzun yıllar ortalamasının altında olması, bölgesel farklılıklar, bitki çeşidi, kültürel uygulamalardaki farklılıklar ve araştırma yöntemlerindeki farklılıklar nedeniyle bitki su tüketimi değişik çıkabilir. Ancak belirlenen bitki su tüketimi birçok çalışmada belirlenen değerler ile uyumluluk göstermiş ancak Munoz-Perea (2007) tarafından

verilen su tüketim değerleri arasında çıkmıştır [17]. Carioca 80-SH çalı tipi fasulye çeşidinde bitki evapotranspirasyonu, birim alanda 14 bitki/m² bulunan konularda 339 mm ve 28 bitki/m² bulunan konularda ise 325 mm olarak belirlenmiştir [12]. Bu verilere göre Kayseri şartlarında bitki su tüketimi daha yüksek çıkmıştır.

3.2. Bitki Boyu

Bodur formda Alberto fasulye çeşidinin 33.6 cm olan ortalama bitki boyu 17.4-55.7 cm arasında değişim göstermiştir. Bitki boyundaki değişim üzerine farklı sulama uygulamalarının ve farklı sıra arası ekim uygulamalarının etkileri önemli bulunmamıştır. S₁₀₀, S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularında ortalama bitki boyu sırası ile 35.0 cm, 32.7 cm, 37.0 cm ve 29.5 cm şeklinde belirlenmiştir. Sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve çift sıra konuları için bitki boyu sırasıyla 31.4 cm, 35.9 cm, 34.0 cm ve 32.4 cm'dir (Şekil 3.3). Tekirdağ'da yürütülen farklı sulama rejimi çalışmasında sulanmayan konuda 21.5 cm ve tam sulanan konuda ise 34 cm belirlenen bitki boyunun %50 su kısıntısından sonra azaldığı belirlenmiştir [10]. Farklı sıra arası ekim mesafeleri ise bitki boyunda önemli derecede bir farklılık oluşturmamıştır [36].



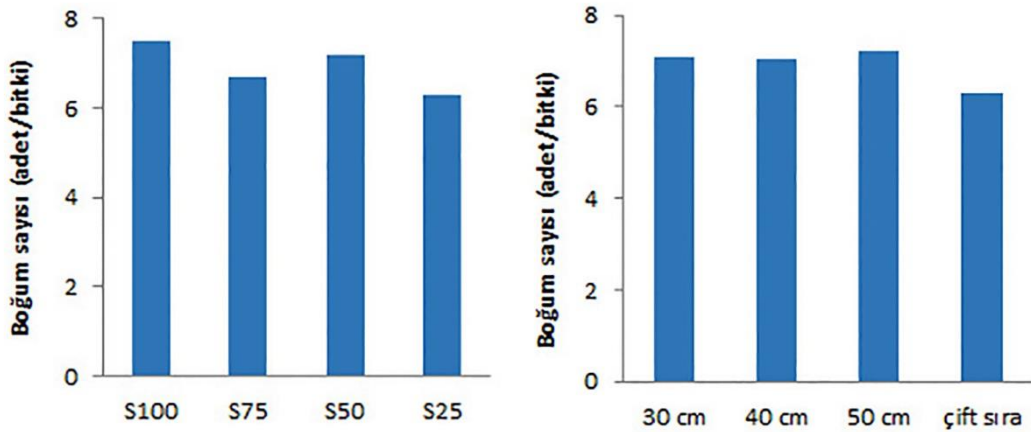
Şekil 3.3. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki boyu değişimi

Samsun'da yürütülen bir çalışmada 6 farklı fasulye genotipinde bitki boyunun 17.70-103.0 cm arasında değiştiği bulunmuştur [40]. Tokat koşullarına göre farklı 12 fasulye çeşidinde bitki boyu 22-67 cm olarak saptanmıştır [53]. Erzincan koşullarında farklı ekim zamanı ve farklı çeşitlerin incelendiği çalışmada 6 farklı fasulye çeşidi için bitki boyu 43.1-162.4 cm olarak elde edilmiştir [30]. Erzurum koşullarında erkenci ve yüksek

verimli çeşitlerde bitki boyu 44.1-76.8 cm arasında [32], Erzincan'da 53.4-135.3 cm arasında ve Hınıs'ta 47.8-98 cm arasında belirlenmiştir [33]. Adana'da yapılan bir çalışmada 15 farklı fasulye çeşit ve popülasyon ile yürütülen çalışmada bodur fasulye formunda bitki boyunun 38.6-50.7 cm arasında ve sarılıcı formunda ise 89.8-143.1 cm arasında değiştiği bildirilmiştir [34]. Bitki boyunun farklı ekim derinliği ve bitki çeşitlerinden de etkilendiği ifade edilmiştir [37].

3.3. Boğum Sayısı

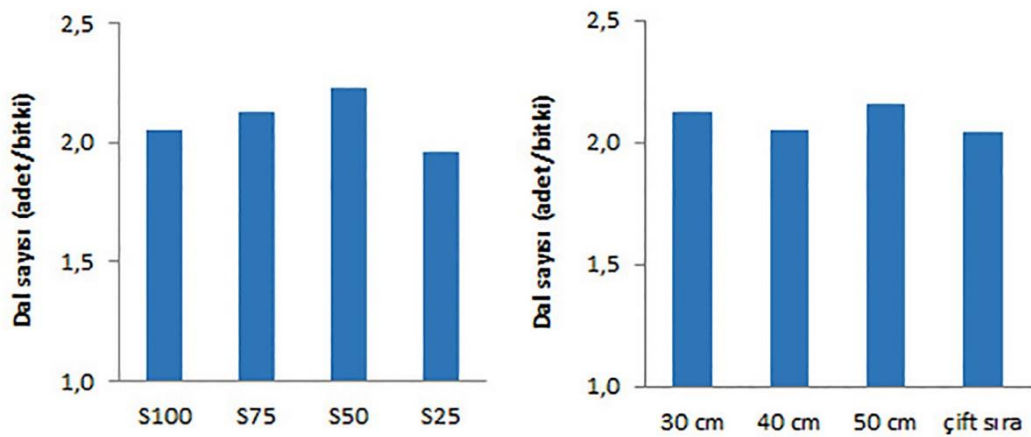
Bitki sapı üzerindeki boğum sayısı 4.9 ile 10.9 adet arasında değişmiş olup bir bitkide ortalama 7 adet boğum belirlenmiştir. Bitki boğum sayısı üzerine farklı sulama uygulamalarının ve sıra arası mesafelerin etkisi önemli bulunmamıştır. S₁₀₀, S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularında ortalama boğum sayısı 7.5, 6.7, 7.2 ve 6.3 adet ve sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve çift sıra konuları için bitki boğum sayısı sırasıyla 7.1, 7.0, 7.2 ve 6.3 adettir (Şekil 3.4). Alberto çeşidi fasulyenin boğum sayısı ne farklı sulama uygulamalarından ne de farklı sıra arası ekim uygulamalarından etkilenmiştir.



Şekil 3.4. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki boğum sayısı değişimi

3.4. Dal Sayısı

Ortalama her bitkide 2.1 adet dal bulunmuş olup bu sayı 1.7 ile 3.0 adet arasında değişim göstermiştir. Farklı su stresi uygulamaları ve farklı ekim aralığı konularının bitki dal sayısı üzerinde meydana getirmiş olduğu değişim önemli bulunmamıştır. S₁₀₀, S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularında bir bitkideki dal sayısı sırası ile 2.05, 2.13, 2.23 ve 1.96 adet iken sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve çift sıra konuları için dal sayısı sırası ile 2.13, 2.05, 2.15 ve 2.04 adettir (Şekil 3.5).



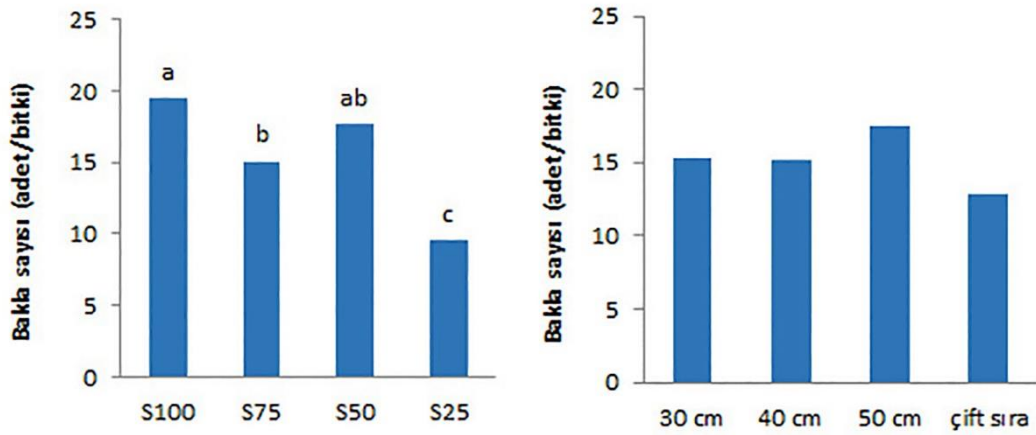
Şekil 3.5. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki dal sayısı değişimi

Erzurum koşullarında bitki başına dal sayısı ortalama 4.4 adet ve Pasinler’de ise 3.7 adet olarak bulunmuş olup 3-4.2 adet arasında değişim göstermiştir [32]. Erzincan’da bitki başına dal sayısını 2.1-3.1 adet ve Hınıs’ta 2.1-3.2 adet saptanmıştır [33]. Adana’da 15 farklı fasulye çeşidi ve popülasyonu ile yürütülen bir çalışmada bodur formlar için dal sayısı 6.3-10.2 adet ve sarılcı formlar için 5.5-9.8 adet arasında değiştiği belirlenmiştir [34]. Fasulyede bitki dal sayısı çeşitlere ve ekim derinliğine göre değişmektedir [37].

3.5. Bakla Sayısı ve Bakladaki Tohum Sayısı

Birçok araştırmacı tarafından fasulyede tane verimini etkileyen en önemli morfolojik verim unsurunun bitki başına bakla sayısı olduğu bildirilmiştir [54], [55], [56]. Kuru fasulye bitkisinde bakla sayısı ve bakla tane sayısı artarken bitki başına verim de artmaktadır [57].

Bu çalışmada bir bitkide ortalama 15.4 adet bulunan bakla sayısı 6.7 ile 27.4 arasında değişim göstermiştir. Bakla sayısındaki bu değişim üzerine farklı su uygulamalarının etkisi önemli bulunmuş fakat bitki sıra arası mesafelerinin etkisi önemli bulunmamıştır. S₁₀₀, S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularında bitki başına bakla sayısı sırasıyla 19.5, 15.1, 17.7 ve 9.5 adet olarak saptanmıştır. Şekil 3.6'da görülebileceği gibi bitki bakla sayısı üzerine aşırı derecede su kısıntısının etkisi olumsuz derece gerçekleşmiştir. Bitki su ihtiyacından %41 kadar kesinti uygulanan bu S₂₅ konusunda bakla sayısında S₁₀₀ uygulamasına göre %49 oranında azalma meydana gelmiştir. Orta düzeyde ve daha yüksek su kısıntısı, fasulye bakla sayısında çarpıcı şekilde düşüslere neden olmuştur. Tekirdağ'da yapılan çalışmada da benzer bir sonuç elde edilmiştir. Söz konusu araştırmada tam sulanan ve 731 mm su tüketen S₁ konusuna göre %57 kadar daha az su tüketiminin gerçekleştiği S₄ konusundan sonra bitki bakla sayısının azaldığı belirlenmiştir. Şiddetli su stresinin bitki bakla sayısını azalttığı sonucuna varılmıştır [10].

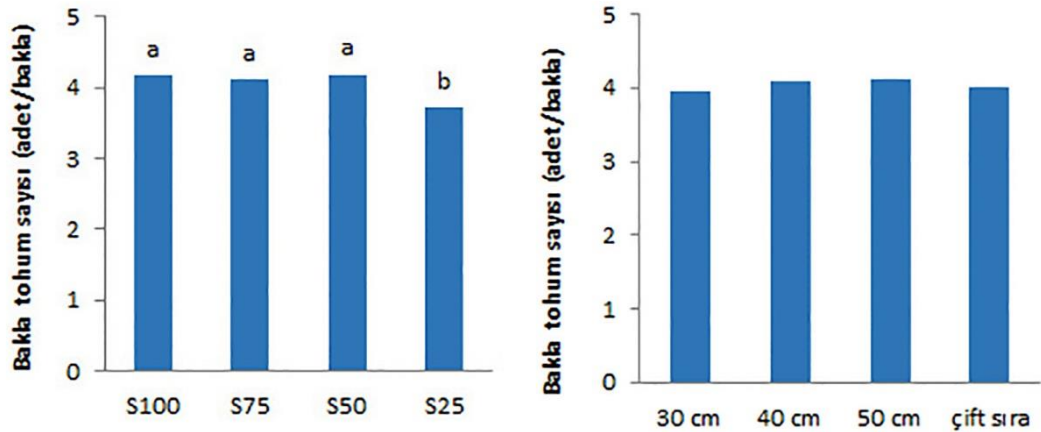


Şekil 3.6. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bakla sayısı değişimi

Çift sıra ekim ve sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ekim için bitki bakla sayısı sırasıyla 12.9, 15.3, 15.1 ve 17.5 adet/bitkidir. Bitki başına ortalama bakla sayısı 15.1 adettir. Sıra arası ekim mesafesine göre bu araştırmada bakla sayısında bir değişim görülmemesine karşın Van Gevaş'ta Şeker kuru fasulye çeşidi için ortalama 21.8- 27.2 adet olan bitki bakla sayısının artan sıra arası mesafesine paralel şekilde arttığı ifade edilmiştir [36].

Şebinkarahisar’da farklı 8 fasulye çeşidi ile yapılan bir adaptasyon çalışmasında çeşitlere göre bitki bakla sayısı 13.9-18 adet olarak saptanmıştır [57]. Samsun’da 6 farklı genotip için bakla sayısı 4.5 ile 25.8 adet arasında [40] ve Karaman koşullarında ise çeşitlere göre 15.2-42.2 adet arasında değiştiği bildirilmiştir [37]. Çukurova koşullarında yapılan çalışmada bitkide bakla sayısı 4.1-18 adet arasında [34], Erzincan koşullarında 15.8-45.8 adet arasında ve Hınıs’ta ise 13.1-30.8 adet arasında [33] ve Erzurum koşullarında 11.3-17.3 adet arasında [32], Tokat koşullarında 55 fasulye genotipi için 8.6-26.2 adet arasında değiştiği saptanmıştır [29]. Tokat’da bir başka çalışmaya göre bitki bakla sayısı 6.25-11.96 adet arasında [53] ve Çarşamba ovasında 33 yerel ve 2 yabancı orijinli fasulye çeşitleri için 16-86 adet arasında değiştiğini ifade edilirken [58], Konya şartlarında 40 fasulye genotipi için 12-26 adet arasında değiştiği belirtilmiştir [22]. Karaman koşullarında 3 farklı kuru fasulye çeşidinde farklı ekim derinliklerinin çeşitlere göre bakla sayısını değiştirdiği ve ekim derinliğinin de bakla sayısını etkilediği ifade edilmiştir [37].

Bakla içerisindeki tane sayısı ortalama 4.05 adet/bakla olup 3.4 ile 4.6 adet arasında değişmiştir. Su stresi bakladaki tohum sayısı üzerine önemli derecede ($p<0.01$) etkili olmuş ancak bitki sıra arası mesafe ile çift sıra ekimin etkisi önemli bulunmamıştır. S_{100} , S_{75} , S_{50} ve S_{25} konularında bakla başına tohum sayısı sırasıyla 4.2, 4.1, 4.2 ve 3.7 adet olarak saptanmıştır (Şekil 3.7). S_{25} konusunda bakladaki tohum sayısı diğer konulardan daha düşüktür. S_{100} konusuna göre bu konuda bakla tohum sayısında %10.5 oranda azalma bulunmaktadır. Alberto çeşidi fasulyede bitki su ihtiyacının %25’in üzerinde kesilmesi bakla içerisindeki tohum sayısında azalmaya neden olmuştur. Yapılan bir başka çalışmada da bakla içerisindeki tane sayısı, yaklaşık bitki su ihtiyacından %40 düzeyinde kısıntıdan sonra azaldığı belirtilmiştir [10]. Tam sulanan konularda 4.2 adet belirlenen bakla başına tane sayısı sulanmayan konularda 2.1 adet saptanmıştır. Çeşitlere bağlı olarak su stresi, fasulyede bakla içerisindeki tane sayısını düşürmektedir.



Şekil 3.7. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bakla tohum sayısı değişimi

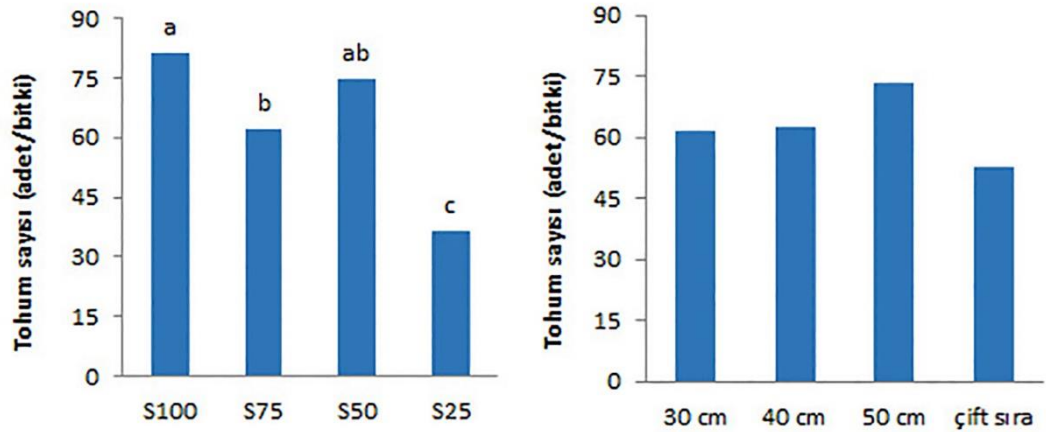
Çift sıra ekim, sıra arası 30 cm, 40 cm ve 50 cm ekim için bakla tohum sayısı sırasıyla 4.0, 4.0, 4.1 ve 4.1 adet saptanmıştır (Şekil 3.7).

Kuru fasulyede farklı 55 genotipi için bakla içerisindeki tohum sayısının 1.87-4.65 adet arasında değiştiği belirtilmiştir [29]. Alberto fasulye çeşidinin bakla tane sayısı bakımından çeşitler arasında yukarılarda bulunduğu görülmektedir.

3.6. Bitki Başına Tohum Sayısı

Bir bitki üzerinde ortalama 61 adet olan tohum sayısı 23-114 adet arasında değişmiştir. Tohum sayısındaki bu değişim üzerine farklı sulama uygulamaları etkili olurken sıra arası mesafesinin etkisi önemli çıkmamıştır. S₁₀₀, S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularında bitki başına tohum sayısı sırasıyla 81.4, 62.1, 74.9 ve 36.3 adet saptanmıştır (Şekil 3.8). Şekil 3.8'de görüldüğü gibi bakla sayısındaki etkiye benzer şekilde bitki tohum sayısı üzerine %41 oranında orta düzeyde su kısıntısına maruz S₂₅ konusunda su stresinin önemli derecede olumsuz etkisi saptanmıştır. Orta düzeyde su stresi fasulye tohum sayısını %54 oranında düşürmüştür.

Sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve çift sıra konuları için bitki başına tohum sayısı sırasıyla 61.4, 62.6, 73.5 ve 52.5 adet olup 50 cm ekimde diğerlerine göre bir miktar fazla olan ve çift sıra ekiminde ise bir miktar daha düşük olan bitki tohum sayısındaki farklılık önemli bulunmamıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki başına tohum sayısı değişimi

Tekirdağ'da yürütülen su stresi çalışmasında farklı sulama uygulamalarının bitki tohum sayısını azalttığı belirtilmiştir. En fazla tohum sayısı %100 sulanan konuda 59.2 adet ve en az tohum hiç sulanmayan konuda 8.2 adet olarak elde edilmiştir. Aynı zamanda sulama konuları arasında su stresi arttıkça bitkideki tohum sayı değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Tam sulanan S_0 konu ile hiç sulanmayan S_{100} konusu arasında tohum sayında %86 oranında kayıp oluşmuştur [10].

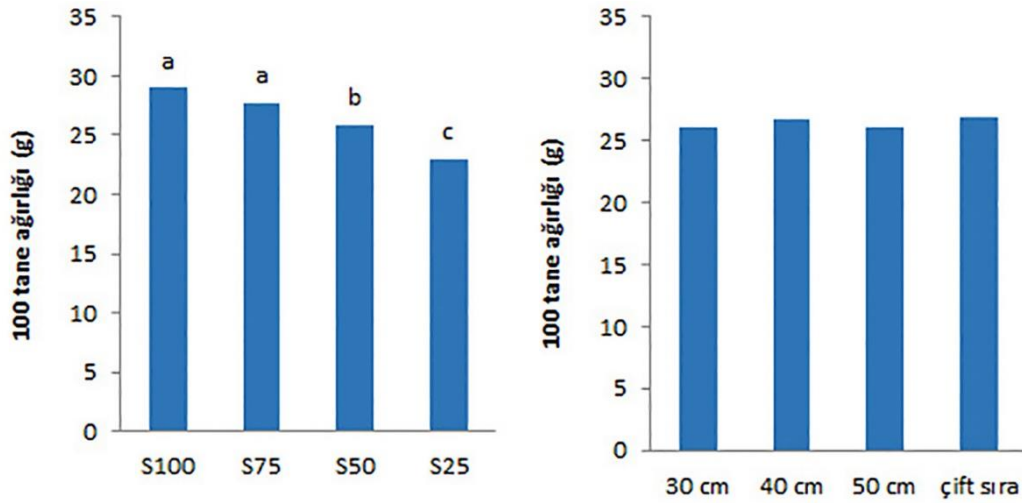
Toprakta toplam kullanılabilir nemin yarısından fazlasının tüketilmesi durumunda da bitki tohum sayısının azaldığı belirtilmiştir [13]. Tüm gelişme dönemi boyunca toplam kullanılabilir nemin %50'si tüketildiği zaman yapılan sulama uygulamalarından bitki başına en fazla 69.9 adet tane alınırken toplam kullanılabilir nemin %75'i tüketildiği zaman yapılan sulama uygulamalarından 40.4 adet ile en az tohum elde edilmiştir [13].

Samsun koşullarında yürütülen bir çalışmada 6 farklı fasulye genotipi için çeşitlere göre 9.20-78.0 adet arasında ortalama 33.49 adet tohum bulunduğu saptanmıştır [40]. Tokat koşullarında bitki tohum sayısı çeşitlere göre 17.1-48.6 adet arasında [53] ve Ordu ili Akkuş ilçesinde ise 11 farklı fasulye çeşidi için 15-70 adet arasında değiştiği bildirilmiştir [31].

3.7. 100 Tane Ağırlığı

Hasat edilen kuru fasulyenin kalite kriterlerinden birisi olan 100 tane ağırlığı 20.5 g ile 31.4 g arasında değişmiştir. 100 tane ağırlığı üzerindeki bu değişim üzerine farklı su uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Kuru fasulye bitkisinde Şekil 3.9’ deki gibi farklı sulama konularından en yüksek 100 tane ağırlığı S_{100} konusundan 29.1 g elde edilirken en düşük S_{25} konusundan 23.0 g elde edilmiştir. S_{25} konusuna göre S_{100} , S_{75} ve S_{50} konularında 100 tane ağırlığı sırasıyla %26, %21 ve %13 oranında daha yüksektir. Tam sulama ve hafif su stresi şartlarında 100 tane ağırlığı daha yüksek ve dolayısıyla tohumlar daha iridir. Orta düzeyde su stresi 100 tane ağırlığını tam sulamaya göre %21 kadar düşürmüştür. Alberto çeşidi fasulyede verim ve tohum iriliği açısından en iyi sonuçlar bitki su ihtiyacının tam olarak karşılanmış olduğu S_{100} konusundan elde edilmiştir.

Fasulye bitkisinde su stresi 100 tane ağırlığını düşürmektedir [10]. 100 tane ağırlığı %100 sulanan konularda 46.4 g ve sulanmayan konularda ise 30.5 g olarak elde edilmiştir. Tane ağırlığı %100 sulanan konuya göre sulanmayan konuda %34.3 daha düşüktür [10]. Toprakta tutulan toplam kullanılabilir nemin farklı oranlarda tüketildiği zaman yapılan sulamalar için farklı 100 tane ağırlıkları elde edilmiştir [20]. Toplam kullanılabilir nemin farklı oranlarda tüketimi sonucunda yapılan sulamaların sulama aralığı birbirinden farklı olacak ve değişik düzeylerde su stresi yaşanacaktır. Çiçeklenme öncesi ve sonrasında toplam kullanılabilir nemin farklı tüketim oranlarında yapılan sulamalar sonucunda da 100 tane ağırlığının değiştiği belirlenmiştir. En düşük 100 tane ağırlığının tüm dönemlerde toplam kullanılabilir nemin %75’inin tüketimi sonucunda (42.4-46.0 g) ve en yüksek ise çiçeklenme öncesinde toplam kullanılabilir nemin %50’sinin ve sonrasında %50 veya %25’inin tüketimi sonucunda (47.1-51.7 g) elde edilmiştir [13]. Konya’da yapılan bir çalışmada 7 gün sulama aralığına göre 14 gün sulama aralığı konusunda 100 tane ağırlığı %36.3 oranında azalmıştır. Ayrıca 100 tane ağırlığının 45 cm ve 90 cm olan lateral arası mesafelerden etkilenmediği belirtilmiştir [16].



Şekil 3.9. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulye 100 tane ağırlığının değişimi

Kuru fasulye 100 tane ağırlığının fasulye çeşit ve genotiplerine bağlı olarak değiştiği birçok araştırma sonucunda belirlenmiştir. Tokat koşullarında 55 fasulye genotipi için 100 tane ağırlığı 23.6-131.5 g arasında [29] ve Giresun koşullarında fasulye çeşit ve genotipine göre 20.5-42.1 g arasında elde edilmiştir [57]. Tokat koşullarında yapılan bir başka çalışmada 100 tane ağırlığı 23.4-62.8 g arasında [53], Ordu Akkuş koşullarında 25.6-69.0 g arasında [31], Erzurum koşullarında 28.3-42.7 g arasında [32], Erzincan ve Hınıs koşullarında 31.9-56.5 g arasında değiştiği bildirilmiştir [33]. Çukurova koşullarında 100 tane ağırlığı bodur fasulye çeşitleri için 22.3-31.2 g ve sarılıcı çeşitler için 16.4-31.2 g arasında belirlenmiştir [34]. Karaman koşullarında 3 kuru fasulye çeşidinin farklı derinliklerde ekiminin verim ve verim unsurları üzerinde etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda 100 tane ağırlığı bakımından farklı çeşitler ve farklı ekim derinlikleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 100 tane ağırlığı Amerikan Çalışında 27.9 g ile Kanada fasulye çeşidinde 28.6 g arasında değişim göstermiş ve 100 tane ağırlığı üzerine farklı ekim şekillerinin etkisi önemli bulunmamıştır [37].

Çift sıra ekim, sıra arası 30 cm, 40 cm ve 50 cm ekim için 100 tane ağırlığı sırasıyla 26.8 g, 26.0 g, 26.8 g ve 26.1 g saptanmıştır (Şekil 3.9). Fasulye ekim yoğunluğu üzerine yapılan bir çalışmada ekim yoğunluğunun 20 tohum/m²'den 100 tohum/m² oranına çıkarılmasıyla 100 tane ağırlığında yalnızca %2.9'luk bir düşüş saptanmıştır. Tohum ekim yoğunluğunun artırılmasıyla elde edilen farka göre 100 tane ağırlığında

görülen bu düşüşün tarımsal veya ekonomik açıdan önemli olmadığı ifade edilmiştir [27]. Ekim yoğunluğunun %350 artırılmasıyla 100 tane ağırlığında yalnızca %4'lük bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir [59]. Ancak Van (Gevaş) koşullarında Şeker kuru fasulye çeşidi için en uygun sıra arası ekim mesafesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada 40 cm, 50 cm, 60 cm ve 70 cm ekim için 100 tane ağırlığının 37.9-40.6 arasında değiştiği belirlenmiştir. En iyi sonuçlar 60 ve 70 cm sıra arası ekiminden elde edilmiştir. Sıra arası ekimin artırılmasıyla 100 tane ağırlığında en yüksek ile en düşük değer arasında %7'lik bir iyileşme sağlanmıştır [36].

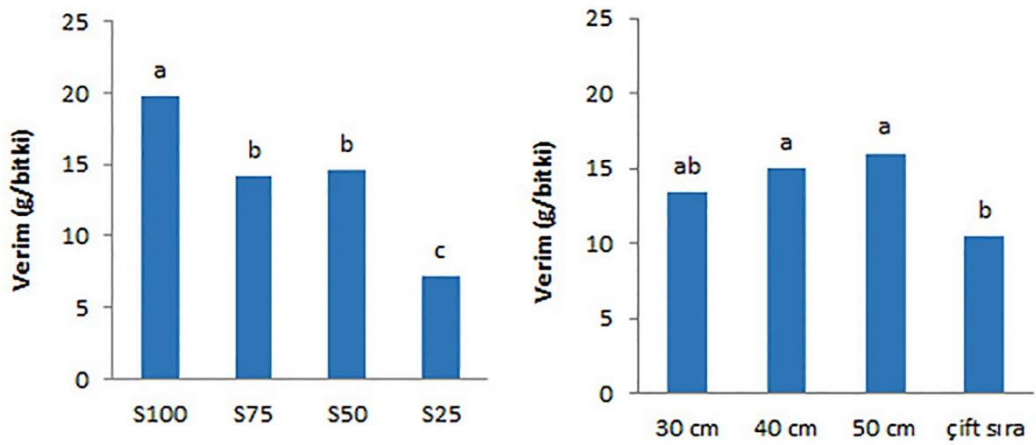
Fasulyenin farklı zamanlarda ekimi de 100 tane ağırlığını etkilemiştir. Ortalama olarak 100 tane ağırlığı en yüksek değeri 40.98 g ile 1 Haziran ekim konusundan ve en düşük 40.11 g ile 1 Mayıs ekim konusundan elde edilmiştir. Çeşitler arasında en yüksek değere sahip olan 46.34 g ile Göynük-98 çeşidinden ve en düşük ortalama değere ise 30.43 g ile Akman-98 çeşidinden elde edilmiştir. 15 Nisan ve 15 Mayıs ekim zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Farklı ekim zamanı ile farklı çeşitler arasında en yüksek 100 tane ağırlığına sahip olan 48.04 g ile Göynük-98 çeşidinin 1 Haziran ekim zamanı uygulamasından elde edilmiş ve en düşük değer ise 29.96 g ile Akman-98 çeşidinin 15 Nisan ekim zamanı uygulamasından elde edilmiştir [30].

3.8. Bitki Başına Tohum Verimi

Bitki başına ortalama 14 g olan kuru fasulye verimi 5.4 ile 32.3 g arasında değişim göstermiştir. Bitki başına kuru fasulye verimindeki bu değişim üzerine hem farklı sıra arası ekim uygulamalarının ve hem de farklı sulama uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur. Sulama uygulamaları ve sıra arası mesafe etkileşimi ise önemli çıkmamıştır. Şekil 3.10'dan görüleceği üzere uygulanan su stresine bağlı olarak bitki başına kuru fasulye verimi azalmıştır. En yüksek verim S_{100} uygulamasından (19.8 g/bitki), sonra S_{50} ve S_{75} uygulamasından (14.6 ve 14.2 g/bitki) elde edilirken en düşük verim S_{25} konusundan (7.2 g/bitki) elde edilmiştir. S_{100} konusuna göre S_{75} , S_{50} ve S_{25} konularında bitki başına kuru fasulye verim kaybı sırasıyla %29, %26 ve %64 düzeylerinde gerçekleşmiştir. Su stresi bitki tane verimini düşürmüştür.

Bitki başına en fazla kuru fasulye verimi 50 ve 40 cm sıra arası konularından sırasıyla 16 g ve 15 g elde edilmiştir. Çift sıra ekim bitki başına kuru fasulye verimini olumsuz

şekilde etkilemiş ve 10.4 g ile en düşük verim alınmıştır (Şekil 3.10). Sıra arası 30 cm ekinde ise 13.4 g ile bitki başına verim bir miktar azalmıştır. Sıra arası 50 cm konusuna göre 30 cm ve çift sıra konularında bitki veriminde sırasıyla %16.5 ve %34.9 kadar bir azalma meydana gelmiştir. Bitki sıra arası ekim mesafesi artarken bitki başına tane verimi önemli derecede artmış olmasına karşın artan sıra arası mesafe ile birlikte birim alandaki bitki sayısı azalmıştır. Bundan dolayı birim alanda meydana gelen verim kayıplarının artan bitki verimi tarafından telafi edilemediği gözlenmiştir.

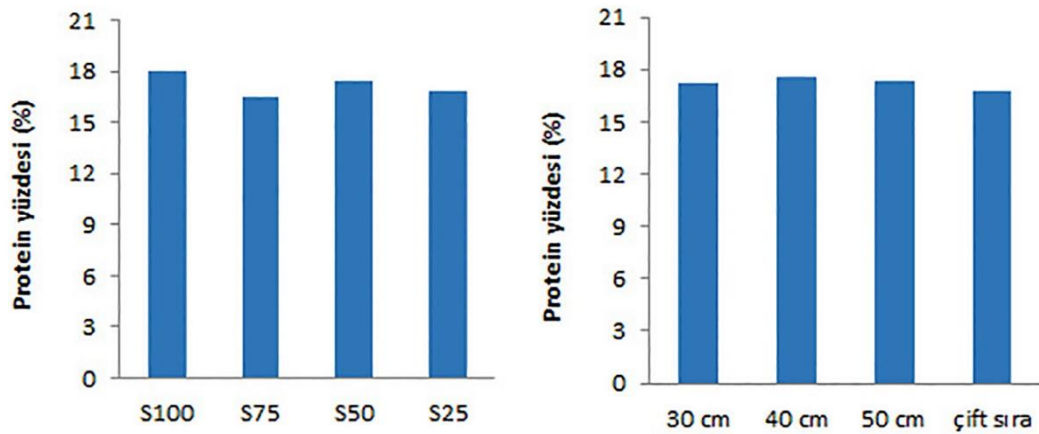


Şekil 3.10. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede bitki başına tohum verimi değişimi

Farklı 55 fasulye çeşidiyle yapılan bir çalışmada bitki başına tane veriminin 10.2-27.4 g arasında önemli şekilde değiştiği saptanmıştır [29]. Samsun'da 6 farklı fasulye genotipi için bitki başına tane verimi 11.8 g olarak belirlenmiş ve bitkide tane verimi 2.56-36.83 g arasında değişim göstermiştir [40]. Tokat koşullarında kuru fasulyede tane verimi Selanik çeşidi için 26.62 g/bitki ve Yalova-5 çeşidi için 18.03 g/bitki olarak saptanmıştır [53]. Bitki başına tohum veriminin farklı ekim zamanlarına göre değiştiği ve 15 Nisan ekimi için 19.19 g/bitki, 15 Mayıs ekimi için 17.88 g/bitki verim elde edildiği ve 1 Haziran ekimi için tohum veriminin 15 Mayıs ekimi ile aynı olduğu rapor edilmiştir [30]. Aynı çalışmada bitki tohum veriminin çeşitler arasında değişim gösterdiği belirtilmiş olup en yüksek Akman-98 çeşidinde 20.41 g/bitki ve en düşük Erzincan Yerel Dermason çeşidinde 15.55 g/bitki verim alınmıştır.

3.9. Protein Oranı

Farklı sulama uygulamaları ve farklı sıra arası ekim ve çift ekim uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada Alberto çeşidi fasulyede %17.2 olarak belirlenen ortalama protein yüzdesi %13 ile %19.5 arasında değişim göstermiştir. Protein oranı üzerine farklı sulama uygulamalarının ve farklı sıra arası ekim şekillerinin etkisi önemli bulunmadığı gibi konular arası etkileşim de protein oranını önemli derecede etkilememiştir. Konulara göre protein yüzdelerinde Şekil 3.11'den görülebileceği gibi su uygulamalarına göre değişen küçük farklılıklar bulunmaktadır. S₁₀₀, S₇₅, S₅₀ ve S₂₅ konularında sırasıyla protein yüzdeleri %18.0, %16.6, %17.5 ve %16.9 şeklinde saptanmıştır. Sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve çift sıra konuları için sırasıyla %17.2, %17.6, %17.4 ve %16.7 protein yüzdesi belirlenmiştir (Şekil 3.11).



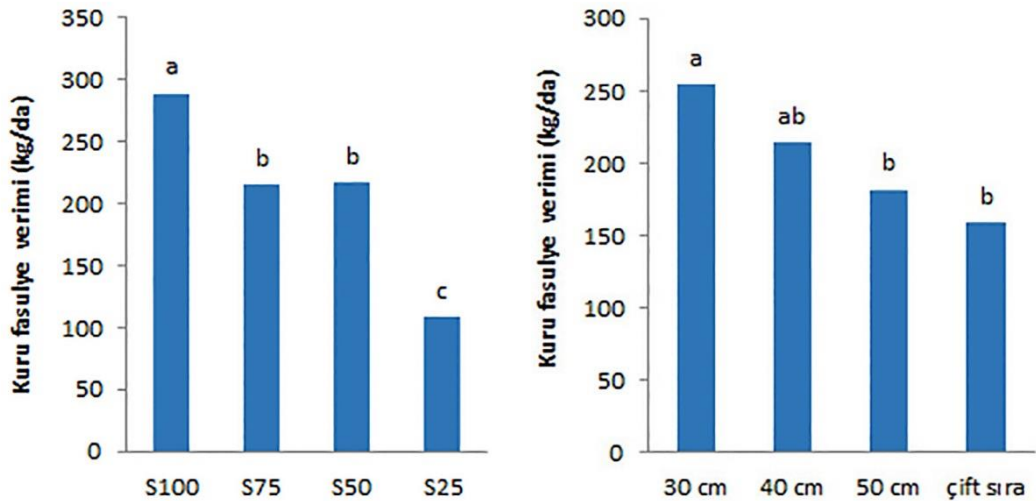
Şekil 3.11. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulyede protein yüzdesi değişimi

Tokat koşullarında 55 adet kuru fasulye genotipi ile yürütülen bir çalışmada genotiplere bağlı olarak protein değerleri %20.6-29.2 arasında [29] ve Şebinkarahisar'da 8 farklı fasulye çeşidi için %20.7-24.0 arasında değişmiştir [57]. Orta Anadolu'nun yarı kurak şartlarında iki ayrı lokasyonda 6 kez sulama yapılarak yetiştirilen 19 fasulye genotipinden elde edilen protein değerleri %19.21-26.6 oranında değişim göstermiştir [21]. Çeşitli çalışmalarda araştırma yeri ve çeşitlere göre kuru fasulye protein oranı %22-98-24.92, %18.99-29.17 ve %19.4-21.63 değerleri arasında belirlenmiştir [60], [61], [62]. Konya'da farklı 41 fasulye çeşidi için protein değerleri %20.11-28.59 arasında değişim göstermiştir [63]. Eskişehir koşullarında protein oranı Yunus-90 için

%23-26 ve Karacaşehir-90 çeşidi için %28-30 olarak saptanırken [20], Tokat koşullarında Dermason için %21.6, Eskişehir-885 için %19, Yalova-17 için %19 ve Barbunya için %19 olarak saptanmıştır [53].

3.10. Dekara Tohum Verimi

Hem su stresi hem de sıra arası ekimi, kuru fasulye verimini önemli derecede etkilerken su stresi ile sıra arası ekim konuları etkileşimi önemli şekilde etkili olmamıştır (Şekil 3.12). En fazla verim tam sulama uygulamasında (S_{100}) 289 kg/da elde edilirken en düşük verim en yüksek su stresinin uygulandığı S_{25} konusundan 108.4 kg/da elde edilmiştir. Aynı grupta yer alan S_{75} ve S_{50} konularından sırasıyla 214.9 ve 216.9 kg/da kuru fasulye verimi alınmıştır. S_{100} konusuna göre S_{75} , S_{50} ve S_{25} konularında bitki su tüketimi yaklaşık %14, %25 ve %41 oranında daha az gerçekleşirken buna karşılık aynı konularda verim kaybı %26, %25 ve %63 oranında gerçekleşmiştir. Fasulye bitkisinin ihtiyacı olan sudan yapılan kesintiden daha yüksek oranda verim kaybı meydana gelmiştir ki bu durum fasulye bitkisinin suya karşı hassasiyetini ortaya koymaktadır.



Şekil 3.12. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre kuru fasulye dekar tohum veriminin değişimi

Sıcak ve yarı kurak iklim şartlarında 6 farklı fasulye çeşidine su stresi uygulanan bir çalışmada stres uygulanmayan konularda kuru fasulye veriminin çeşitlere göre 1.yıl 140.7-216.2 kg/da ve 2.yıl 331.2-403.1 kg/da arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar her iki yıl arasında ki büyük verim farkının 1.yıl hava şartlarının ve atmosferin buharlaştırma talebinin çok yüksek olmasına ve 2.yıl ise bunun aksine

elverişli hava şartlarının bulunmasına bağlamışlardır. Özellikle 1.yıl çiçeklenme döneminde 28°C'ün üzerindeki yüksek sıcaklıklarının çiçek dökülmesine, polen canlılığında azalmaya ve fertil yumurtaların atılmasına neden olduğu belirtilmiştir [17]. Tekirdağ koşullarında sıra arası 50 cm ve sıra üstü 25 cm ekim normunda 732 mm, 598 mm, 437 mm, 313 mm ve 186 mm su tüketimi için sırasıyla 237.7 kg/da, 207 kg/da, 161.7 kg/da, 100 kg/da ve 36.7 kg/da ürün elde edilmiştir [11]. Orta Anadolu'nun yarı kurak şartlarında iki ayrı lokasyonda 6 kez sulama yapılarak yetiştirilen 19 fasulye genotipinden 163-477 kg/da arasında değişen ortalama 347 kg/da tane verimi elde edilmiştir [21].

Giresun Şebinkarahisar'da 8 tescilli fasulye çeşidi ile yapılan bir çalışmada çeşitlere göre önemli derecede farklı olan fasulye veriminin 82.1-131.1 kg/da arasında değiştiği saptanmıştır [57]. Farklı 40 fasulye genotipi ile Konya'da çeşitlere göre 114-355 kg/da arasında değişen kuru fasulye verimi alınmıştır [22]. Bazı çalışmalarda birim alandan 162.7-237.7 kg/da ve 150.4-400.7 kg/da arasında değişen verimler elde edilmiştir [35], [64]. Her bir fasulye genotipinin farklı çevrelere kendi genetik yapısı nedeniyle farklı oranlarda adapte olduğu ve uygulanan kültürel işlemlerin kuru fasulye verimini etkilediği belirtilmiştir [57]. Bu değerlendirmeler ışığında Kayseri şartlarında Alberto fasulye çeşidinin tam sulanan konularda verdiği 289 kg/da verim değeri ile orta-yüksek verimli bir çeşit olduğu söylenebilir.

Farklı sıra arası ve çift sıra ekimler dikkate alındığında en yüksek kuru fasulye verimi 30 cm konusundan 254.8 kg/da elde edilirken en düşük verim çift sıra ekim ve 50 cm ekim konusundan sırasıyla 158.6 kg/da ve 182.8 kg/da elde edilmiştir. Sıra arası 40 cm konusundan ise 214.1 kg/da verim alınmıştır. En düşük verimin alınmış olduğu çift sıra ekimine göre sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm konularındaki verim artışı sırasıyla %61, %35 ve %15'dir.

Kayseri'de yapılan bu çalışmada bulunan sonuçların aksine bir başka çalışmada 1 m² alanda 14 fasulye olan konudan alınan 212.6 kg/da olan kuru fasulye veriminin birim alanda 28 bitki olan konudan alınan 213 kg/da olan verimden farklı olmadığı dolayısıyla birim alandaki bitki yoğunluğunun verimi etkilemediği belirtilmiştir [12]. Buna karşılık Van'ın Gevaş ilçesinde Şeker fasulye çeşidinden 40, 50, 60 ve 70 cm sıra arası ekim için en yüksek verim (278.8 kg/da) 50 cm sıra arası ekiminden elde edilmiştir [36].

Erzurum koşullarında ise 20, 40, 60 ve 80 cm sıra arası mesafeleri için yapılan iki yıllık bir çalışmada en yüksek tane verimi (126 kg/da) 40 cm sıra arası ekim konusundan elde edilirken [65] bir başka çalışmada 30, 45 ve 60 cm farklı sıra arası ekim konularından en yüksek tane verimi 30 cm ekim konusundan elde edilmiştir [66]. Kuru fasulye verimine sıra üzeri ekimin incelendiği bir araştırmada sıra üzerine 10, 15 ve 20 cm ekimden en yüksek verim 272 kg/da ile 10 cm konusundan alınmıştır [67]. Kahramanmaraş'ta 40 cm sıra arası için 10, 15 ve 20 cm sıra üzeri ekimden en yüksek verim 10 cm konusundan elde edilmiştir [9]. En yüksek tane verimi (288 kg/da) sıra arası 40 cm ve sıra üzeri 10 cm ekim normundan elde edilirken [68], Ankara'da en yüksek tane verimi bodur fasulyede (156 kg/da) sıra arası 45 cm ve sıra üzeri 5 cm ekimden elde etmiştir [55]. Bir başka araştırmada sıra arası 30 cm ve sıra üzeri 10 cm konusundan en yüksek verim alınırken [69] Tokat'ta Horoz ve Şeker kuru fasulye çeşitlerinde sıra arası 40 cm ve sıra üzeri 15 cm konusundan sırasıyla 360.2 kg/da ve 273.4 kg/da verim alınmıştır [70]. Erzurum'da sıra arası 50 cm ve sıra üzeri 7.5 cm ekimin en uygun olduğu belirtilmiştir [71], Fransa'da yapılan bir çalışmada bitki sıra arasının 40 cm'den 20 cm'ye düşürülmesiyle karlılığın %8 arttığı saptanmıştır [72]. Ekim sıklığının 75 cm'den 25 cm'ye düşürülmesi durumunda fasulye tane veriminde %44-52 arasında artışlar olduğu belirlenmiştir [24]. Bir başka çalışmada sıra arası 20 cm ekimden 30 cm ekime göre %36 daha yüksek verim alınacağı [73] bildirilmesine karşın diğer bir araştırmada en yüksek kuru fasulye veriminin 30 cm sıra arası konusundan alınacağı bildirilmiştir [74].

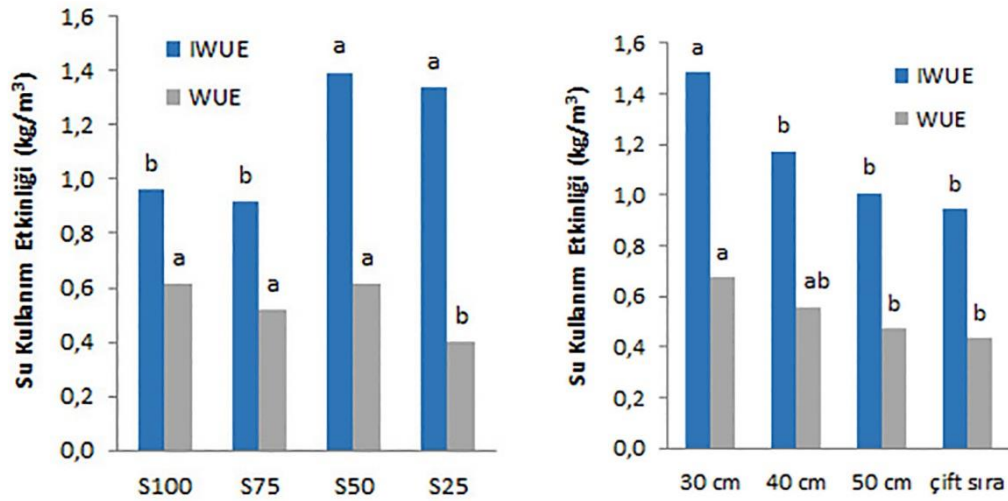
Fasulye çeşitlerinde tane verimi üzerine etkili verim unsurlarının seçiminde bitki başına bakla sayısı, tane ağırlığı ve birim alandaki bitki sayısının önemli olduğu ve bunların çeşitlere göre farklılık gösterdiği ifade edilmiştir [75]. Fasulyede önerilen ekim yoğunluğu üretim sistemine ve fasulye gelişme tipine göre değişir. Verimi artırmak için çalı tipi fasulye, yarı sarılıcı ve sarılıcı tiplerden daha sık bitki yoğunluğu gerektirir [28]. Kuru fasulyede önerilen ekim yoğunluğu, bitkinin kapladığı alana, verim ile bitki yoğunluğu ilişkisine, tohum çimlenme-çıkış yüzdesine, tohum maliyetine ve çevreye bağlı olarak değişebilir [27]. Tüm bu çalışmalar dikkate alındığında bodur fasulye çeşitlerinde 30 cm gibi sık ekimlerin daha avantajlı olduğu öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada sıra arası konularından 50 cm konusuna göre 30 ve 40 cm konularından sırasıyla %39 ve %17 daha yüksek verim elde edilmiştir.

3.11. Su Kullanım Etkinliği

Farklı su stresi uygulamaları sonucunda elde edilen ürün miktarının uygulanan sulama suyuna oranlanmasıyla sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve toplam su tüketimine oranlanmasıyla ise su kullanım etkinliği (WUE) hesaplanmıştır. IWUE ve WUE değeri (Şekil 3.13)'de gösterilmiştir. Farklı su stresi uygulamaları ve farklı sıra arası ekim konuları bitki sulama suyu kullanım etkinliği ile su kullanım etkinliğini önemli derecede etkilemesine karşılık bu iki faktörün etkileşimi önemli bulunmamıştır. Uygulanan sulama suyuna karşılık en yüksek S_{50} ve S_{25} konularından sırasıyla $IWUE = 1.43 \text{ kg/m}^3$ ve 1.34 kg/m^3 değeri elde edilmiştir. S_{100} ve S_{75} konularında sulama suyu kullanım etkinliği ise 0.98 ve 0.96 kg/m^3 'tür. Tüketilen tüm su dikkate alındığı zaman S_{100} , S_{75} ve S_{50} konularının suyu en iyi şekilde kullandığı görülmekte olup WUE değeri bu konularda sırasıyla 0.63 , 0.54 ve 0.63 kg/m^3 'tür. Buna karşın S_{25} konusu su kullanım etkinliği 0.40 kg/m^3 oranında kalmıştır.

Yapılan bir çalışmada 1.yıl 0.26 kg/m^3 ve 2.yıl 0.34 kg/m^3 olarak belirlenen su kullanım etkinliğinin tüm su stresi düzeylerinde kuru fasulye tohum verimi için sabit kaldığı belirlenmiş ve çeşitli düzeylerde sulamalar ile su kullanım etkinliğinin artırılamayacağı sonucuna varılmıştır. Kök için su kullanım etkinliği iyi sulanan konularda 0.16 kg/m^3 ve yüksek su tüketim faktörü ile daha seyrek sulanan konularda 0.23 kg/m^3 'tür. Bu rakamlara göre fasulye su stresine karşı önlem olarak kök üretimine ağırlık vermektedir [19]. Orta Anadolu'da özellikle Kayseri şartlarında suyun etkin bir şekilde kullanılması için kuru fasulye üretiminde su kısıntısının uygulanmaması, su sorunu olan tarım alanlarında ise sulama suyunda %40 ile %50 kesinti yapılarak toplamda bitki su tüketiminde %25'ten daha yüksek su tasarrufuna neden olmayacak şekilde kısıntı yapılarak sulama yapılması önerilebilir.



Şekil 3.13. Farklı su stresi ve sıra arası ekim konularına göre sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliğinin (WUE) değişimi

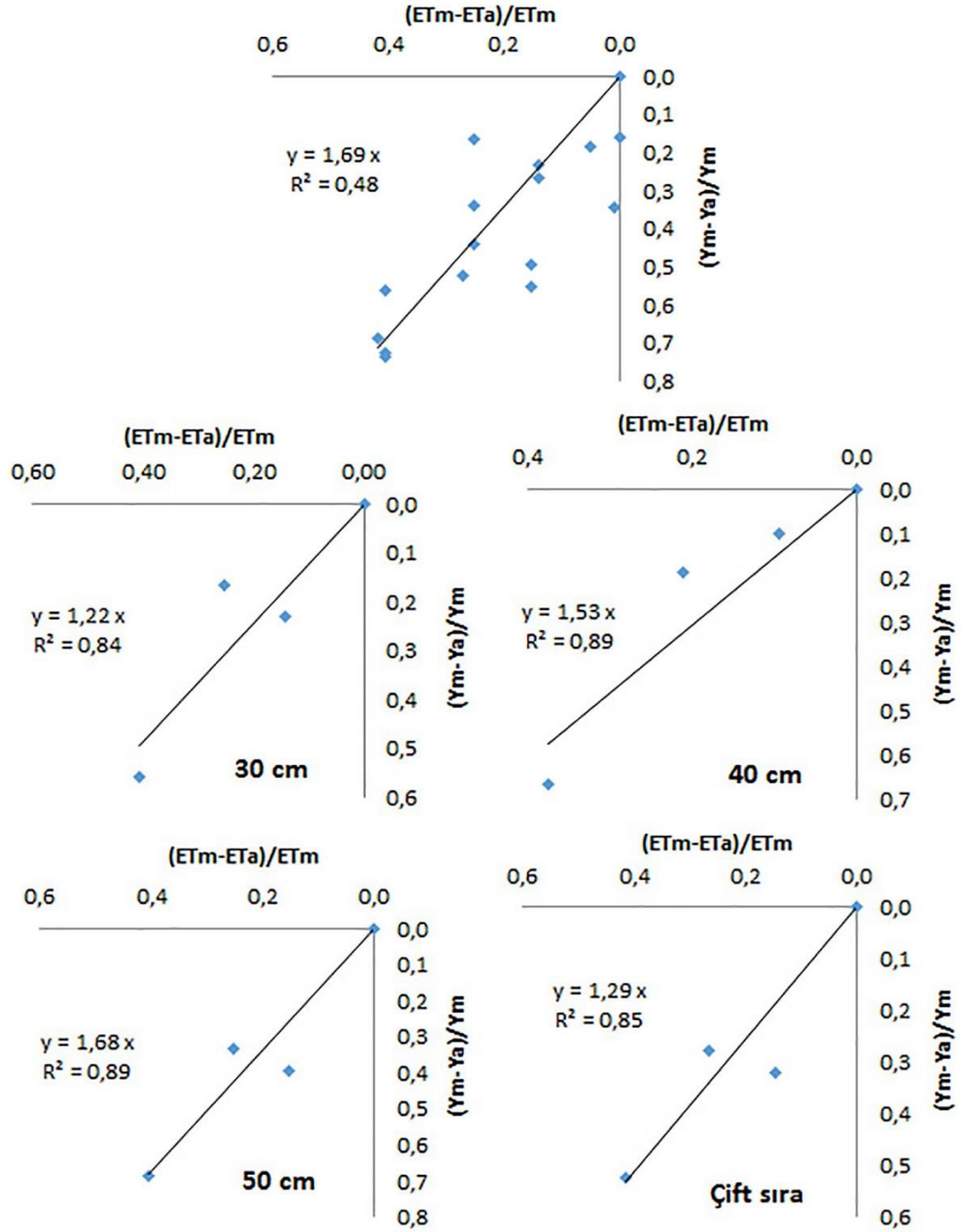
Fasulyenin farklı sıra arası ekim mesafeleri açısından hem sulama suyunu hem de tüketmiş olduğu tüm suyu ürüne dönüştürme açısından en iyi sonuçları 30 cm konusu vermiştir. Sıra arası 30 cm konusunda uygulanan 1 m³ sulama suyuna karşılık 1.49 kg (IWUE) ve tüketilen 1 m³ suya karşılık ise 0.68 kg kuru fasulye elde edilmiştir (WUE). Çift sıra ekim konusunda bu değerler sırasıyla IWUE= 0.94 kg/m³ ve WUE= 0.43 kg/m³'tür. Bir diğer en düşük IWUE ve WUE değerleri 50 cm sıra arası konusundan sırasıyla 1.03 kg/m³ ve WUE= 0.48 kg/m³ elde edilmiştir. Sıra arası 40 cm olan konularda su kullanım etkinliği bu iki grup arasında yer almakta olup bu konu için IWUE= 1.17 kg/m³ ve WUE= 0.56 kg/m³'tür. Bu sonuçlara göre verim açısından toprak ve su potansiyelini en iyi şekilde 30 cm ekim konusu değerlendirmiştir.

Kuru fasulyenin su kullanım etkinliği 0.3-0.6 kg/m³ arasında değiştiği ifade edilmiştir [76], [77]. Kuru fasulye su kullanım etkinliği çeşitlere göre değişmektedir. Su stresi olmayan şartlarda 6 farklı fasulye çeşidi için 1. ve 2.yıllarda su kullanım etkinliği 0.34-0.54 kg/m³ ve 0.67-1.09 kg/m³ arasında değiştiği saptanmıştır [17]. Bir çalışmada fasulyenin su stresi altında su kullanım etkinliğinin değişmediği bildirilmiştir. Çalışmanın ilk yılında 1 m² alanda 10.5 bitki ve ikinci yılında 33.3 bitki bulunmakta olup 1.yıl WUE= 0.26 kg/m³ ve 2.yıl WUE= 0.34 kg/m³ şeklinde belirlenmiş ve her iki yıl arasındaki bu farkın muhtemelen birim alandaki bitki sayısının artmasından ve 2.yıl bir miktar yeraltı suyu katkısı tarafından neden olduğu ifade edilmiştir [19].

Su kullanım etkinliğini artırmak için drenaj, yüzey akış, derine sızma gibi su kayıplarına karşın bitki tarafından terlemeyle tüketilen su miktarını artıran teknolojilerin adapte edilmesi takip edilecek birinci yaklaşımdır. İkinci ve üçüncü yaklaşım ise terlemeyle tüketilen birim suya karşılık bitkilerin daha fazla canlı kütle ve verim verme kapasitesinin artırılması ve toplam canlı kütlede hasat indeksi oranının yükseltilmesi şeklinde ileri sürülmektedir. Uygun ekim normu kullanımıyla toprak yüzeyinden evaporasyonun azalması ve buna karşın bitki tarafından transpirasyonla su kaybının artırılmaya gidilmesi bu yaklaşımlardan ilkinde girmektedir [78], [79]. Orta Anadolu’da sulu şartlarda Alberto çeşidi fasulye için sıra arası 30 cm ekilmesi su kullanım etkinliğini artırmıştır.

3.12. Verim Tepki Faktörü

Bitki su tüketimindeki oransal azalmaya ($\Delta ET/ET_m$) karşılık verimdeki oransal azalmayı ($\Delta Y/Y_m$) ilişkilendiren verim tepki faktörü (k_y) Şekil 3.14’de gösterilmiştir. Tüm deneme verileri dikkate alındığında Alberto çeşidi fasulye için verim tepki faktörü $k_y = 1.69$ olarak saptanmıştır. Yani bitki su ihtiyacı bir birim kesildiği zaman bitki bunun 1.69 katı daha düşük verim vermiştir. Kesinti yapılan sudan daha fazla oranda verim kaybı belirlendiği için Alberto çeşidi kuru fasulye, suya karşı çok duyarlı bir bitkidir. Tüm gelişme dönemi için kuru fasulye verim tepki faktörünün $k_y = 1.15$ olduğu ve bu nedenle su stresine karşı hassas bir bitki olduğu ifade edilmiştir [76]. Tekirdağ’da yapılan bir araştırma sonucunda kuru fasulye için verim tepki faktörü $k_y = 1.04$ saptanmıştır [10]. Yeşil fasulye için verim tepki faktörünün $k_y = 1.23$ olduğu bildirilmiştir [51]. En yüksek kuru fasulye veriminin elde edildiği sıra arası 30 cm konusu için $k_y = 1.22$ değeri dikkate alındığında bu çalışmada bulunan verim tepki faktörünün, yukarıda verilen literatür değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 3.14. Alberto çeşidi kuru fasulyenin tüm verilere göre ve farklı sıra arası ekim konularına göre verim tepki faktörü (k_y)

Bitki sıra arası mesafesinin artmasıyla birlikte birim alandaki bitki sayısı azalmış ve tek bir bitkiden elde edilen verim Şekil 3.14’ deki gibi bir miktar artmasına karşılık birim alandan elde edilen verim azalmıştır. Şekil 3.14’ deki ilişkilerden de görülebileceği gibi verim tepki faktörü 30 cm için $k_y = 1.22$, 40 cm için $k_y = 1.53$, 50 cm için $k_y = 1.68$ ve çift sıra için ise $k_y = 1.29$ şeklinde saptanmıştır. Bitki sıra arası mesafe arttıkça bitkinin suya

olan duyarlılığı da artmış ve daha yüksek oranda verim kaybı yaşanmıştır. Bu çalışmada bloklarda sulama uygulamaları yer almış ve her blok altında sıra arası konuları 3 farklı parselde tesadüfen dağıtılmıştır. Dolayısıyla tüm sıra arası konularına aynı su miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Artan sıra arasıyla birlikte bitkinin suya karşı olan duyarlılığının artışının nedeni bitki evapotranspirasyonu içerisinde evaporasyon bileşenin artması buna karşın transpirasyon bileşenin azalmasından kaynaklandığı söylenebilir. Dar sıra arası konularında toprak yüzeyinin büyük bir kısmının bitki kanopisi tarafından gölgelenmesi sonucu toprak evaporasyonu azaltırken sıra aralarının açılmasıyla birlikte doğrudan güneşlenmenin etkisiyle toprak evaporasyonu artmaktadır.

Ekimde evapotranspirasyonun neredeyse %100'ünün evaporasyondan kaynaklandığını buna karşın tam örtü döneminde evapotranspirasyonun %90'dan fazlasının transpirasyondan kaynaklandığı belirtilmektedir [8]. Birim alanda (1 m^2) 14 fasulye bitkisi olan konularda çimlenme çıkıştan 75 gün sonra yer örtü oranının en fazla %70'e ulaştığını ancak birim alanda 28 bitki bulunan konularda ise çimlenme çıkıştan 45 gün sonra %80'lik yer örtü oranına ulaşıldığını saptanmıştır. Birim alanda 14 bitki olan konuda maksimum bitki biokütlesine (490.5 g/m^2) çıkıştan 65 gün sonra erişilirken birim alanda 28 bitki olan konuda maksimum biokütle (601.5 g/m^2) çıkıştan 57 gün sonra erişilmiştir [12].

Brezilya'da yürütülen bir çalışmada birim alanda 14 bitki/m^2 ve 28 bitki/m^2 konularının fasulyede su tüketimine olan etkileri araştırılmıştır. Bitki su tüketimi ve verimi 1.ekim sıklığı için 342 mm ve 212.6 kg/da ve 2.ekim sıklığı için 348 mm ve 213 kg/da şeklinde belirlenmiş olup tüm gelişme dönemi için ortalama bitki katsayıları (K_c) sırasıyla 0.84 ve 0.67 şeklinde saptanmıştır [12].

4. BÖLÜM

BULGULAR VE ÖNERİLER

Orta Anadolu şartlarında Kayseri’de kuru fasulye su tüketimi 460 mm civarındadır. Artan su stresiyle birlikte fasulye verimi ve kalitesi azalmıştır. Bitki su tüketiminde %40 oranında azalma meydana gelmesine göre %100 sulama sonucunda verim %161 artmıştır. Kuru tarım koşullarına göre sulamayla birlikte kuru fasulye verimi çok daha artacaktır. Artan su stresiyle birlikte fasulye bakla sayısında, bakla tane sayısında ve tane ağırlığında azalmalar meydana gelmiştir. Artan bitki sıra arası mesafesiyle birlikte bitki başına alınan verimde artışlar olmasına karşın birim alandaki bitki sayısının azalmasından dolayı toplam verimde önemli düşüşler gözlenmiştir. Fasulye kuraklığa duyarlı bir bitkidir. Artan sıra arası ekim mesafesiyle birlikte bitkinin kuraklığa duyarlılığı da artmıştır. Bu duyarlılık artışında geniş bitki sıra aralarından meydana gelen evaporasyon kayıplarının etkili olduğu düşünülmektedir. Sık ekimle birlikte bitki sulama suyu kullanım etkinliği ve su kullanım etkinliği artmıştır. Verimi artırma eğilimi göstermesi, suyu daha etkin kullanması ve su stresine karşı nispeten daha az duyarlı olması nedeniyle bodur fasulye için Orta Anadolu’da 30 cm dolaylarında sık ekimin en iyi sonucu vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Graham, P. H., & Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, 53(1), 131-146.
2. Singh, S.P., Teran, H., Munoz, C.G., Takegami, J.G., 1999. Twocycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, 39: 391-397.
3. Anonymous, 2015. (<http://faostat.fao.org/beta/en/?#data/QC/visualize>), (Eriřim Tarihi; 10.10.2015)
4. Anonymous, 2016. (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001), (Eriřim Tarihi;30.10.2016)
5. Anonymous, 2016. (<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>), (Eriřim Tarihi: 18.10.2016)
6. Doorenbos J., Kassam A.H., 1986. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome.
7. Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1989. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No.29, Rome.
8. 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.
9. Özcan, L., Özdemir S., 1996. Ekim sıklığının fasulyede verim ve verimle ilgili karakterlere etkisi. **Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü**, 6 (1): 17-24.
10. Şehirali, S., Erdem, T., Erdem, Y., Kenar, D., 2005. Damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) su kullanım özellikleri. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 11 (2): 212-216.
11. Köksal E.S., Üstün H., İlbeyi A., 2010. Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi**, 24(1): 25-36.
12. Medeiros, C.A., Armuda F.B., Sakai, E., Fuihiwara, M., 2001. The Influence of Crop Canopy on Evapotranspiration and Crop Coefficient of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultural Water Management**, 49: 211-224.

13. Güvenç, İ., 1993. Farklı Sulama Seviyelerinin Erzurum’da Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* cv. Kızılhaç)’de Bitki Gelişmesine, Verime ve Bazı Mineral Madde İçeriğine Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, 130 s.
14. Acosta Gallegos, J.A., Shibata, J.K., 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Field Crops Research**, **20** (2): 81-93.
15. Çamoğlu G., Genç L., 2013. Taze fasulyede su stresinin belirlenmesinde termal görüntülerin ve spektral verilerin kullanımı. **ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, **1** (1): 15-27.
16. Ünüvar, Y., 2010. Farklı sulama programlarının fasulye verimine ve su tüketimine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Konya, 39 s.
17. 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-stressed environments. **Euphytica**, **155** (3): 393-402.
18. Tesfaye, K., Walker, S., Tsubo, M., 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. **European Journal of Agronomy**, **25** (1): 60-70.
19. Webber, H.A., Madramootoo, C.A., Bourgault, M., Horst, M.G., Stulina, G., Smith, D.L., 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, **86**: 259-268.
20. Kınacı, G., Akın, A., Kınacı, E., 2008. Farklı sulama rejimlerinin kuru fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) fiziksel kalite özellikleri üzerine etkileri. **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, **4**(2): 179-186.
21. Ülker, M., Ceyhan, E., 2008. Orta anadolu ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **22** (46): 77-89.

22. 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.
23. Redden, R.J., Usher, T., Younger, D., Mayer, R., Hall, B., Fernandes, A., Kirkton, D., 1987. Response of navy beans to row width and plant population density in Queensland. **Aust. J. Exp. Agric.**, 27: 455-463.
24. Grafton , K.F., Schneiter, A.A., Nagle, B.J., 1988. Row spacing, plant population, and genotype row spacing interaction effects on yield and yield compenents of dry bean. **Agronomy Journal**, 80: 631-634.
25. Malik, V.S., Swanton, C.J., Michaels, T.E., 1993. Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing, and seeding density with annual weeds. **Weed Science**, 41: 62-68.
26. Park, S.J., 1993. Response of bush and upright type selections to white mold and seed yield of common beans grown in various row widths in southwest Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, 73: 265-272.
27. Shirliffe, S.J., Johnston, A.M., 2002. Yield-density relationships and optimum plant populations in two cultivars of solid-seeded dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in -Saskatchewan. **Canadian Journal of Plant Science**, 82 (3): 521-529.
28. Nienhuis, J., Singh, S.P., 1985. Effects of locations and plant density on yield and arthitectural traits in dry beans. **Crop Science**, 25: 579-584.
29. Düzdemir, O., Akdağ, C., 2001. Türkiye kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gen kaynaklarının karakterizasyonu: II.verim ve diğer bazı özellikleri. **GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 18(1): 101-105.
30. Yılmaz, S., 2008. Erzincan Koşullarında Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Yetiştiriciliği için Uygun Ekim Zamanı ve Çeşitlerin Belirlenmesi. Erzincan Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan, 28 s.
31. Yılmaz, N., Özkorkmaz, F., Açıkgöz, A., Uyanık, M., 2011. Ordu-Akkuş ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşit ve ekotiplerinin verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. **IX. Tarla Bitkileri Kongresi**, 12-15 Eylül, Bursa.

32. Elkoca, E., 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.
33. 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.
34. Anlarsal, A. E., Yücel, C., Özveren, D., 2000. Çukurova koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 24: 19-29.
35. Bozoğlu, H., Gülümser, A., 2000. Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Bazı tarımsal özelliklerin genotip çevre interaksiyonları ve stabilitelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. **Turkish Journal of Forestry**, 24: 211-220.
36. Karakuş, M., Çiftçi, V., Toğay, Y., Toğay, N., 2005. Van-Gevaş koşullarında farklı sıra aralıklarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) de verim ve bazı verim öğelerine etkisi. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 15 (1): 57-62.
37. Çevik, M. 2006. Kuru Fasulye Çeşitlerinde Farklı Ekim Derinliklerinin Verim ve Bazı Verim Unsurları ile Kalite Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 64 s.
38. Önder, M., Sade, A., 1996. “Yunus-90” bodur kuru fasulye çeşidinde farklı bitki sıklıklarının dane verimi ve verim unsurları üzerine etkisi. **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 9(11): 71-82.
39. Özbekmez, Y., 2015. Ordu Ekolojik Koşullarında Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşit ve Genotiplerinin Verim, Verim Öğeleri ile Tohum ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 84 s.
40. Pekşen, E., Gülümser, A., 2005. Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde verim ve verim unsurları arasındaki ilişkiler ve path analizi. **OMÜ Zir. Fak. Dergisi**, 20(3): 82-87.

41. Önder, M., Özkaynak, İ., 1994. Bakteri aşılması ve azot uygulamasının bodur kuru fasulye çeşitlerinin tane verimi ve bazı özellikleri üzerine etkileri. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **18**: 463-471.
42. Yorgancılar, Ö., Kenar, D., Şehirali S., 2003. Farklı azot dozu uygulamasının bodur fasulye çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. *Türkiye 5.Tarla Bitkileri Kongresi*, 13-17 Ekim, Diyarbakır, 555-559.
43. Anonymous, 2002. Kayseri İl Gelişme Raporu. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 265 s.
44. Ünlükara, A., 2014. Referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı. *12. Ulusal Kültür Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs Tekirdağ, 84-89.
45. Evett, S.R, 2007. Soil water and monitoring technology, pp. 25-84. In: Irrigation of Agricultural Crops (Eds. R.J. Laskano, R.E. Sojka). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
46. James L.G., 1988. Principles of farm irrigation system design. John Wiley and Sons Limited. Singapore, 512 pp.
47. Howell, T.A., Cuensa, R.H., Solomon, K.H., 1992. Crop yield response, pp. 95-122. In: Management of Farm Irrigation Systems (Eds. G.J. Hoffman, T.A. Howell, K.H. Solomon). ASAE Monograph Number 9, ASAE 2950 Niles Road St. Joseph.
48. 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.
49. Yıldırım, A. N., 1994. Sulama Yöntemi ve Sulama Suyu Miktarının Taze Fasulye Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 75 s.
50. Gençdoğan, C., Altunbey, H., Gençdoğan, S., 2006. Response of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation. **Agricultural Water Management**, **84**: 274-280.

51. 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.
52. 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**: 95-102.
53. Akdağ C. ve Şahin M., 1994. Tokat şartlarına uygun kuru fasulye çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **11**: 101 - 111.
54. Duarte, R.A., Adams, M.W., 1972. A path coefficient analysis in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, **12**: 579-582.
55. Şehirali, S., 1980. Bodur fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L. Var. Namus Dekap) ekim sıklığının verimle ilgili bazı karakterler üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 738, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 29, Ankara.
56. Kurek, A.J., Carvalho, F.I.F., de Assmann, I.C., Marchioro, V.S., Cruz, P.J., 2001. Path analysis as indirect selection criterion for bean grain yield. **Revista Brasileira de Agrociencia**, **7**(1): 29-32.
57. Yılmaz N., Özkorkmaz Atıcı F., Öner F., 2014. Determination of yield and yield compenents in some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under giresun conditions. **Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences**, **1**: 1093-1096.
58. Zeytun, A., Gülümser, A., 1988. Çarşamba Ovası'nda yetiştirilen fasulye çeşitlerinin fenolojik ve morfolojik karakterlerinin tespiti üzerine bir araştırma. **OMÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi**, **3**(1): 83-98.
59. Stewart-Williams, K., Myers, J.R., 1992. Effect of population on seed size in dry bean. **Annual Report Bean Improvement Cooperation**, **35**: 76-77.
60. Önder, M., Şentürk, D., 1996. Ekim zamanlarının bodur kuru fasulye çeşitlerinde dane ve protein verimi ile verim unsurlarına etkisi. **SÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, **10**(13): 7-18.

61. Düzdemir, O., 1998. Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Verim ve Diğer Bazı Özellikler Üzerine Bir Araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 64 s.
62. Akçin, A., Işık, Y., 1995. Konya ekolojik şartlarında azotlu gübre uygulaması ve bakteri ile aşılamanın nohut çeşitlerinin (*Cicer arietinum* L.) dane verimi, danenin kimyasal kompozisyonu ve morfolojik karakterler üzerine etkileri. **SÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 6(8): 146-159.
63. Kahraman, A., 2008. Konya Bölgesinde Yetiştirilen Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Populasyonlarının Genetik Farklılıklarının ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 235 s.
64. Varankaya, S., 2011. Yozgat Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 44 s.
65. Akçin, A., 1973. Erzurum şartlarında yetiştirilen kuru fasulye çeşitlerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu çeşitlerin bazı fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerine bir araştırma. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 4 (2): 65-76.
66. Dwivedi, D.K., Singh, H., Singh, K.M., Shahi, B., Rai, J.N., 1994. Response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to population densities and nitrogen levels under mid upland situation in north-east alluvial plains of Bihar. **Indian Journal of Agronomy**, 39(4): 581-583.
67. Deshpande, S.B., Jadhav, A.S., Deokar, A.B., 1995. Effect of phosphorus and intra row spacing on the yield of French bean. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, 20(3): 423-425.
68. Chatterjee, R., Som, M.G., 1991. Response of french bean to different rates of phosphorus, potassium and plant spacing. **Crop Research Hisar**, 4 (2): 214-217.
69. Singh, D.P., Rajput, A.L., Singh, S.K., 1996. Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to spacing and nitrogen levels. **Indian Journal of Agronomy**, 41 (4): 608-610.

70. Akdağ, C., Tayyar., İ., 1996. Tokat ekolojik şartlarında kuru fasulye için en uygun ekim sıklığının belirlenmesi üzerine bir çalışma. **Türk Tarım ve Ormancılık**, **20** (1): 199-205.
71. Ağsakallı, A., Acar, A., Doğan, H. M., 1990. Erzurum şartlarında kuru şeker fasulye için en uygun ekim sıklığının tespiti. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları No:6, Erzurum. 24 s.
72. Bourillett, D., 1989. Sowing beans. Narrower row spacing. Unilec infarmations, 63: 16-17.
73. Das, S.N., Mukherjee, A.K., Nanda, M.K., 1996. Effect of dates of sowing and row spacings on yield attributing factors of different varieties of French bean. **Agricultural Sience Digest Karnal**, **16**(2): 130-132.
74. Koli, B.D., Shaikh, A.A., Akashe, V.B., 1996. Uptake pattern of N, P and K of French bean as influenced by row spacing, plant densities and nitrogen levels. **PKV Research Journal**, **20**(1):80-81.
75. Westermann, D.T., Crothers, S.E., 1977. Plant population effects on the seed yield components of beans. **Crop Science**, **17**: 493-496.
76. Doorenbos, J. and A. H. Kassam., 1979. Yield response to water. fao irrigation and drainage paper No: 33, 257 Rome, 198 pp.
77. Mahlooji M., Mousavi S.F., Karimi M., 2000. The effects of water stress and planting date on yield and yield compenents of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **J Sci Technol Agric Nature Res**, **4**: 57-68.
78. Wallace, J.S., 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. **Agricultural Ecosystem and Environment**, **82**: 105-119.
79. Passioura, J., 2004. Water use efficiency in the farmers, field. In 'Water use efficiency in plant biology,.(Ed. MA Bacon) pp. 302-321.

EKLER

Ek 1. Varyans Analiz Tablosu

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
Bitki Boyu					
Su stresi (SS)	262.68	3	87.56	0.943	0.437
Ekim normu (EN)	88.77	3	29.59	0.319	0.812
SS×EN	168.61	9	18.73	0.202	0.991
Boğum Sayısı					
Su stresi (SS)	9.08	3	3.03	1.38	0.271
Ekim normu (EN)	3.66	3	1.22	0.56	0.649
SS×EN	19.75	9	2.20	1.00	0.463
Dal Sayısı					
Su stresi (SS)	0.38	3	0.125	2.231	0.108
Ekim normu (EN)	0.093	3	0.031	0.556	0.649
SS×EN	0.455	9	0.051	0.901	0.538
Bitki Bakla Sayısı					
Su stresi (SS)	536.14	3	178.72	8.66	0.000
Ekim normu (EN)	116.60	3	38.87	1.88	0.157
SS×EN	99.89	9	11.10	0.54	0.834
Bakla Tohum Sayısı					
Su stresi (SS)	11117	3	3705.6	9.08	0.000
Ekim normu (EN)	2362.6	3	787.53	1.93	0.149
SS×EN	1561.2	9	173.5	0.43	0.909
Bitki Tohum Verimi					
Su stresi (SS)	800.1	3	266.7	15.65	0.000
Ekim normu (EN)	157.73	3	52.56	3.085	0.044
SS×EN	97.53	9	10.84	0.64	0.76
Protein Oranı					
Su stresi (SS)	11.375	3	3.79	2.505	0.082
Ekim normu (EN)	3.621	3	1.207	0.797	0.507
SS×EN	15.622	9	1.736	1.147	0.369
Yüz Tane Ağırlığı					
Su stresi (SS)	215.2	3	71.73	23.62	0.000
Ekim normu (EN)	5.613	3	1.871	0.616	0.611
SS×EN	22.49	9	2.498	0.823	0.601
Bitki Su Tüketimi					
Su stresi (SS)	201225	3	67075	505.3	0.000
Ekim normu (EN)	225.4	3	75.14	0.57	0.642
SS×EN	66.66	9	7.41	0.56	1.000
Tohum Verimi					
Su stresi (SS)	165727	3	55243	14.73	0.000
Ekim normu (EN)	53485	3	17828	4.75	0.009
SS×EN	11640	9	1293	0.345	0.951

Ek 1. Varyans Analiz Tablosu devamı

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
Sulama Suyu Kullanım Etkinliği					
Su stresi (SS)	1.909	3	0.636	6.098	0.003
Ekim normu (EN)	1.880	3	0.627	6.008	0.003
SS×EN	0.624	9	0.069	0.665	0.733
Su Kullanım Etkinliği					
Su stresi (SS)	0.334	3	0.111	5.246	0.006
Ekim normu (EN)	0.361	3	0.120	5.664	0.004
SS×EN	0.084	9	0.009	0.441	0.900

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ömer AKSU
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 18/09/1987 SURUÇ
Medeni Durumu : Bekar
Telefon : 05424249596
e-mail : omeraksuedu@gmail.com
Yazışma Adresi : Hürriyet Mahallesi Helin Sok No: 1 Suruç-ŞANLIURFA

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	E.R.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü	2016
	Biyosistem Mühendisliği (Kayseri)	
Lisans	Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi	2014

YABANCI DİL

İngilizce