



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DÖNEMSEL SU STRESİNİN FARKLI GELİŞME
TIPLERİNDEKİ ŞEKER KURU FASULYEDE
VERİM VE KALİTEYE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf BAKSİ

Danışman: Doç. Dr. İbrahim SAYGILI

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Murat CÖMERT

TOKAT-2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. İbrahim SAYGILI danışmanlığında hazırlamıŐ olduğum “Dönemsel Su Stresinin Farklı Gelişme Tiplerindeki Şeker Kuru Fasulyede Verim ve Kaliteye Etkileri” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

16/04/2025

Yusuf BAKŐİ



JÜRİ KABUL VE ONAY

Yusuf BAKSİ tarafından hazırlanan “**Dönemsel Su Stresinin Farklı Gelişme Tiplerindeki Şeker Kuru Fasulyede Verim ve Kaliteye Etkileri**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 16.04.2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) :

Üye :

Üye (Danışman):

ONAY

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

DÖNEMSEL SU STRESİNİN FARKLI GELİŞME TİPLERİNDEKİ ŞEKER KURU FASULYEDE VERİM VE KALİTEYE ETKİLERİ

Baksi, Yusuf

Yüksek Lisans Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim SAYGILI
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Murat CÖMERT
Nisan 2025, xii+66 sayfa

Tarımsal su kullanımını kontrollü bir şekilde planlanması gereken önemli bir konudur. Bu araştırma fasulyede dönemsel su kısıntısının verim ve kaliteye etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu çalışmada bodur (Erzincan Şeker, Kurtuluş), yarı sarılıcı (Gündoğan) ve sarılıcı (Bulduk) gelişme tipindeki dört fasulye çeşidine tam sulama (TS) ve su stresi (S₁, S₂, S₃) uygulanmıştır. Tarla denemesi 2023 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada çiçeklenme süresi 43.0-50.1 gün, bakla oluşumu 50.1-60.1 gün, yaprak sıcaklığı 30.1-37.8 °C, SPAD indeksi 33.6-44.4, maksimum PSII kuantum etkinliği 0.591-0.752, olgunlaşma süresi 93.3-114.0 gün, bitki boyu 58.5-318.3 cm, bitkide bakla sayısı 14.3-48.1 adet, baklada tane sayısı 3.1-6.0, biyolojik verim 758.3-3954.3 kg/da, tane verimi 285.3-578.3 kg/da, hasat indeksi %12.6-44.5, yüz tane ağırlığı 32.8-57.5 g, protein oranı %25.2-28.3, su alma kapasitesi %34.0-67.0, su alma indeksi %102-115, pişme süresi 15.0-20.1 dk ve kabuk oranı %6.0-7.3 arasında değişmiştir. En yüksek tane verimi Kurtuluş ve Bulduk çeşitlerinde belirlenmiştir. Su stresi uygulamalarında en yüksek tane verimi S₂, yani çiçeklenme başlangıcı-bakla oluşumunda su stresi uygulanıp bakla oluşumu sonrasında tam sulama uygulamasında görülmüştür. Dönemsel olarak değerlendirildiğinde, fasulyede sadece çiçeklenme döneminde uygulanan stres, sadece bakla oluşumu dönemine uygulanana göre bitkilerde daha tolere edilebilir sonuçlara neden olmuştur. S₂ uygulamasında TS konusuna göre %14 su tasarrufu ve %16 daha yüksek verim elde edilmiştir. Sonuçlara göre, S₂ uygulaması sadece daha fazla fasulye üretimi için değil aynı zamanda daha sürdürülebilir çevre için de en uygun sulama programı niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık Stresi, Klorofil, Yaprak Sıcaklığı, Sulama

ABSTRACT

PERIODIC WATER STRESS EFFECTS ON YIELD AND QUALITY OF 'ŞEKER' DRY BEAN WITH VARIOUS GROWTH HABITS

Baksi, Yusuf

Master's Thesis, Department of Field Crops

Advisor: Assoc. Prof. Dr İbrahim SAYGILI

Co-Advisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Murat CÖMERT

April 2025, xii+66 pages

Agricultural water use is an essential issue and needs to be organized in a controlled approach. This study was conducted to determine the effect of periodic deficit irrigations on yield and quality of beans. In the present study, full irrigation (TS) and periodic deficit irrigations (S₁, S₂, S₃) were applied to four bean varieties with bush (Erzincan Şeker, Kurtuluş), semi-climber (Gündoğan) and climber (Bulduk) growth types. The field trial was conducted in Tokat Gaziosmanpaşa University Agricultural Application and Research Center in 2023 with three replications according to the split-plot experimental design in randomized blocks. In the study, flowering period were between 43.0-50.1 days, pod formation 50.1-60.1 days, leaf temperature 30.1-37.8 °C, SPAD index 33.6-44.4, maximum PSII quantum efficiency 0.591-0.752, maturity period 93.3-114.0 days, plant height 58.5-318.3 cm, number of pods per plant 14.3-48.1, number of seed per pod 3. 1-6.0, biological yield 758.3-3954.3 kg/ha, grain yield 285.3-578.3 kg/ha, harvest index 12.6-44.5%, hundred seed weight 32.8-57.5 g, protein content 25.2-28.3%, water uptake capacity 34.0-67.0%, water uptake index 102-115%, cooking time 15.0-20.1 min and husk percentage 6.0-7.3%. The highest grain yield was determined in cultivars Kurtuluş and Bulduk. In water stress treatments, the highest grain yield was observed in S₂, i.e. water stress at the beginning of flowering - pod formation and full irrigation after pod formation. When considered periodically, the stress applied only during the flowering period caused more tolerable results in bean plants than the stress applied only during the pod formation period. In S₂ treatment, 14% water was saved and 16% higher yield was obtained than TS treatment. The results suggest that S₂ treatment is the most suitable irrigation program for more bean production and a more sustainable environment.

Keywords: Drought stress, Chlorophyll, Leaf Temperature, Irrigation

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda bana her türlü bilimsel katkıda bulunan, beni aydınlatan ve yakından ilgilenen danışman hocam Doç. Dr. İbrahim Saygılı ve sulama konusunda bilgi ve tecrübelerini aktaran ikinci danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Murat Cömert hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Değerli yorumları ve tecrübelerini paylaşan jüri üyeleri Prof. Dr. Fahri Sönmez ve Prof. Dr. Hatice Bozoğlu hocalarıma minnettarım. 2023/45 proje numarasıyla çalışmayı destekleyen Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kurul komitesine teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam sırasında bana manevi destek ve fiziksel yardımlarını eksik etmeyen Zir. Yük. Müh. Mazlum Erdem, Zir. Yük. Müh. Nurselin Yılmaz, Nurten İştâr ve Tarık Yanmaz'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamın sonuna kadar beni destekleyen ve her zaman yanımda duran aileme teşekkür ederim.

Yusuf BAKSİ

16 Nisan 2025

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME	i
JÜRİ KABUL VE ONAY.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Bitki Materyali	14
3.2. Deneme Alanı İklim ve Toprak Özellikleri.....	14
3.2.1. Deneme alanı iklimi	15
3.2.2. Deneme alanı toprak özellikleri	16
3.3. Ekim, Bakım, Hasat ve Sulama	16
3.4. İncelenen Gözlem, Ölçüm ve Analizler	18
3.5. Verilerin Değerlendirilmesi.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Çiçeklenme Süresi.....	22
4.2. Bakla Oluşum Süresi.....	23
4.3. Yaprak Sıcaklığı.....	25
4.4. SPAD İndeksi.....	30
4.5. Maksimum PSII Kuantum Etkinliği	34
4.6. Olgunlaşma Süresi	38
4.7. Bitki Boyu.....	39
4.8. Bitkide Bakla Sayısı.....	41
4.9. Baklada Tane Sayısı.....	42

4.10.Biyolojik Verim	44
4.11.Tane Verimi	45
4.12.Hasat İndeksi.....	47
4.13.100 Tane Oranı.....	49
4.14.Protein Oranı	51
4.15.Su Alma Kapasitesi	52
4.16.Su Alma İndeksi.....	53
4.17.Pişme Süresi.....	54
4.18.Kabuk Oranı	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
6. KAYNAKLAR	60

SİMGELER ve KISALTMALAR

g	: Gram
kg	: Kilogram
da	: Dekar
ha	: Hektar
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
%	: Yüzde
L	: Litre
°C	: Santigrat derece
F ₀	: Başlangıç floresan
F _m	: Maksimum floresan
F _v	: Değişken floresan
Enst.	: Enstitü
pH	: Hidrojen potansiyeli
TS	: Tam Sulama
S	: Sulama
K ₂ O	: Potasyumoksit
P ₂ O ₅	: Fosforpentaoksit
H ₂ SO ₄	: Sülfürikasit
NaOH	: Sodyumhidroksit
SPAD	: (Single-photon avalanche diode) Tek Foton Çığ Diyotu
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü deneme arazisi.....	15
Şekil 3.2. Araştırma alanının yağış ve sıcaklık değerleri	15
Şekil 3.3. Deneme alanına ait bitkilerin farklı dönem görüntüleri	18



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan çeşitlere ait bilgiler	14
Çizelge 3.2. Deneme alanı toprağına ait fiziki ve kimyasal özellikler	16
Çizelge 3.3. Su stresi deneme konuları ve kısaltmaları	18
Çizelge 4.1. Çiçeklenme süresi varyans analizi sonuçları	22
Çizelge 4.2 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında çiçeklenme süreleri (gün)	23
Çizelge 4.3 Bakla oluşum süresi varyans analizi sonuçları	24
Çizelge 4.4 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında bakla oluşum süreleri (gün)	25
Çizelge 4.5 Yaprak sıcaklığı I. dönem varyans analizi sonuçları	25
Çizelge 4.6 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) I. dönem değerleri	26
Çizelge 4.7 Yaprak sıcaklığı II. dönem varyans analizi sonuçları	26
Çizelge 4.8 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) II. dönem değerleri	27
Çizelge 4.9 Yaprak sıcaklığı III. dönem varyans analizi sonuçları	27
Çizelge 4.10 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) III. dönem değerleri	28
Çizelge 4.11 Yaprak sıcaklığı IV. dönem varyans analizi sonuçları	28
Çizelge 4.12 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) IV. dönem değerleri	29
Çizelge 4.13 SPAD indeksi I. dönem varyans analizi sonuçları	30
Çizelge 4.14 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi I. dönem değerleri	30
Çizelge 4.15 SPAD indeksi II. dönem varyans analizi sonuçları	31
Çizelge 4.16 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi II. dönem değerleri	31
Çizelge 4.17 SPAD indeksi III. dönem varyans analizi sonuçları	32
Çizelge 4.18 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi III. dönem değerleri	32
Çizelge 4.19 SPAD indeksi IV. dönem varyans analizi sonuçları	33

Çizelge 4.20 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi IV. dönem değerleri	33
Çizelge 4.21 Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem varyans analizi sonuçları....	35
Çizelge 4.22 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem değerleri	35
Çizelge 4.23 Maksimum PSII kuantum etkinliği II. dönem varyans analizi sonuçları .	36
Çizelge 4.24 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem değerleri	36
Çizelge 4.25 Maksimum PSII kuantum etkinliği III. dönem varyans analizi sonuçları	37
Çizelge 4.26 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem değerleri	37
Çizelge 4.27 Olgunlaşma süresi varyans analizi sonuçları	39
Çizelge 4.28 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında olgunlaşma süreleri (gün).....	39
Çizelge 4.29 Bitki boyu varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.30 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında bitki boyları (cm).....	41
Çizelge 4.31 Bitkide bakla sayısı varyans analizi sonuçları	42
Çizelge 4.32 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında bitkide bakla sayıları.....	42
Çizelge 4.33 Baklada tane sayısı varyans analizi sonuçları	43
Çizelge 4.34 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında baklada tane sayıları	43
Çizelge 4.35 Biyolojik verim varyans analizi sonuçları	45
Çizelge 4.36 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında biyolojik verimleri (kg/da)	45
Çizelge 4.37 Tane verimi varyans analizi sonuçları	47
Çizelge 4.38 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında tane verimleri (kg/da)	47
Çizelge 4.39 Hasat indeksi varyans analizi sonuçları	49
Çizelge 4.40 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında hasat indeksleri	49
Çizelge 4.41 100 tane ağırlığı varyans analizi sonuçları	50
Çizelge 4.42 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında 100 tane ağırlıkları (g).....	50
Çizelge 4.43 Protein oranı varyans analizi sonuçları	51
Çizelge 4.44 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında protein oranları (%)	52
Çizelge 4.45 Su alma kapasitesi varyans analizi sonuçları	53
Çizelge 4.46 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında su alma kapasiteleri (g).....	53
Çizelge 4.47 Su alma indeksi varyans analizi sonuçları	54

Çizelge 4.48 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında su alma indeksleri (%).....	54
Çizelge 4.49 Pişme süresi varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.50 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında pişme süreleri (dk).....	55
Çizelge 4.51 Kabuk oranı varyans analizi sonuçları	57
Çizelge 4.52 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında kabuk oranları (%).....	57



1. GİRİŞ

Baklagiller insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Protein, vitamin ve mineraller bakımından zengin ve ucuz protein kaynağı olmasından dolayı özellikle gelişmekte olan ülkelerde baklagil tüketimi oldukça fazladır. Üretim alanı bakımından dünya çapında en çok üretilen yemeklik tane baklagil fasulyedir. Türkiye'de fasulyenin karlı bir şekilde üretilmesi için sulanarak üretilmesi gerekmektedir (Kınacı ve ark., 2008). Sulama uygulamalarının yeterli ve düzenli yapılması, fasulye üretiminde optimum verime ulaşılırken diğer tarımsal girdilerin de etkinliğinin artmasını sağlayacaktır. Türkiye'nin su kaynaklarının fakirlik sınırına yaklaştığı göz önünde bulundurulduğunda, su kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu sebepten dolayı Türkiye'de yetiştirilen bitkilerin tamamında su-verim ilişkilerinin belirlenerek sulama planlanmasının bu doğrultuda yapılması gerekmektedir (Aksu, 2016).

Fasulye, toprak suyunun daha az olduğu yaz aylarında üretildiği için sulama suyu kullanımı fazladır. Bununla birlikte suyun verim açısından belirleyici bir etmen olması, etkin sulamanın önemini daha da artırmaktadır (Hu ve Wiatrak, 2012). Fasulyenin 90-150 günlük vejetasyon süresince su kullanımı 350-500 mm arasında değişmektedir (Allen ve ark., 2000). Sulama suyu kaynaklarının azalmasından dolayı, sınırlı miktardaki suyun kritik dönemde kullanılması büyük önem arz etmektedir (Kavmaz, 2021). Kuru fasulye generatif döneme geçiş döneminde su eksikliğine oldukça hassastır. Uçar ve ark. (2009) kuru fasulyede çiçeklenme ve olgunlaşma döneminde oluşacak su eksikliğinde bitkinin strese gireceğini ve verimde azalma olacağını belirlemişlerdir. Bu yüzden bu dönemlerde sulamanın iyi organize edilmesi gerekmektedir.

Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının azalması, tarım alanında verimi ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, verim ve kalitede optimum seviyeye ulaşmak için tarımda sulamanın doğru zamanda ve yeterli bir şekilde yapılmasının sağlanması gerekmektedir (Kavmaz, 2021). Stres altındaki bitkiler, gelişimlerinin devamlılığını sağlamak için bazı fizyolojik ve biyokimyasal savunma mekanizmaları ile strese tepki verirler (Vural, 2022). Yaprak turgor basıncının düşüşü, terleme hızının artması, stoma iletkenliğinin azalması, zayıf gelişme ve stres koşullarında fotosentezi devam ettirebilme

gibi mekanizmalar su stresine tepkiler olarak örnek verilebilir (Kılıçaslan ve ark., 2020). Bitki gelişme tiplerinde (bodur, yarı sarılcı ve sarılcı) kuraklık toleransı değişebilir. Sarılcı tiplerin kuraklık toleransı yarı sarılcı ve bodur tiplere göre daha azdır. Bazı sarılcı ve yarı sarılcı tiplerde su stresinin çiçeklenme periyodunu ve olgunlaşma süresini azalttığı belirlenmiştir (Terán ve Singh, 2002). Bu yüzden sulama suyu eksikliğinin yaşandığı bölgelerde uygun gelişme tipindeki çeşitlerin tercihi ile su eksikliği toleransından daha iyi faydalanılabilir.

Dünya genelinde tarım alanlarında yaşanan su kıtlığının önemli bir sorun olduğu ve yaşanan iklim değişiklikleri ile gelecekte bu sorunun daha da kötüleşeceği öngörülmektedir (Sheikh İbrahim, 2024). Vörösmarty ve ark. (2019), su kullanımı nedeniyle dünyanın büyük bir tehdit altında olduğunu belirtmişlerdir. Artan nüfus ve küresel ısınmanın, gıda üretimi için su kullanımına önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Bu faktörlerin hava akımları, okyanus akıntıları ve atmosferdeki su buharı miktarını değiştirdiği bildirilmiştir. Gıda üretiminde yaşanabilecek sorunların su kullanımında kısıntı yapılması ve tasarruf edilen su ile daha fazla tarım alanının sulanmasıyla en aza indirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde, suyun etkin kullanımı özellikle su stresinin en zararlı olduğu kritik dönemlerde verim kayıplarını önlemeye yardımcı olabilir. Kısıntılı sulama, suyun yeterli olmadığı bölgelerde üreticilerin zorunlu tercih ettiği bir yöntemdir. Mevcut suyun etkin bir şekilde kullanılması için bitkinin su stresine en hassas olduğu periyotların bilinmesi gerekmektedir (Yazar ve ark., 1990). Pek çok araştırmacı farklı bitkilerde çiçeklenme döneminde uygulanan su stresinin verim ve kalite üzerine olumsuz etkileri olduğunu bildirmiştir (Güvenç, 1993; Çalışkan ve ark., 2018; Yavuz, 2021). Sulamada kullanılabilir suyun giderek azalması sebebiyle tarımda performansı en az etkileyen sulama stratejilerini belirleyen çalışmaların yürütülmesi zorunlu hale gelmiştir.

Fasulyede kritik bitki dönemi ve sulama miktarı ile optimize edilebilen sulama programları önemli tane kalite kriteri belirleyicisi olan tane büyüklüğünü etkilemektedir. Toprak yarayışlı su miktarı %25-50'ye düştüğünde topraktaki eksik nemin tarla

kapasitesine tamamlanması ile tane büyüklüğünün olumsuz etkilenmediği bildirilmiştir (Kınacı ve ark., 2008). Bunun yanında dönemsel sulama yetersizlikleri de tane büyüklüğünü dolayısıyla tane kalitesini azaltabilmektedir (Manjeru ve ark., 2007). Çalışkan ve ark. (2018) da su stresinin tohum iriliğini doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir. Sonuçlar şeker tipi fasulyede uygun bir sulama zamanı planlanması ile su stresinin zararının azaltılabildiğini ve önemli bir tane kalite özelliği olan tane büyüklüğünü koruyabildiğini göstermektedir.

Türkiye’de şeker kuru fasulye yoğun olarak tüketilmektedir. Şeker tipi kuru fasulyenin yoğun üretildiği alanlarda sulama suyu sorunlarının olduğu bilinmektedir. Fasulye üretiminde yetiştirme periyodu boyunca toprak tarla neminin yaklaşık tarla kapasitesine yakın tutulması gerekmektedir. Ancak bazı dönemlerde suyun daha az (kısıntılı) kullanımı fasulye bitkisinin strese girmeden hayatını devam ettirmesini sağlayabilir. Kuru fasulyede kısıntılı sulamanın etkisinin belirlendiği araştırma sayısı oldukça azdır. Şeker tip fasulyede dönemsel su stresinin etkisinin belirlendiği bir araştırma yoktur. Farklı gelişme tiplerinde su stresinin sebep olduğu etkilerin belirlendiği bir araştırmaya da rastlanmamıştır. Dahası fasulyede fotosentetik karakterler ve pişme kalitesi ile ilgili gözlemler dönemsel su eksikliğinde belirlenmemiştir. Bu çalışmanın amacı, şeker tipi sarılıcı, yarı bodur ve bodur fasulyede bitki kritik dönemlerinde uygulanan su stresinin neden olduğu verim ve kalite değişimlerini belirlemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fasulye insan beslenmesi açısından bitkisel proteini karşılaması yönüyle önemli bir bitkidir. Fasulye üretiminde yoğun girdi kullanılmamasına rağmen su yönetimi fasulye için verim kayıplarının azaltılması ve suya karşı bitki tepkilerinin belirlenmesi açısından önemli bir etkidir. İklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık, yanlış sulama uygulamaları ve artan nüfusun gıda ihtiyacı, tarımsal üretimde kullanılan su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmıştır. Türkiye’de sulama suyu varlığı gün geçtikçe azalmakta ve tarımsal sulama suyuyla ilgili kültür bitkilerinin yetiştirilmesinde önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Fasulyenin su ihtiyacının doğru belirlenmesi, suya karşı toleranslı olduğu dönemlerde kısıntı uygulamalarının yapılmasına olanak sağlarken suya karşı hassas dönemlerde kısıntı yapmayıp yüksek verim kayıplarının önüne geçilmesini sağlamaktadır.

Fasulyenin su stresine karşı tepkisi gelişme dönemlerine göre değişmekle birlikte performansını önemli ölçüde etkiler. Farklı fizyolojik dönemlerde su ihtiyaçları değişkendir. Bu yüzden az miktardaki suyu en yüksek performans için dengeli kullanmak fasulye üretimini geliştirebilir. Fasulyede farklı gelişme tiplerinin (bodur, yarı sarılıcı ve sarılıcı) değişken su ihtiyaçları da iyi bir sulama programı gerektirecektir. Farklı gelişme tiplerinde, bitki gelişiminin kritik dönemlerinde su stresinin etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu araştırmaya konu olan bazı araştırmaların bu araştırmayla ilgili bulguları aşağıda kronolojik olarak özetlenmiştir.

White ve ark. (1992), farklı büyüme tiplerinde beş yakın izogenik hat ve 19 farklı hat üzerinde çalışma yürütmüştür. Yakın izogenik hatların hiçbirinde büyüme tipinin verim üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Sarılıcı tiplerin ortalama olarak 4 gün daha erken olgunlaştığı belirlenmiştir. Sarılıcı hatların tane verimi 170 kg/da, bodur hatların ise 189 kg/da olarak bulunmuştur. Bazı bodur hatların hem verimi yüksek hem de verim stabilitesi yüksek çıkmıştır.

Güvenç (1993), Erzurum koşullarında Kızılhaç çeşidinde iki yıl farklı sulama seviyeleri ve dönemsal kombinasyonların etkilerini belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada,

çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme sonrası topraktaki faydalı nemin %25, %50 ve %75'i tüketildiğinde sulama yapmıştır. En fazla tane verimi çiçeklenme öncesi ve sonrası topraktaki faydalı nemin %50'si tüketildiği uygulamada 267.3 kg/da olarak elde edilirken en az tane verimi ise çiçeklenme öncesi ve sonrası topraktaki faydalı nemin %75'i tüketildiği uygulamada 163.1 kg/da olarak elde edilmiştir. Farklı su kullanım oranlarına göre tane veriminde %40'a varan kayıplar olduğu belirlenmiştir.

Boutraa ve Sanders (2001), çiçeklenme ve bakla oluşum döneminde uygulanan su stresinin fasulyede verim ve kaliteye etkisini belirlemek amacıyla yürüttüğü araştırmasında, su stresinin kaliteyi olumsuz etkilediğini belirlemiş, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, tohum ağırlığı gibi verim bileşenlerinde önemli azalmalara neden olduğunu bildirmiştir. Su stresi hasat indeksinde etki göstermezken, olgunlaşma süresi çiçeklenme döneminde uygulanan strese bağlı olarak uzamıştır. Araştırmacı özellikle bakla oluşum döneminde uygulanan stresin daha etkili olduğunu tespit etmiştir.

Şehirli ve ark. (2005), fasulyenin su kullanımını belirlemek amacıyla damla sulama yöntemiyle, topraktaki faydalı nemin %50'si tüketildiğinde eksilen nemin %0, %25, %50, %75 ve %100'ü oranında su uyguladıkları bir araştırma yürütmüşlerdir. Bulgular su stresinin bitki boyunu, yüz tane ağırlığını, bitkide bakla sayısı ve baklada tane sayısını önemli derecede etkilediğini göstermektedir. Stres arttıkça tane verimi de azalmıştır. Elde edilen veriler sonucunda eksilen nemin %100 ve %75'i uygulandığı konularda fark görülmezken, diğer seviyelerde verilen su miktarı azaldıkça incelenen verim bileşenleri de azalmıştır. Sonuçlar su stresinin fasulyede belli bir su miktarı seviyesinden sonra verimi önemli derecede etkilediğini ortaya koymuştur.

Muñoz-Perea ve ark. (2006), 16 fasulye çeşidinin tam sulama ve belirli aralıklarla uyguladıkları su stresine tepkilerini belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Su stresinin biyolojik verimi, tane verimini, yüz tane ağırlığını ve hasat indeksini önemli derecede azalttığı belirlenmiştir. Su stresi tane veriminde ilk yıl %62, ikinci yıl %27 azalmaya neden olmuştur. Su stresi altında olgunlaşma süresi daha uzun sürmüştür. Araştırmacılar erkenci çeşitlerin geliştirilip üretilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Singh (2007), su stresinin olgunlaşma süresi ve tane verimine etkisini değerlendirmek ve dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Çalışmada 20 fasulye çeşidine kontrol sulaması ve su stresi uygulanmıştır. Uygulanan stres sonucunda tane veriminde %60, 100 tane ağırlığında %14 azalma ve olgunlaşma süresinde kontrol grubuna göre 4 gün erkencilik tespit edilmiştir. Su stresi uygulaması çeşitler arasında verim farklılıkları meydana getirmiş ve kuraklığa dayanıklı dört genotip belirlenmiştir.

Beebe ve ark. (2008), ileri hatların kuraklık toleransını belirlemek için yürüttükleri çalışmada, toleranslı hatların kuraklık şartlarında kontrol çeşitlerden önemli derece daha fazla verim (%15-25) verdiklerini bildirmişlerdir. Kuraklığa toleranslı genotiplerin belirlenmesi için kısıntılı sulama uygulamalarının etkin şekilde kullanılabileceğini, değişen sulama seviyelerinin daha iyi şartlarda performansı belirlemek için gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Urrea ve ark. (2009), on fasulye çeşidinde su stresinin verim ve kalite parametrelerine etkisini belirlemek amacıyla kontrollü bir şekilde tam sulama ve su stresi uygulanan bir araştırma yürütmüşlerdir. Su stresi uygulamasında kontrole göre verimde %60, tohum ağırlığında %19.2 azalma görülürken, 4 gün erken olgunlaşma daha erken belirlenmiştir. Kuraklığa toleranslı olarak belirlenen çeşitlerin ise bir ıslah programı içerisinde geliştirilmesi önerilmiştir.

Mafakheri ve ark. (2010), üç nohut çeşidinde kuraklık stresi altında prolin, klorofil içeriği, stoma iletkenliği ve verim gibi karakterlerin değişimini belirlemek için dört sulama konusu (tam sulama, vejetatif dönem, generatif dönem ve vejetatif-generatif geçiş dönemi) uygulamışlardır. Vejetatif ve generatif dönemde uygulanan stres klorofil oranını azaltmıştır. Su stresi uygulamalarında tane veriminin tam sulamaya göre daha az olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar generatif dönemde uygulanan su stresinin diğer dönemlere göre verim ve diğer parametreleri daha olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

Garcia ve ark. (2012), kuru fasulyedeki pişme süresine bağlı kantitatif özellikleri belirlemek için 140 hattan oluşan SSR markörlerini haritalamayı hedeflemişlerdir. Elde edilen veriler tane su emilimi ve pişme sürelerinde önemli bir fark olmadığını

göstermiştir. Pişme sürelerinin ortalama 17-35 dakika arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Aydoğan ve Turhan (2012), 15 şeker ve farklı tip fasulye çeşitlerinde su basması toleransı ve geri kazanımlarını belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Fasulye fideleri 3-4 yapraklı dönemde 7 gün boyunca su basması uygulanmış ve 7 gün geri kazanımları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre su basması uygulamasında yaş ağırlıkları, kuru ağırlıkları, kök ağırlıkları ve klorofil miktarları önemli derecede azalmıştır. Geri kazanımla birlikte değerlerin normale yakın düzeldiği belirlenmiştir. Araştırmacılar şeker tipi fasulyenin göreceli olarak toleranslı olduğunu bildirmişlerdir.

Emam ve ark. (2012), sarılıcı ve bodur olmak üzere iki farklı gelişme tipindeki fasulye çeşitlerinin su stresine tepkilerini belirlemek için toprağın tarla kapasitesine göre eksilen nemin %100, %75, %50 ve %25'i verilerek sulama programları uygulanmıştır. Kuraklık stresinde her iki gelişme tipindeki fasulyelerin bitki boyu, bakla sayısı, yaprak alanı ve bitki ağırlığında önemli düşüşler olduğu görülmüştür. %25 ve %50 düzeyinde sulama uygulanan bitkilerde baklaların tamamının döküldüğü belirlenmiştir. İncelenen karakterlerin çoğunda %100 ve %75 uygulaması arasında farklı olmadığı belirlenmiştir.

Ghanbari ve ark. (2013), dokuz fasulye çeşidi kullanarak tam sulama ve %50 su stresinin uygulandığı konularda yaprakların karakteristik özelliklerine etkisi belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, su eksikliğinin yaprak bağıl su içeriği, yaprak kuru ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı ve yaprak sayısı değerlerini sırasıyla %8, %31, %34 ve %19 oranında düşürdüğünü belirlemiştir. Fasulyede kısıntılı sulamanın yaprak klorofil indeksini %7 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir.

Önder ve ark. (2014), Konya şartlarında 44 kuru fasulye çeşidinin su stresine tepkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmadaki bütün bitkiler vejetasyon boyunca ekimden 50 gün sonra çiçeklenme dönemi ve ekimden 58 gün sonra bakla olum döneminde sadece iki kez sulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bitkide bakla sayısı 12-26, anadal sayısı 3.33-7.33, bitki boyu 45-162, tane verimi ise 114 kg/da-355 kg/da aralıklarında olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bölgede fasulye için uygulanan yaygın

sulama programlarının zamansız ve aşırı olduğu, uyguladıkları sulama programı ile bölge uygulamalarıyla benzer sonuçlar elde ettiklerini ve fasulyede gereğinden fazla su kullanıldığını bildirmişlerdir.

Sadat Rasti Sani ve ark. (2014), su stresinin morfolojik ve fizyolojik etkisini belirlemek amacıyla iki kırmızı fasulye çeşidinde tarla kapasitesinde tam sulama (%100), ve sırasıyla tarla kapasitesindeki nemin %75, %50 ve %25'i olmak üzere dört farklı sulama seviyesi uygulanan bir araştırma yürütmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre bitki boyu, yaprak alanı, yaprak bağıl su içeriği ve Maksimum PSII kuantum etkinliği (Fv/Fm) stres sonucunda önemli derecede azalma gösterirken, stoma direnci ve SPAD değerleri kontrol uygulamasına göre stres koşullarında artış göstermiştir.

Çınar (2015), fasulye çeşit ve genotiplerinin Erzurum şartlarına adaptasyonlarını ve performanslarını belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Araştırma sonuçlarına göre çiçeklenme süresi 34.0-72.5 gün, olgunlaşma süresi 96.0-125.5 gün, bitki boyu 37.7-50.5 cm, bitkide bakla sayısı 6.5-14.6 adet, baklada tane sayısı 3.27-4.83 adet, biyolojik verim 296.0-476.1 kg/da, tane verimi 92.4-195.4 kg/da, hasat indeksi %26.8-%45.4 ve yüz tane ağırlığı 18.0-99.8 g olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aynı çevrede farklı genotipler arasında önemli derecede farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Aksu (2016), 30 cm, 40 cm ve 50 cm sıra aralıklarında ve tarla kapasitesinin %100'ü (S₁₀₀), %75'i (S₇₅), %50'si (S₅₀) ve %25'i (S₂₅)'i oranında su stresi uygulayarak kuru fasulye çeşitlerinin tepkilerini araştırmıştır. Araştırmada bitki boyu, protein oranı, dal sayısı ve sıra aralıkları bakımından önemli farklılıklar oluşmasa da bakla sayısı ve baklada tane sayısı sulama uygulamalarına göre önemli derecede azalma göstermiştir. Su stresi sonucunda S₂₅ konusunda 108.4 kg/da en düşük verim belirlenirken, en yüksek verim ise S₁₀₀ konusunda 289 kg/da olarak belirlenmiştir. Uygulanan su stresi sonucunda sulama suyu etkinliği arttığı belirlenmiştir. Toplam tüketilen su miktarına göre en yüksek su kullanım etkinliği (0.63 kg/m³) S₁₀₀ ve S₅₀ konularından elde edilirken, en düşük su kullanım etkinliği (0.40 kg/m³) S₂₅ konusundan elde edilmiştir.

Darkwa ve ark. (2016), kuru fasulyede kuraklığa toleranslı çeşitleri belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. 64 kuru fasulye genotipi arasından 11'i kuraklık ve normal sulama koşullarında en yüksek verim değerine sahip olmuştur. Tane verimi, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı gibi parametrelerin kuraklığa toleransı belirlemek için önemli kriterler olduğunu ve belirlenen genotiplerin kuraklık toleransı için önemli bir ıslah materyali olacağını bildirmişlerdir.

Aytekin (2017), sekiz kuru fasulye çeşidinde biyokimyasal ve fiziksel parametreler kullanılarak su stresine toleransı belirlemeyi amaçlamıştır. Tam sulama ve kısıntılı sulama olmak üzere iki sulama programı uygulamışlardır. Yaprak sıcaklığının 24.4-28.1°C, SPAD değerinin 26.4-37.4 arasında değiştiğini, su stresi uygulamasında klorofil içeriğinin düştüğünü, protein oranının %19.13-22.22, tane veriminin 111.5-360.8 kg/da aralığında belirlemişlerdir. Araştırmacı kuru fasulyenin generatif dönemde uygulanan su stresinden daha fazla etkilendiği bildirmiştir.

Saylam (2017), 11 bodur fasulye genotipinde verim ve kalite parametrelerini belirlemek amacıyla Kırşehir şartlarında bir araştırma yürütmüştür. Araştırmacı bitki boyunu 38-49 cm, bitkide bakla sayısının 11.80-35.06 adet, baklada tane sayısının 3.5-5.4, protein oranının % 20.4-22.9, kabuk oranının % 7.3-9.8, tane veriminin 69.7-127.5 kg/da, su alma kapasitesinin 0.33-0.47 ve su alma indeksinin %1.06-1.39 arasında olduğunu tespit etmiştir.

Yariş (2018), toprakta eksilen nemin % 0, % 25, % 50, % 75 ve %100'ü olmak üzere toplam beş sulama seviyesi ile yürüttüğü çalışmada sulama stresinin fasulyede fizyolojik, kimyasal ve morfolojik etkilerini araştırmıştır. Çiçeklenme döneminden sonra su stresi uygulanmış, çiçeklenme dönemi sonrası su kullanım etkinliğinin verim parametreleri üzerindeki etkisi kontrol edilmiştir. Sonuç olarak sulama oranı arttıkça verim parametrelerinde artış görünürken, yaprak zararlanma derecesi ve yaprak sıcaklığının azaldığı görülmüştür. Fasulyede tam sulamanın yapılamadığı uygulamada, %25 su stresinin verim ve kalite üzerinde etkisinin oransal olarak fark göstermediği belirlenmiştir.

Çalışkan ve ark. (2018), tam ve kısıntılı sulamanın kaliteye etkisini belirlemek için su alma kapasitesi, su alma indeksi, pişme süresi ve protein oranı gibi kalite kriterlerini incelemişlerdir. Araştırmada pişme süresinin tane iriliğiyle doğru orantılı olduğu ve irilik oranı arttıkça pişme süresinin de arttığı, generatif dönemde oluşacak herhangi bir su eksikliğinin verim ve tohum kalitesini olumsuz etkilediği, özellikle çiçeklenme döneminde kök bölgesindeki yarayışlı su kapasitesinin %50'nin altına düşmemesi gerektiği belirlenmiştir.

Kazai ve ark. (2019), su stresinin fasulyede verim ve kaliteye etkisini belirlemek amacıyla dört fasulye çeşidinde ilk çiçekler oluştuğunda %50 su stresi uygulamışlardır. Su stresine bağlı olarak bitki bakla sayısında %53, baklada tane sayısında %9.7, hasat indeksinde %49 ve tane veriminde %58 düşüş olduğu belirlenmiştir. Su stresinin verim ve kalite bakımından önemli bir etken olduğu belirlenmiştir. Su stresine bağlı olumsuz etkilerin azaltılması için çiçeklenme ve bakla oluşumunun erken olduğu çeşitlerin geliştirilip üretilmesi önerilmiştir.

Sirat (2020), Gümüşhane koşullarında Orta ve Doğu Karadeniz Bölgelerinden toplam 12 yerel fasulye genotipinin performansını belirlemek için bir araştırma yürütmüştür. Araştırmada ilk çiçeklenme süresinin 39.30-45.40 gün, hasat olgunluk süresinin 113.33-120.17 gün, bitki boyunun 56.32-60.67 cm, bitkide bakla sayısının 9.47-10.45 adet, baklada tane sayısının 2.95-5.77 adet, tane verimi 185.07-277.68 kg/da 100 tane ağırlığının 32.27-43.00 g ve protein oranının %18.97-24.32 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Süheri ve ark. (2020), farklı sulama seviyelerinin etkinliğini araştırmak için A sınıfı buharlaşma kabında gerçekleşen buharlaşma miktarını 7 günlük aralıklara göre bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamını, %75'ini, %50'sini, %25'ini, hiç su vermeden ve ihtiyaç duyduğu sudan fazlasını eklemeli olarak bitkilere vermişlerdir. Fenolojik gözlemler bakımından önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek verimin tam sulama konusunda 376.2 kg/da olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar Konya bölgesinde buharlaşma miktarından dolayı fasulye bitkisinin sık sulanması gerektiğini, verim

kayıplarını en aza indirmek için kuraklığa dayanıklı çeşitler seçmekle birlikte kısıntılı sulama stratejilerinin de önemli bir seçenek olduğunu bildirmişlerdir.

Sözen ve ark. (2020), dört kuru fasulye çeşidi ve 26 hattının Samsun ve Kırşehir koşullarında kalite parametrelerini (su alma kapasitesi, su alma indeksi, protein oranı, kabuk oranı) incelemiştir. Her iki lokasyonun ortalamalarına göre su alma kapasitesi 0.493 g/tane, su alma indeksi %1.36, protein oranı en yüksek %22.3 ve en yüksek kabuk oranı ise %8.5 olarak belirlenmiştir.

Türkmen (2020), dört çeşit ve 26 genotip olmak üzere toplam 30 fasulye materyali arasından yüksek performanslı genotiplerin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Araştırmacı su alma kapasitesinin 0.34-0.49 g/tane, su alma indeksinin %1.1-1.3, kabuk oranının %7.0-8.4, protein oranının %20.4-22.1 tane veriminin 80.1-153.6 kg/da arasında değiştiğini belirlemiştir. Araştırmada on iki adet kuru fasulye genotipinin verim denemelerine alınması uygun görülmüştür.

Yavuz (2021a), farklı sulama seviyeleri ve sulama aralıklarının verim ve verim parametreleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada yedi ve on dört günlük sulama aralığında tarla kapasitesinin %100'ü, %75'i ve %50'si olacak şekilde üç farklı sulama seviyesi uygulanmıştır. En yüksek tane verimi yedi günlük sulama aralığında elde edilmiş ve on dört günlük sulama periyodunda verimin %28 azaldığı belirtilmiştir. En yüksek tane verimi %100 sulamada belirlenmiş ve su stresinin artmasıyla %75 sulama seviyesinde %21, %50 sulama seviyesinde %49 verim kaybı olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar fasulyenin su stresine hassas bir bitki olduğunu bildirmişlerdir.

Yavuz (2021), Konya şartlarında kuru fasulyenin farklı gelişme dönemlerindeki su stresine tepkisini belirlemek amacıyla yaptığı bir çalışmada; vejetatif gelişim, çiçeklenme, bakla oluşum olmak üzere 3 gelişme döneminde toplam 8 sulama konusu belirlemiştir. Araştırmada fasulyede tane veriminin ve verim parametrelerinin yüksek alınabilmesi için bitki gelişim dönemleri boyunca tam sulama yapılması gerektiği belirlenmiştir. Fakat, su sorunu olan bölgelerde tüm büyüme dönemleri boyunca tam

sulama yapılamayacağından dolayı, çiçeklenme dönemi ve bakla oluşum başlangıcına kadar sulama yapıp daha sonra sulamanın sonlandırılması önerilmiştir.

Diaz ve ark. (2021), fasulyede tane renginin pişme süresi ve su alma kapasitesi gibi parametreler arasındaki ilişkisini belirlemek için farklı tane renklerine sahip dört popülasyon ve 922 hat ile bir araştırma yürütmüşlerdir. Farklı renkteki fasulyelerin pişme süresine önemli derecede etki ettiğini saptamışlardır. Buna göre beyaz taneli fasulyelerin sarı ve diğer renkli fasulyelere göre daha erken piştiği belirlenmiştir. Bu araştırmadaki beyaz fasulyelerin pişme süresi 27-36 dakika arasında değişmiştir.

Demir Yurteri (2023), Konya’da Zirve, Nirvana ve Üstün-42 çeşitlerinde yedi gün aralıklarla hiç sulamadan ve tarla kapasitesine göre %25, %50, %75, %100 ve %125 sulama seviyelerinin etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı en yüksek verimi 475 kg/da ile tam sulama konusunda Nirvana çeşidinde, en düşük tane verimini ise 6.5 kg/da ile hiç sulama yapmadan Üstün-42 çeşidinde elde etmiştir. Ortalama verilere göre tam sulama ile %75 sulama arasında farkın önemli olmadığı bulunmuştur. Böylelikle yetiştirme sezonu boyunca %25 kısıntı yaparak sulamanın yeterli olacağı belirlenmiştir. Aynı zamanda tüm çeşitlerde sulamanın azalması ile verim parametrelerinin azaldığını tespit edilmiştir.

Amongi ve ark. (2023), hızlı pişen ve tanede daha fazla demir biriktiren hatları belirlemek amacıyla 427 ıslah hattında yaptığı araştırmada, çiçeklenme ve fizyolojik olgunlaşma dönemi arası geçen süreyi, verim ve pişme süresi gibi parametreleri değerlendirilmiştir. Hatlar arasında pişme süreleri 36-361 dakika arasında önemli bir farkla değişiklik gösterirken, tane veriminin 397-1299 kg/ha arasında değiştiği belirlenmiştir. Birim alandan elde edilen tane veriminin artmasıyla pişme süresinin olumlu yönde etkilendiğini göstermektedir.

Javornik ve ark. (2023), fasulyede erken gelişme (vegetatif) döneminde su stresinin fizyolojik ve morfolojik gelişimlerini gözlemlemek için yürüttüğü araştırmada, tam sulama ve üç farklı sulama seviyesi (%70, %50 ve %30) uygulanmıştır. %30 sulama

düzeyinde en düşük değerler tespit edilmiş ve klorofil floresan parametrelerinin uzun süreli kuraklık stresinde daha belirgin olduğu bildirilmiştir.

Jeffery ve ark. (2023), dört fasulye çeşidinde beş ıslatma seviyesinin (0, 3, 6, 12 ve 18 saat) pişme süresine etkisini incelemiştir. Islatma sürelerinin pişme süresini önemli derecede etkilediği, 12 ve 18 saatlik ıslatma aralığında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. 12-18 saatlik ıslatma sonucunda pişme süresinin 16-22 dakika arasında olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar fasulyenin yavaş pişmesinin hücre duvarını güçlendiren enzimlerin aktivasyonlarını etkileyerek pişme süresi ve ozmotik strese direnç yeteneklerini attırdığı bildirmiştir.

Yılmaz (2024), Erzincan'da 30 kuru fasulye çeşidinin performanslarını belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Araştırmada tane verimleri 112.2 – 397.5 kg arasında, bitkide tane verimi 20.61-54.48 g, hasat indeksi %25.7-35.1, 100 tane ağırlığı 17.4-60.1 g, ve protein oranı %18-23 arasında değiştiği bildirilmiştir. Göynük-98 çeşidinin tane verimi ve Koray çeşidinin yüz tane ağırlığı bakımından daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacı, Sururbey çeşidinin şeker tane tipli diğer çeşitlere göre verim, protein oranı ve 100 tane ağırlığı bakımından daha iyi olduğunu, Sururbey çeşidinin tercihi ile fasulye üretiminin daha verimli olacağını ifade etmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Bitki Materyali

Bu çalışmada, iki bodur (Erzincan Şeker, Kurtuluş), bir yarı sarılıcı (Gündoğan) ve bir sarılıcı (Bulduk) olmak üzere toplam dört fasulye çeşidi kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Çalışmada kullanılan çeşitler şeker tipi ve parlak yüzeyle tane özelliklerine sahiptirler. Bulduk ve Gündoğan Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün, Kurtuluş Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün tescilli şeker fasulye çeşitleridir. Erzincan Şeker ('Işıl 24' ismi tescil edilecektir) ise Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nün çeşit adayıdır.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan çeşitlere ait bilgiler

Çeşit Adı	Gelişme		
	Tipi	Tescil/Aday	Tecil/Aday Edildiği Yer
Bulduk	Sarılıcı	Çeşit	Eskişehir Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.
Erzincan Şeker	Bodur	Tescile Aday Hat	Erzincan Bahçe Kültürleri Araş. Enst.
Gündoğan	Yarı Sarılıcı	Çeşit	Eskişehir Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.
Kurtuluş	Bodur	Çeşit	Karadeniz Tar. Arş. Enst.

3.2. Deneme Alanı İklim ve Toprak Özellikleri

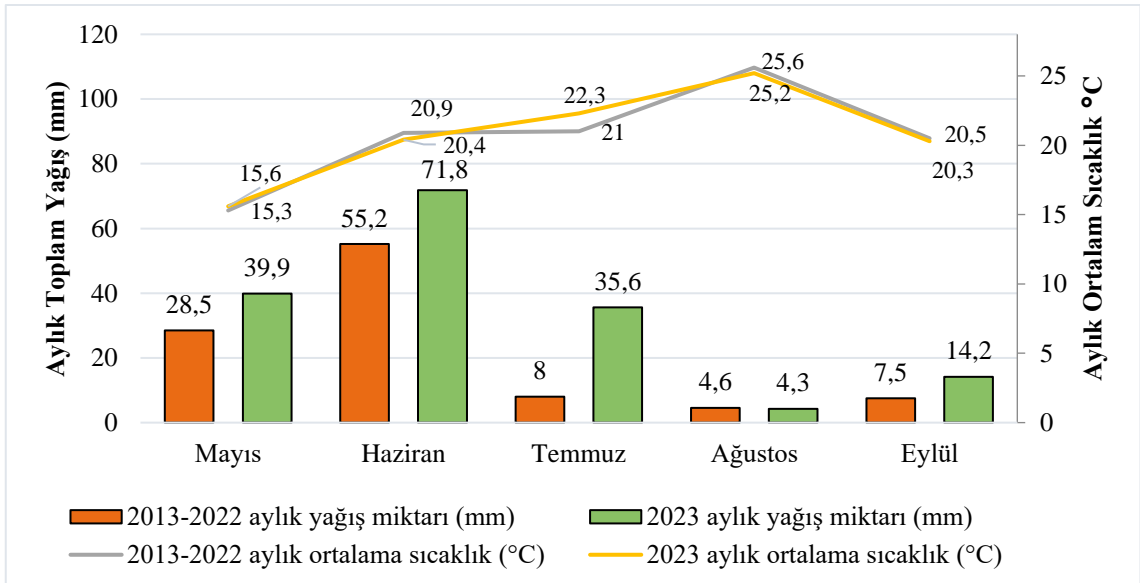
Tarla denemesi 2023 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ait deneme alanında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme alanı Şekil 3.1'de verilmiş olup 40°19'59''N enlemi ile 36°28'26''E boylamı arasında yer almaktadır.



Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü deneme arazisi

3.2.1. Deneme alanı iklimi

Deneme alanında uzun yıllar (2013-2022) ve deneme yılına ait sıcaklık ve yağış verileri Şekil 3.2’ de verilmiştir. Deneme yılında, vejetasyon süresi boyunca gerçekleşen yağış uzun yıllar ortalamasına göre 62 mm daha fazladır. Ayrıca çiçeklenme döneminin sonuna kadar geçen sürede ortalamadan %25.2 kadar fazla yağış düşmüştür. Aylık ortalama sıcaklıklar uzun yıllar ortalama sıcaklıklarına benzerdir. Yetiştirme döneminde en yüksek ortalama sıcaklık 25.6 °C ile Ağustos ayında, en fazla yağış ise 71.8 mm ile Haziran ayında ölçülmüştür.



Şekil 3.2. Araştırma alanının yağış ve sıcaklık değerleri

3.2.2. Deneme alanı toprak özellikleri

Deneme alanından alınan toprak örnekleri Adana/Yüreğir’de bulunan Deniz Tarımsal Analiz Laboratuvarında analiz edilmiştir. Toprak analiz sonuçları ve yorumları Çizelge 3.1.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme alanı toprağına ait fiziki ve kimyasal özellikler

Karakter	Değeri	Anlamı
Toprak Bünyesi	Killi-Tımlı	Killi
Toplam Tuz (%)	0.016	Az Tuzlu
pH	8.3	Hafif Alkali
Kireç (%)	11.0	Kireçli
P ₂ O ₅ (kg/da)	4.97	Yetersiz
K ₂ O (kg/da)	54.86	Yeterli
Suyla Doygunluk (%)	56.46	Yeterli
Organik Madde (%)	1.06	Düşük
Tarla Kapasitesi (%)	21.1	-
Solma Noktası (%)	12.3	-

3.3. Ekim, Bakım, Hasat ve Sulama

Ekim 16 Mayıs 2023 tarihinde elle yapılmıştır. Ana parsellere sulama ve alt parsellere çeşitler yerleştirilmiştir. Her parsel 3 m uzunluğundaki 4 sıradan oluşmuştur. Sıra üzeri 10 cm ve sıra arası 50 cm olarak ayarlanmıştır. Alt parseller arasına boşluk bırakılmamış, ana parseller arasına 1 m boşluk bırakılmıştır (Şekil 3.3). Bitki boyu 15-25 cm olduğunda boğaz doldurma yapılmıştır. Boğaz doldurma esnasında ve sonrasında üç kez olmak üzere yabancı otlarla mekanik mücadele yapılmıştır. Ekimle birlikte 3 kg/da saf azot (üre) ve 6 kg/da saf fosfor (triple süper fosfat) hesabıyla gübreleme yapılmıştır.

Deneme parsellerinin sulanmasında damla sulama sistemi kullanılmıştır. Sulama esnasında yüzeyden itibaren 60 cm’lik kök derinliği dikkate alınmıştır. Toprak nem içeriği gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (Cömert ve Öztekin, 2016). Etkili kök derinliğindeki toplam tüketilebilir suyun %45’i tüketildiğinde sulama yapılmıştır (Allen

ve ark., 1998). Stres koşullarının bulunmadığı vejetatif dönemde sulamalar topraktaki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanarak bitkiler su stresine girmeden beş gün aralıklarla yapılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (James, 1988).

$$I = (\theta_{fc} - \theta_a) \times D \times A$$

Eşitlikte;

I: uygulanan sulama suyu miktarı (L)

θ_{fc} : toprağın tarla kapasitesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3)

θ_a : toprağın sulama öncesi hacimsel nem içeriği

D: bitki etkili kök derinliği (mm) ve

A: parsel alanıdır (m^2).

Bütün parseller bitkilerde ilk çiçek görüldüğü döneme kadar topraktan eksilen nem tarla kapasitesine tamamlanarak sulanmıştır. Kısıntılı sulama uygulamalarına ilk çiçek görüldüğünde (Haziran sonu) başlanmıştır. Kontrol uygulamasında (tam sulama, TS), toprak nem içeriği tarla kapasitesine tamamlanarak sulama yapılmıştır. Kısıntılı sulama uygulamalarına kısıntı yapılan gelişme dönemlerinde kontrol konusuna verilen suyun %50'si uygulanmıştır. Sulama konuları aşağıdaki Çizelge 3.3'te verilmiştir. Baklalar tamamen olgunlaştıktan sonra parseldeki bütün vejetatif aksam elle toplanmıştır. Elde edilen ürün açık havada kurutulmuş ve baklalar harmanlanmıştır. Tanedeki ölçümler %90 kuru madde içeriğine göre belirlenmiştir (Uçar ve ark., 2009).

Çizelge 3.3. Sulama konuları ve kısaltmaları

Sulama Konuları	Vejetatif	Çiçeklenme-Bakla tutma	Bakla tutma-Tane dolum	Toplam sulama miktarı (mm)
TS	% 100	% 100	% 100	467
S ₁	% 100	% 100	% 50	298
S ₂	% 100	% 50	% 100	403
S ₃	% 100	% 50	% 50	234
Sulama sayısı	0	3	10	13
Yağış miktarı	106.8	40.9	11.5	159.2



Şekil 3.3. Deneme alanına ait bitkilerin farklı dönem görüntüleri

3.4. İncelenen Gözlem, Ölçüm ve Analizler

Çiçeklenme süresi (gün): Ekimden itibaren bitkilerin %50'sinin çiçeklendiği güne kadar geçen süre gün olarak belirlenmiştir (Akbulut ve ark., 2014).

Bakla oluşum süresi (gün): Ekimden itibaren bitki üzerinde görünen %50 baklanın oluştuğu gün olarak belirlenmiştir (Akbulut ve ark., 2014).

Yaprak sıcaklığı (°C): Yaprak sıcaklığı her parselde aynı gelişme dönemindeki yaprakta en az 5 bitkide olmak üzere çiçeklenme döneminde, çiçeklenmeden 10 gün sonra ve çiçeklenmeden 20 ve 30 gün sonra bulutsuz ve rüzgârsız günlerde, 13.00-15.00 saatleri arasında, taşınabilir bir infrared termometre ile bitkilere 1.0 m uzaklıktan ölçülmüştür (Araghi ve Assad, 1998).

SPAD indeksi: Her parselde aynı gelişme dönemindeki yaprakta en az 5 bitkide olmak üzere çiçeklenme döneminde, çiçeklenmeden 10, 20 ve 30 gün sonra taşınabilir SPAD indeksi ölçer cihaz (Minolta SPAD-502) ile ölçülmüştür (Montilla-Bascon ve ark., 2017).

Maksimum PSII kuantum etkinliği : Başlangıç floresan (F_0), maksimum floresan (F_m), değişken floresan ($F_v = F_m - F_0$) ve fotosistem II (PSII) maksimum enerji verimleri (F_v/F_m) her parselde aynı gelişme dönemindeki yaprakta en az 5 bitkide çiçeklenme döneminde, çiçeklenmeden 15 ve 30 gün sonra, 13.00-15.00 saatleri arasında taşınabilir klorofil flourometre (Opti-Sciences, OS30p+) kullanılarak belirlenmiştir (Guo ve ark., 2008).

Olgunlaşma süresi (gün): Her parselde çıkış tarihi ile bitki tacının ortasında bulunan baklaların ve yaprakların sarardığı tarih arasında geçen süre gün olarak belirlenmiştir (Soydemir, 2021).

Bitki boyu (cm): Hasat öncesi tesadüfi seçilen 10 bitkinin toprak yüzeyiyle bitki üst noktası arasındaki mesafe ölçülerek belirlenmiştir (Bozkurt, 2020).

Bitkide bakla sayısı: Tesadüfi seçilen 10 bitkinin hasat edilebilen baklalar sayılarak belirlenmiştir (Bozkurt, 2020).

Baklada tane sayısı: Tesadüfi olarak alınan 10 bakladaki taneler sayılmış ve bakla sayısına bölünerek belirlenmiştir (Soydemir, 2021).

Biyolojik verim (kg/da): Parseldeki tüm bitkiler hasat edildikten sonra kuru ağırlıkları kg/da olarak belirlenmiştir (Serengül, 2019).

Tane verimi (kg/da): Her parselden elde edilen tanelerin tamamı tartılmış ve dekara verimi belirlenmiştir (Bozkurt, 2020).

Hasat indeksi: Tane verimi biyolojik verime oranlanarak belirlenmiştir (Serengül, 2019).

100 tane ağırlığı (g): Taneler kuruduktan sonra 4 defa 100 tane tartılmış ve ortalaması alınarak belirlenmiştir (Bozkurt, 2020).

Protein oranı (%): Test tüplerine 0.5 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüş 1 g tane unu, Kjeldahl tableti ve 10 ml H_2SO_4 (%98 saflıkta= 1.84 g/cm³) eklenmiştir. Tüpler içindeki

örnekler (100 °C'den 400 °C'ye 50 °C/30 d aşamalı olarak artan) yakma ünitesinde 400 °C'de iki saat yakılmıştır. Soğuyan örneklere 20 ml %40 NaOH eklenmiş ve % 2'lik H₃BO₃ çözeltisi içerisine 3 dakika destilasyon yapılmıştır. Titrasyon için 0.05 N H₂SO₄ (%98 saflıkta= 1.84 g/cm³) kullanılmış ve renk dönüşümü pembeleştiği ana kadar devam edilmiştir. Harcanan titrasyon çözeltisinden hesaplanan azot miktarları 6.25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranı belirlenmiştir (Aksu, 2016).

Su alma kapasitesi (g/tane): Bir tanenin aldığı su miktarının ağırlıkça ifadesidir. Ağırlığı belirlenen 100 tane 16 saat su içerisinde bekletilmiştir. Belirlenen süre sonunda ağırlığı değişmeyen taneler sert kabuklu olarak belirlenmiştir (Türkmen, 2020). Su alma kapasitesi aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\text{Su Alma Kapasitesi} = \frac{X - [Y - ((Y/100) * S2)]}{S1 - S2}$$

X: Şişmeyen taneler ayrıldıktan sonraki yaş ağırlığı

Y: Yüz tane ağırlığı

S1: Başlangıçtaki tane sayısı

S2: Şişmemiş sert kabuklu tane sayısı

Şişmeyen tane yok ise;

$$\text{Su Alma Kapasitesi} = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{100}$$

Su alma indeksi: Su alma kapasitesine göre hesaplanarak tek tane ağırlığına bölünmesi işlemiyle yapılmıştır. Orijinal ağırlığa göre kaç kat su aldığı belirlenmiştir (Türkmen, 2020).

$$\text{Su Alma İndeksi (\%)} = \frac{\text{Su Alma Kapasitesi (g/tane)}}{\text{Tane ağırlığı (Kuru Ağırlık/100)}}$$

Üzerinde pişirme kapları olan ısıtıcılarda su kaynamaya başladığında, 16 saat suda bekletilmiş 100 adet fasulye su banyosunda bekletilmiştir.

Pişme süresi (dk): 16 saat ıslatılmış 100 adet fasulye kaynayan su banyosuna yerleştirilmiş ve 10. dakikadan sonra bir dakikalık periyotlarda taneler kontrol edilmiştir.

Tanenin içerisindeki beyaz nokta kaybolana kadar geçen süre pişme süresi olarak kaydedilmiştir (Soydemir, 2021).

Kabuk oranı (%): Pişme süresi belirlenen tanelerde, kabuklar tanelerden mekanik olarak ayrılmış, sabit ağırlığa gelene kadar 76 °C'te kurutulmuştur. Kabuk oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Türkmen, 2020).

$$\text{Kabuk Oranı} = \frac{\text{Kabuk Ağırlığı}}{\text{Toplam Tane Ağırlığı}} \times 100$$

3.5. Verilerin değerlendirilmesi

İstatistikî analizler JMP programı kullanılarak yapılmıştır. Veriler tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulup, ortalamalar arasındaki farklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi kullanılarak %5 önem düzeyinde karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Çiçeklenme Süresi

Çiçeklenme süresi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1 ve çiçeklenme süresi değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre sulama ve çeşit x sulama interaksyonunda fark görülmezken, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0.01$) tespit edilmiştir. Araştırmada ortalama çiçeklenme süresi 43.0-50.7 arasında değişmiş olup farklı su stresi uygulamaları çiçeklenme süresini (45.3-45.8 gün) etkilememiştir (Çizelge 4.2). Çiçeklenme süresi değerleri ele alındığında Bulduk (49.7 gün) çeşidinin diğer çeşitlerden önemli düzeyde geç çiçeklendiği, Erzincan şeker (44.9 gün), Kurtuluş (43.9 gün) ve Gündoğan (43.6 gün) çeşitlerinin daha erken çiçeklendiği görülmektedir.

Çiçeklenme zamanı, yaz döneminde yetiştirilen kuru fasulyenin adaptasyonu ve performansı için önemli bir fenolojik parametredir (Sözen ve ark, 2021). Çiçeklenme dönemine kadar su stresi uygulanmadığı için benzer sonuçların gözlenmesi beklenen bir durumdur. Bulduk çeşidinin geç çiçeklendiği Yılmaz (2024) tarafından da belirlenmiştir. Sarılıcı çeşitlerin çiçeklenme sürelerinin yarı sarılıcı ya da bodur çeşitlere göre daha geç olduğu Düzdemir ve Akdağ (2001) ve Yılmaz (2024) tarafından da belirlenmiştir. Türkiye’de yetiştirilen yarı sarılıcı ve bodur kuru fasulye çeşitlerinin çiçeklenme sürelerinin 36-56 gün arasında değiştiği bildirilmektedir (Kul, 2019). Bu araştırmada belirlenen çiçeklenme sürelerindeki değişkenlik Bulduk çeşidinin sarılıcı grupta yer alıp indeterminat bir büyüme özelliği göstermesinden kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.1. Çiçeklenme süresi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.67	0.33	0.15 ^{ÖD}
Sulama	3	1.57	0.52	0.23 ^{ÖD}
Hata	6	13.50	2.25	
Çeşit	3	286.56	95.52	60.60 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	17.85	1.98	1.26 ^{ÖD}
Hata	24	37.83	1.58	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.2 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında çiçeklenme süreleri (gün)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	48.3	49.0	50.7	50.7	49.7 A*
Erzincan Şeker	45.3	45.3	44.3	44.7	44.9 B
Gündoğan	43.7	44.7	43.3	44.0	43.9 BC
Kurtuluş	43.7	43.0	44.0	43.7	43.6 C
Ortalama	45.3	45.5	45.6	45.8	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 2.75.

4.2. Bakla Oluşum Süresi

Bakla oluşum süresinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3 ve bakla oluşum süresi değerleri Çizelge 4.4' te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sulama ($p<0.01$), çeşit ve çeşit x sulama interaksiyonunun ($p<0.05$) istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Bakla oluşumu en erken TS uygulamasında (53.5 gün) gerçekleşirken S₁, S₂ ve S₃ uygulamalarında biraz daha gecikmiş ve en geç S₃ uygulamasında (56.9 gün) tamamlanmıştır (Çizelge 4.4). Kontrol uygulamasına göre su stresinin etkisiyle bitkilerin bakla oluşum sürelerinde gözlemlenen gecikmelerden sadece S₃ uygulamasındaki gecikme önemli olmuştur.

Bulduk çeşidi (58.8 gün) diğer çeşitlere kıyasla daha geç bakla oluşturmuş, onu sırasıyla Erzincan Şeker (54.2 gün), Kurtuluş (53.4 gün) ve Gündoğan (52.8 gün) takip etmiştir. Yapılan Tukey testinde bu çeşit ile diğer çeşitler arasında bakla oluşum bakımından belirlenen farklarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 4.4'teki veriler incelendiğinde, değişen su stresi uygulamalarında bakla oluşum süresi 50.7-60.7 gün arasında değiştiği, çeşitlerin su stresine verdiği tepkilerin özellikle S₁ ve S₂ uygulamalarında kararlı olmadığı ve bununda önemli bir interaksiyona neden olduğu görülmüştür.

Bulduk çeşidinin sarılıcı tipte olması nedeniyle çiçeklenme süresinin daha geç gerçekleştiği, dolayısıyla bakla oluşum süresinin de uzadığı gözlemlenmiştir. Su stresinin bakla oluşum süresinde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Çiçeklenme döneminden

bakla oluşum dönemine kadar geçen süreçte uygulanan su stresi, suyun bakla oluşumu üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Öcal (2021), Aksaray koşullarında yürüttüğü çalışmada bakla oluşum süresinin 53-61 gün arasında değiştiğini bildirmiştir. Türkmen (2020) bu süreyi 52.3-62.7 gün, Tunalı (2019) 40.0-73.7 gün, Saylam (2017) 40.0-49.3 gün, Özçelik ve Sözen (2009) ise 44-52 gün olarak belirlemiştir. Bakla oluşum süreleri daha önceki araştırmalarda bu araştırmadakine benzer şekilde 40.0-73.7 arasında değişmiştir. Bakla oluşumu generatif bir süreçtir. Bitkiler stres zamanlarına bağlı olarak bakla oluşum ve tane dolum dönemlerinde strese daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Candoğan, 2009). Gündoğan ve Bulduk çeşitleri bakla oluşum süresi bakımından S₃ konusunda, Kurtuluş S₃ ve S₂ uygulamasında TS konusundan farklı bulunmuştur. Erzincan şeker bütün uygulamalarda benzer zamanlarda bakla oluşum sürecine başlamıştır. Bu sonuçlar Erzincan şeker çeşidinin uygulanan su stresinden etkilenmediğini, diğer çeşitlere göre bakla oluşum süreci bakımından su eksikliğine tolerans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 4.3 Bakla oluşum süresi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	75.29	37.64	7.47*
Sulama	3	80.41	26.80	5.32*
Hata	6	30.20	5.03	
Çeşit	3	261.41	87.13	92.94**
Çeşit*Sulama	9	44.08	4.89	5.22**
Hata	24	22.50	0.94	

*:%5 düzeyinde önemlidir. **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.4 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında bakla oluşum süreleri (gün)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	57.3 bc	58.7 abc	58.3 ab	60.7 a	58.8 A*
Erzincan Şeker	54.0 def	54.0 def	53.3 d-g	55.3 cde	54.2 B
Gündoğan	50.7 g	52.7 efg	51.7 fg	56.3 bcd	52.8 C
Kurtuluş	52.0 fg	51.0 fg	55.3 cde	55.3 cde	53.4 BC
Ortalama	53.5 B	54.1 AB	54.7 AB	56.9 A*	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistik olarak önemlidir. Sulama ve çeşit ortalamaları için büyük, çeşit x sulama interaksyonu için küçük harfler kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı: 1.76.

4.3. Yaprak Sıcaklığı

Yaprak sıcaklığının I. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5 ve yaprak sıcaklığı I. dönem değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sulama, çeşit ve çeşit x sulama interaksiyonunun yaprak sıcaklığına etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Yaprak sıcaklıkları su stresi uygulamalarında 28.4-30.5 °C arasında ve çeşitler arasında 28.3-30.2 arasında, değişmiştir. Çeşitlerin su kısıntılarındaki yaprak sıcaklıkları ise 27.7-32.2 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.5 Yaprak sıcaklığı I. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	172.43	86.21	25.68*
Sulama	3	25.15	8.38	2.49 ^{ÖD}
Hata	6	20.14	3.35	
Çeşit	3	23.93	7.97	2.69 ^{ÖD}
Çeşit*Sulama	9	20.37	2.26	0.76 ^{ÖD}
Hata	24	70.97	2.95	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.6 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) I. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	29.0	29.5	30.0	30.4	29.7
Erzincan Şeker	30.6	28.4	32.2	29.5	30.2
Gündoğan	27.7	28.2	28.7	28.5	28.3
Kurtuluş	29.9	27.7	30.9	30.1	29.7
Ortalama	29.3	28.4	30.5	30.6	

Varyasyon katsayısı: 3.85.

Yaprak sıcaklığının II. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7 ve yaprak sıcaklığı II. dönem değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde yaprak sıcaklığı bakımından sulama uygulamaları ($p < 0.05$) ve çeşitler arasında ($p < 0.01$)

farklar önemli çıkmıştır. Çeşit x sulama interaksiyonunun yaprak sıcaklığına etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

İlgili çizelgeden de görüldüğü üzere II. dönemde tam sulama yapılan parseller ortalama yaprak sıcaklığı 26.6 C iken su stresi uygulamasındaki değişime bağlı olarak S₂ uygulamasına kadar önemli derecede artmış, S₃'te ise yine önemli derecede azalmıştır. Yaprak sıcaklığının Bulduk (27.3 °C) çeşidinde diğer çeşitlerden daha düşük olduğu, Gündoğan (30.5 °C), Erzincan Şeker (30.1 °C) ve Kurtuluş (30.1 °C) çeşitlerinde benzer olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 Yaprak sıcaklığı II. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	75.67	37.83	10.53*
Sulama	3	207.94	69.31	19.29*
Hata	6	21.55	3.59	
Çeşit	3	143.09	47.69	10.78**
Çeşit*Sulama	9	33.07	3.67	0.83 ^{ÖD}
Hata	24	106.17	4.42	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir, **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.8 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) II. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	24.1	25.3	29.9	29.8	27.3 B
Erzincan Şeker	27.0	29.2	33.7	30.7	30.1 A
Gündoğan	27.0	28.5	34.3	32.0	30.5 A*
Kurtuluş	28.3	30.4	31.3	30.4	30.1 A
Ortalama	26.6 C	28.3 BC	32.3 A*	30.7 B	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 4.73.

Yaprak sıcaklığının III. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9 ve yaprak sıcaklığı III. dönem değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre sulama

uygulamalarının III. Dönemdeki yaprak sıcaklığına etkisi istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemliyken, çeşit ve çeşit x sulama interaksyonu istatistiki olarak önemli olmamıştır.

Su stresi uygulamaları arasında en düşük yaprak sıcaklığı S_2 konusunda ($29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$), en yüksek değer ise S_1 konusunda ($34.1\text{ }^{\circ}\text{C}$) tespit edilmiştir. Sulama uygulamaları bakımından S_2 ($29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$), TS ($30.6\text{ }^{\circ}\text{C}$), S_1 ($34.1\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve S_3 ($32.9\text{ }^{\circ}\text{C}$) yaprak sıcaklığı değerleri istatistiki olarak farklı bulunmuştur. Çeşitlerin yaprak sıcaklıkları $31.2\text{--}32.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile birbirine oldukça yakın olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.9 Yaprak sıcaklığı III. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	211.89	105.94	20.16*
Sulama	3	140.51	46.83	8.91*
Hata	6	31.53	5.25	
Çeşit	3	15.45	5.15	1.25 ^{ÖD}
Çeşit*Sulama	9	54.07	6.007	1.46 ^{ÖD}
Hata	24	98.66	4.11	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.10 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$) III. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S_1	S_2	S_3	Ortalama
Bulduk	30.5	32.1	31.6	32.4	31.6
Erzincan Şeker	31.6	36.2	30.5	32.8	32.8
Gündoğan	29.8	34.1	29.4	31.6	31.2
Kurtuluş	30.7	34.2	27.9	34.8	32.6
Ortalama	30.6 BC	34.1 A*	29.8 C	32.9 AB	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 4.79.

Yaprak sıcaklığının IV. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11 ve yaprak sıcaklığı IV. dönem değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşit ve sulamanın yaprak sıcaklığına etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu ($p < 0.01$) tespit edilirken, çeşit x sulama interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.12’de görüldüğü üzere, S₁ (35.8 °C) ve S₃ (35.0 °C) uygulamalarında TS (32.0 °C) ve S₂ (32.7 °C) uygulamalarına göre önemli derecede daha yüksek yaprak sıcaklıkları ölçülmüştür. Yaprak sıcaklıklarının Gündoğan (35.2 °C), Erzincan Şeker (35.2 °C) ve Kurtuluş (34.5 °C) çeşitlerinde benzer şekilde yüksek, Bulduk (30.7 °C) çeşidinde ise önemli düzeyde daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.11 Yaprak sıcaklığı IV. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	8.12	4.06	4.63 ^{ÖD}
Sulama	3	119.45	39.81	45.43 ^{**}
Hata	6	5.25	0.87	
Çeşit	3	167.86	55.95	23.00 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	30.42	3.38	1.38 ^{ÖD}
Hata	24	58.37	2.43	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.12 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında yaprak sıcaklıkları (°C) IV. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	30.3	31.2	30.1	31.3	30.7 B
Erzincan Şeker	32.4	37.8	34.1	36.6	35.2 A*
Gündoğan	32.5	37.5	34.8	36.1	35.2 A
Kurtuluş	32.9	36.9	32.0	36.1	34.5 A
Ortalama	32.0 B	35.8 A*	32.7 B	35.0 A	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 5.91.

Yaprak sıcaklığı önemli bir stres göstergesidir. Bitkiler yeterince suya ulaşamadıklarında stomalarını kapatır ve böylece transpirasyon engellenir ve yaprak sıcaklıkları artar. İlk dönem ölçülen yaprak sıcaklıklarında kısmi farklılıklar olsa da çeşitler ve kısıntılı su uygulamaları arasında fark önemli olmamıştır. Bu durum ilk çiçeklerin görüldüğü zamanda başlatılan su stresinin bitkilerde stoma kapatmaya neden olacak kadar stres oluşturmadığına işaret edebilir. İkinci yaprak sıcaklıkları ölçümleri su stresinin bitkilerde yaprak sıcaklığının kısmen artıracak kadar strese neden olduğunu göstermektedir. Çünkü ikinci yaprak sıcaklıkları ölçümleri tam sulama yapılan S₁ ile TS konularında istatistiki olarak aynı, su stresi yapılan S₂ ve S₃ konularında ise, TS uygulamasından farklı

bulunmuştur. Bitkilerde su stresinin yaprak sıcaklığını artırdığı Aytekin (2017) tarafından bildirilmiştir. Sarılcı çeşit Bulduk dışında diğer çeşitlerde yaprak sıcaklıkları bakımından farklılık belirlenmemiştir. Bulduk çeşidinde daha düşük yaprak sıcaklığı belirlenmiştir. Üçüncü ve dördüncü ölçümlerde de çeşitlerde benzer bir eğilim saptanmıştır. Bulduk çeşidinde sarılcı mimari nedeniyle güneş ışığının alt yapraklara ulaşmadığı ve serin bir kanopi oluşturduğu düşünülmektedir. Bu yüzden sarılcı çeşit Bulduk'ta diğer çeşitlerden daha düşük yaprak sıcaklıkları gözlemlenmiştir. Üçüncü ve dördüncü ölçümler döneminde su stresi uygulanan S₁ ve S₃ benzer şekilde TS konusundan yüksek, su stresi uygulanmayan S₂ konusunda ise TS konusuna benzer yaprak sıcaklığı ölçülmüştür. Çiçeklenme döneminden sonra uygulanan su stresi yaprak sıcaklığını 4.9 °C arttırırken, tane olum döneminden sonra uygulanan su stresi 3.2 °C artırdığı tespit edilmiştir. Kısıntılı sulama ile yetiştirilen bitkilerde normal şartlarda yetiştirilenlere göre yaprak sıcaklığının 2 °C daha fazla olduğu belirtilmiştir (Ghanbari ve ark., 2013). Fasulyede su stresi çiçeklenme dönemindeki yaprakların sıcaklıklarını daha fazla etkilemiştir. Bu yüzden fasulyede çiçeklenme döneminde uygulanan su stresi, diğer dönemlerdeki tepkilerden daha belirgindir.

4.4. SPAD İndeksi

SPAD indeksinin I. ölçüm varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13 ve SPAD indeksi I. ölçüm değerleri çizelge 4.14'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sulama, çeşit ve çeşit x sulama interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir. Su stresi uygulamalarında I. ölçüm SPAD indeksleri 41.8-43.0 arasında, Çeşitlerin I. ölçüm SPAD indeksleri 40.6-44.3 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.13 SPAD indeksi I. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	82.80	41.40	5.26*
Sulama	3	16.21	5.40	0.68 ^{ÖD}
Hata	6	47.19	7.86	
Çeşit	3	86.37	28.79	2.40 ^{ÖD}
Çeşit*Sulama	9	35.15	3.90	0.32 ^{ÖD}
Hata	24	287.16	11.96	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.14 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi I. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	44.4	43.4	45.1	44.2	44.3
Erzincan Şeker	38.6	41.1	40.4	42.2	40.6
Gündoğan	41.5	42.7	40.4	43.2	42.0
Kurtuluş	42.7	44.1	41.5	42.7	42.8
Ortalama	41.8	42.8	41.8	43.0	

Varyasyon katsayısı: 0.97.

SPAD İndeksinin II. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15 ve SPAD İndeksi II. dönem değerleri çizelge 4.16'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre çeşitler arasındaki farklar istatistiki olarak ($p < 0.01$) önemli, sulama ve çeşit x sulama interaksiyonunun ise önemli olmadığı tespit edilmiştir.

SPAD indeksi II. dönem değerleri su stresi uygulamalarında 42.5-44.7 arasında değişmiştir (Çizelge 4.16). En yüksek II. dönem SPAD indeksi Kurtuluş (45.7) ve Bulduk (45.5) çeşitlerinde belirlenmiş ve bu çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Erzincan Şeker (40.7) ve Gündoğan (42.5) çeşitlerinde daha düşük SPAD indeksi belirlenmiştir.

Çizelge 4.15 SPAD indeksi II. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	49.35	24.67	3.98 ^{ÖD}
Sulama	3	46.32	15.44	2.49 ^{ÖD}
Hata	6	37.11	6.18	
Çeşit	3	212.98	70.99	10.57**
Çeşit*Sulama	9	59.58	6.62	0.98 ^{ÖD}
Hata	24	161.08	6.71	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.16 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi II. Dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	42.6	43.7	47.8	48.0	45.5 A
Erzincan Şeker	41.2	38.7	41.4	41.6	40.7 B
Gündoğan	41.3	41.9	44.5	42.2	42.5 B
Kurtuluş	46.0	45.7	45.0	46.2	45.7 A*
Ortalama	42.8	42.5	44.7	44.5	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 2.62.

SPAD İndeksinin III. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17 ve SPAD indeksi III. dönem değerleri çizelge 4.18’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre çeşitler arasındaki farklar istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli, sulama ve çeşit x sulama etkisinin ise önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18’de görüldüğü üzere, SPAD indeksi III. dönemdeki su stresi uygulamalarına ilişkin değerler 41.3-41.9 arasında değişmiştir. Çeşitlere ait değerler ise II. dönemde olduğu gibi Kurtuluş (43.5) ve Bulduk (43.2) çeşitlerinde daha yüksek, Erzincan Şeker (40.2) ve Gündoğan (40.2) çeşitlerinde daha düşük olmuştur.

Çizelge 4.17 SPAD indeksi III. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	18.15	9.07	0.56 ^{ÖD}
Sulama	3	0.531	0.17	0.01 ^{ÖD}
Hata	6	97.21	16.20	
Çeşit	3	118.42	39.47	4.52*
Çeşit*Sulama	9	39.32	4.36	0.50 ^{ÖD}
Hata	24	209.32	8.72	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.18 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi III. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	42.6	41.9	44.7	43.6	43.2 A
Erzincan Şeker	41.4	40.9	40.1	38.4	40.2 B
Gündoğan	40.2	40.0	39.7	41.0	40.2 B
Kurtuluş	43.0	43.6	42.7	44.7	43.5 A*
Ortalama	41.8	41.3	41.8	41.9	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistikî olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 1.36.

SPAD indeksinin IV. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19 ve SPAD indeksi IV. dönem değerleri çizelge 4.20’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre çeşitler arasındaki farklar istatistikî olarak ($p < 0.01$) önemli, sulama ve çeşit x sulama interaksiyonunun ise önemli olmadığı tespit edilmiştir.

SPAD indeksi IV. Dönemdeki uygulamalar arasında belirgin bir fark (39.1-39.6) olmamıştır (Çizelge 4.20). Bu dönemde çeşitler arasında en yüksek SPAD indeksi değeri Bulduk (41.6) çeşidinde ölçülmüş ve bu çeşidi sırasıyla Kurtuluş (40.7) ve Gündoğan (39.2) çeşitlerinde izlemiş fakat aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur. Son sırada ise Erzincan Şeker (35.4) yer almıştır.

Çizelge 4.19 SPAD indeksi IV. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	63.89	31.94	1.20 ^{ÖD}
Sulama	3	2.135	0.71	0.02 ^{ÖD}
Hata	6	159.30	26.55	
Çeşit	3	272.11	90.70	10.87**
Çeşit*Sulama	9	106.24	11.80	1.41 ^{ÖD}
Hata	24	200.12	8.33	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.20 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında SPAD indeksi IV. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	42.0	38.3	44.4	41.7	41.6 A*
Erzincan Şeker	34.9	37.2	33.6	35.8	35.4 B
Gündoğan	39.2	41.7	37.9	37.9	39.2 A
Kurtuluş	40.3	41.1	40.7	40.9	40.7 A
Ortalama	39.1	39.6	39.1	39.1	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 3.14.

Çeşitler arasındaki belirlenen SPAD indeksi farkları I. dönem dışında diğer dönemlerde farklı bulunmuştur. Farklı dönemlerde çeşitlerdeki değişken sonuçlar SPAD indeksinin gelişme tipinden ziyade çeşitlerin SPAD ile ilgili genetik potansiyelleri ve tepkilerine oldukça bağımlı olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan kısıntılı su uygulaması SPAD indeksi değerinde değişiklik göstermemiştir. Ghanbari ve ark., (2013), yaptıkları çalışmada fasulyenin su stresine karşı tepkilerini ölçmek için uzun süre kuraklığa maruz bırakılan fasulyelerin klorofil içeriğinde azalmalar meydana geldiğini, bununda oksijen yetersizliğinden dolayı kloroplast hasarı oluşmasından kaynaklandığını belirlemişlerdir. Mafakheri ve ark., (2010),’da aynı şekilde klorofil azalmasını kloroplastın parçalanması sonucu olduğunu saptamışlardır. Sadat Rasti Sani ve ark., (2014), uzun süre kuraklığa maruz kalmış fasulyelerin yaprak bağıl su içeriğini (RWC) azaltırken, stoma direnci ve klorofil (SPAD) indeksini arttırdığını belirlemişleridir. Mathobo ve ark. (2017) farklı dönemlerde uygulanan kuraklık stresinde klorofil içeriğinde önemli farklılıklar belirlemiş, farkların kuraklık stresinin şiddetinden dolayı yapraklardaki solmalardan ya da yaprakların sararmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Kuraklık stresinde klorofil içeriğinin arttığı ya da azaldığını bildiren daha önceki araştırmalarda değişken sonuçlar bildirilmiştir. Rosales-Serna ve ark. (2004) stres olmayan şartlara göre kuraklık stresinde SPAD içeriğinin gelişmenin ilk dönemlerinde azaldığını, ilerleyen gelişme dönemlerinde arttığını belirlemiştir. Bu araştırmadaki klorofil içeriği ile ilişkili olduğu bilinen SPAD indeksinin (Keles ve ark., 2019) kısıntılı su uygulaması ile değişmemesi, uygulamaların bitkilerde strese yol açmaması, uygulanan stresin süresinin kısa olması ya da kullanılan çeşitlerin belirli seviyedeki kuraklık stresini tolere edebildiklerini göstermektedir.

4.5. Maksimum PSII Kuantum Etkinliği (Fv/Fm)

Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21 ve Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sulama, çeşit ve çeşit x sulama interaksiyonunun istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem değerleri uygulamalar arasında 0.673-0.709, çeşitler arasında ise 0.672-0.704 arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.21 Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.0008	0.0004	0.04 ^{ÖD}
Sulama	3	0.011	0.0039	0.47 ^{ÖD}
Hata	6	0.049	0.0083	
Çeşit	3	0.0078	0.0026	0.57 ^{ÖD}
Çeşit*Sulama	9	0.032	0.0036	0.79 ^{ÖD}
Hata	24	0.109	0.0045	

ÖD: önemli değil.

Çizelge 4.22 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	0.690	0.749	0.649	0.730	0.704
Erzincan şeker	0.668	0.699	0.702	0.733	0.701
Gündoğan	0.650	0.658	0.668	0.711	0.672
Kurtuluş	0.707	0.732	0.673	0.642	0.688
Ortalama	0.679	0.709	0.673	0.704	

Varyasyon katsayısı: 0.98.

Maksimum PSII kuantum etkinliği II. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23 ve II. dönem değerleri ise Çizelge 4.24’te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşitler arasındaki farklar istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$), sulama ve çeşit x sulama interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Maksimum PSII kuantum etkinliği II. dönem değerleri su stresi uygulamalarında oldukça birbirine yakın (0.680-0.683) bulunmuştur (Çizelge 4.24). Çeşitler arasında ise, Bulduk (0.724) çeşidinin daha yüksek maksimum PSII kuantum etkinliğine sahip olduğu, bu çeşidi sırasıyla Kurtuluş (0.678), Erzincan Şeker (0.674) ve Gündoğan (0.651) çeşitlerinin izlediği saptanmıştır. Bulduk çeşidi ve Kurtuluş çeşidi arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz, diğerleri ile olan farklar ise önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23 Maksimum PSII kuantum etkinliği II. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.0015	0.0008	0.97 ^{ÖD}
Sulama	3	7.700	2.5700	0.03 ^{ÖD}
Hata	6	0.0049	0.00082	
Çeşit	3	0.033	0.011	3.30*
Çeşit*Sulama	9	0.010	0.0012	0.35 ^{ÖD}
Hata	24	0.081	0.0034	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.24 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında Maksimum PSII kuantum etkinliği II. dönem değerleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	0.741	0.725	0.727	0.704	0.724 A*
Erzincan Şeker	0.683	0.680	0.644	0.688	0.674 B
Gündoğan	0.653	0.639	0.674	0.639	0.651 B
Kurtuluş	0.654	0.688	0.674	0.694	0.678 AB
Ortalama	0.683	0.683	0.680	0.681	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 0.65.

Maksimum PSII kuantum etkinliği III. dönem varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25 ve III. dönem değerleri ise Çizelge 4.26'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşitler arasındaki farkların istatistiksel olarak ($p < 0.01$) önemli olduğu, sulama ve çeşit x sulama interaksiyonunun önemli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.26'da görüldüğü üzere III. Dönem kısıntılı su uygulamalarındaki Maksimum PSII kuantum etkinliği değerleri 0.655-0.671 arasında değişmiştir. Maksimum PSII

kuantum etkinliği bakımından II. dönemde olduğu gibi Bulduk (0.725) eşidi yine en yüksek değere sahip olmuş ve diğer çeşitlerden farklı olduğu belirlenmiştir. En düşük değeri ise Gündoğan (0.614) eşidinde belirlenmiştir. Erzincan Şeker (0.658) ve Kurtuluş (0.656) eşitleri aynı grupta ve birbirine yakın değeri göstermiştir.

Çizelge 4.25 Maksimum PSII kuantum etkinliği III. dönem varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.0029	0.0014	1.04 ^{ÖD}
Sulama	3	0.0017	0.0006	0.43 ^{ÖD}
Hata	6	0.0083	0.0013	
eşit	3	0.075	0.025	15.20 ^{**}
eşit*Sulama	9	0.024	0.0026	1.61 ^{ÖD}
Hata	24	0.039	0.0016	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.26 çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında Maksimum PSII kuantum etkinliği III. dönem değeri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	0.737	0.714	0.698	0.752	0.725 A*
Erzincan Şeker	0.634	0.654	0.687	0.658	0.658 B
Gündoğan	0.632	0.599	0.591	0.634	0.614 C
Kurtuluş	0.641	0.652	0.707	0.623	0.656 B
Ortalama	0.661	0.655	0.671	0.667	

*Farklı harflerle gösterilen değeri arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 2.95.

Elde edilen sonuçlar bu araştırmada uygulanan su stresinin Maksimum PSII kuantum etkinliğini etkilemediğini göstermektedir. Maksimum PSII kuantum etkinliği fotosentez veriminin ve maksimum fotosenteze oranıdır. Bitkilere uygulanan su stresi bütün dönemlerde fotosentez verimini ve maksimumunu değiştirmedeği için kuantum veriminde belirgin bir fark görülmemiştir (izelge 4.22, 24 ve 26). Maksimum PSII kuantum etkinliği I. dönem dışındaki dönemlerde çeşitlere göre değişmiştir. Çeşitlerin genetik potansiyelleri ve fotosentez etkinlikleri değişken olduğundan bu farklılıkların görülmeleri normaldir. Ancak bu sonuçlara göre Bulduk eşidinin su stresine daha toleranslı, Gündoğan eşidinin daha hassas olduğu söylenebilir. Su stresinin maksimum PSII kuantum etkinliğine etkisinin önemli olmaması çeşitlerin genel olarak su stresine

toleransının yüksek olduğundan kaynaklanmış olabilir. Nitekim Aydoğan ve Turhan (2012), su basmasına karşı toleransı araştırdıkları çalışmalarında, maksimum PSII kuantum etkinliğinin önemli bir kriter olduğunu ve şeker fasulyesinin su basması stresine karşı toleranslı olduğunu bildirmişlerdir. Farklı bir streste belirlenmiş olsa da şeker fasulyesinde maksimum PSII kuantum etkinliği potansiyeli su kısıntılarının stres etkilerini gizlemiş olabilir. Öte yandan Flexas ve ark. (2000) maksimum PSII kuantum etkinliği (Fv/Fm) ölçümünün, fotorespirasyon nedeniyle C₃ bitkilerinde yalnızca şiddetli kuraklık stresi ölçümünde kullanılabileceğini bildirmiştir. Mathobo ve ark. (2017) değişen dönemlerde uyguladığı kuraklık stresinde maksimum PSII kuantum etkinliğinde çok şiddetli kuraklık uygulamalarında önemli farklılıklar belirlerken, stresin az olduğu uygulamalarında önemli bir fark olmadığını bildirmiştir. Javornik ve ark. (2023), kısa süreli stresin maksimum PSII kuantum etkinliğini etkilemediğini, maksimum PSII kuantum etkinliğinin kuraklık stresine tepki olarak ölçülmesi için bitkilerin daha uzun süreli kuraklığa maruz bırakılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Javornik ve ark. (2023)'nın çıkarımları, kısıntılı su uygulamalarındaki benzer sonuçların su stresi etkisini ortaya çıkaracak kadar yüksek ya da uzun süreli olmadığından kaynaklandığını destekler niteliktedir.

4.6 Olgunlaşma Süresi (gün)

Olgunlaşma süresi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27 ve olgunlaşma süresine ait değerler Çizelge 4.28'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları olgunlaşma süresi bakımından çeşitler ve sulamalar arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$), çeşit x sulama interaksiyonunun ise istatistiki olarak önemli olmadığını göstermektedir.

Kısıntılı su uygulamalarında TS (103.2 gün) ve S₂ (102.2 gün) konularında daha geç, S₃ (97.3 gün) ve S₁ (98.2 gün) konularında ise daha erken olgunlaşma görülmüştür (Çizelge 4. 28). Bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çeşitlerden Bulduk çeşidi diğer çeşitlere göre yaklaşık 15 gün (111.6 gün) sonra çiçeklenmiştir. Kurtuluş (96.3 gün), Erzincan Şeker (96.4 gün) ve Gündoğan (96.6 gün) benzer şekilde daha erken olgunlaşmıştır. S₁ ve S₃ konularında bakla bağlama döneminde uygulanan su stresi daha erken olgunlaşmayı teşvik etmiştir.

Daha önceki araştırmalarda su stresi uygulanan bitkilerin daha erken olgunlaştığı belirlenmiştir (Perea ve ark. 2006; Beebe ve ark. 2008). Singh (1995) 24 farklı fasulye çeşidinde benzer şekilde çiçeklenme sonrası ve tane dolum dönemlerinde bitkilerin su stresine maruz kalmasıyla bitkilerin daha erken olgunlaştığını bildirmiştir. Rosales-Serna ve ark. (2004), bodur ve sarılıcı fasulye çeşitlerinde kuraklık stresinin olgunlaşma süresini kısalttığını bildirmiştir. Bu denemede bodur ve yarı bodur gelişme tipli çeşitlerin sarılıcı tiplere göre daha erken olgunlaştığı görölmektedir. Bodur gelişme tipindeki fasulyelerin sarılıcı gelişme tipindeki fasulye çeşitlerine göre olgunlaşma sürelerinin daha kısa olduğu daha önce yapılan bir araştırmada da saptanmıştır (Rosales-Serna ve ark., 2004). Yılmaz (2024), Türkiye orijinli 32 fasulye genotipini içeren araştırmasında Bulduk çeşidinin olgunlaşma süresinin geç olduğunu belirlemiştir.

Çizelge 4.27 Olgunlaşma süresi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	30.16	15.08	4.76 ^{ÖD}
Sulama	3	300.25	100.08	31.60 ^{**}
Hata	6	19.00	3.16	
Çeşit	3	2070.92	690.30	412.46 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	19.41	2.15	1.28 ^{ÖD}
Hata	24	40.16	1.67	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.28 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında olgunlaşma süreleri (gün)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	114.0	110.3	112.3	109.7	111.6 A*
Erzincan Şeker	99.3	94.0	99.0	93.3	96.4 B
Gündoğan	100.0	94.7	98.0	93.7	96.6 B
Kurtuluş	99.3	93.7	99.3	92.7	96.3 B
Ortalama	103.2 A*	98.2 B	102.2 A	97.3 B	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistikî olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 1.29.

4.7. Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.29 ve bitki boyu değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşitler arasındaki bitki boyu farklılıklarının istatistik olarak ($p<0.05$) önemli olduğu, sulama ve çeşit x sulama etkileşiminin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Kısıntılı su uygulamalarında bitki boyu 136.1-140.8 arasında değişim göstermiş ve uygulanan su stresinin bitki boyuna etkisinin olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.30). En yüksek bitki boyu beklendiği üzere 313.0 cm ile Bulduk çeşidinde, en düşük bitki boyu 61.7 cm ile bodur Erzincan Şeker ve 63.5 cm ile bodur Kurtuluş çeşidinde belirlenmiştir. Yarı sarılcı Gündoğan çeşidinin bitki boyu ise 115.7 cm olarak belirlenmiştir. Uygulanan su stresinin bitki boyuna etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Darkwa ve ark. (2016), yürüttükleri çalışmada 64 farklı fasulye çeşidinde uyguladıkları kuraklık stresi sonucunda kuraklığa maruz kalan çeşitlerin normal koşullara göre daha kısa olduğunu bildirmişleridir. Boutraa ve Sanders (2001), çiçeklenme dönemi sonrası ve bakla oluşum dönemlerinde bitkilere uygulanan su stresinin bitki boyunu kısalttığını belirlemişlerdir. Daha önceki araştırmaların sonuçları su eksikliği sonucunda oluşan stresin bitki boyunu baskıladığını göstermektedir. Ancak bu çalışmada bitki boyu, uygulanan su kısıntılarına göre bitki boyunu etkilememiştir. Bu durum değişen dönemlerde uygulanan %50 su stresinin bitkilerde bitki boyunu azaltacak derecede strese neden olmadığına veya vejetatif dönemde uzun yıllara göre daha fazla gerçekleşen yağışların sonrasındaki uygulanan stresin etkisini azalttığına işaret etmektedir. Denemede kullanılan çeşitler gelişme tipleri bakımından bodur, yarı sarılcı ve sarılcı tipte olduğundan dolayı çeşitler arasında fark önemli olmuştur. Bulduk çeşidi sarılcı ve Gündoğan çeşidi yarı sarılcı olduğundan dolayı bitki boyları yüksek bulunmuştur. Daha önceki araştırmalarda bitki boyları Bulduk çeşidinde 104-220 cm arasında (Yılmaz, 2024; Kuyucuoğlu, 2015), Gündoğan çeşidinde 59-116 cm (Anonim, 2021) ve Kurtuluş çeşidinde 37-52 cm (Anonim, 2023) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.29 Bitki boyu varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	206.09	103.04	0.40 ^{ÖD}
Sulama	3	131.87	43.95	0.17 ^{ÖD}
Hata	6	1535.69	255.94	
Çeşit	3	510003	170001	1002.54 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	571.22	63.46	0.37 ^{ÖD}
Hata	24	4069.69	169.60	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.30 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında bitki boyları (cm)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	315.2	304.2	314.4	318.3	313.0 A*
Erzincan Şeker	63.8	58.5	62.1	62.5	61.7 C
Gündoğan	113.5	119.0	121.6	108.7	115.7 B
Kurtuluş	62.0	62.9	65.1	64.1	63.5 C
Ortalama	138.6	136.1	140.8	138.4	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 9.4.

4.8. Bitkide Bakla Sayısı

Bitkide bakla sayısı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.31 ve bitkide bakla sayısı değerleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Bitkide bakla sayısına sulama ve çeşidin etkisi istatistiki olarak önemli (sırasıyla $p < 0.05$ ve $p < 0.01$), çeşit x sulama interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur.

Yukarıda da belirtildiği üzere su stresi uygulamalarının bitkideki bakla sayısını önemli şekilde etkilediği görülmüştür. En düşük bakla sayısı S₁ (21.1) uygulamasında, en yüksek bakla sayısı S₂ (27.7) ve S₃ (26.8) uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Aslında uygulamaların hepsi de TS (24.8)’den farklı bulunmamıştır. Ancak S₂ ve S₃ uygulamalarında S₁’e göre daha yüksek bakla sayısı belirlenmiştir. Çeşitler arasında bitkide bakla sayısı en yüksek Bulduk (41.8) ve en düşük Gündoğan (15.9) çeşidinde tespit edilmiştir. Kurtuluş (20.6) ve Erzincan şeker (22.1) benzer sayıda bitki başına bakla üretmişlerdir. S₂ ve S₃ uygulamasında çiçeklenme dönemi ve bakla oluşumu dönemi arasında uygulanan su stresi, bitkinin neslini devam ettirme çabasıdan dolayı daha fazla

çiçeklenmeyi teşvik etmiş olabilir. Sonrasında ihtiyaç duyduğu suyu aldığı anda çiçeklerin hepsinin bakla bağlamadığı görülmektedir. Daha düşük bakla sayısının belirlendiği S₁ uygulamasında çiçeklenme döneminde normal şartlarda çiçeklenirken bakla oluşum döneminde uygulanan stres çiçeklerin dökülmesine neden olmuştur. Bu yüzden bitkilerde bakla sayısı, uygulamalar arasında önemli farklılıklar göstermiştir.

Mathobo ve ark. (2017) çiçeklenme döneminde uygulanan su stresinin, bakla oluşturma döneminde oluşturulan su stresine göre bakla sayısını daha fazla etkilediğini tespit etmiştir. Bitkilerin farklı gelişim tiplerinde olması farklılığı önemli derecede etkilemiştir. Bulduk çeşidinin sarılıcı gelişim tipinde olmasından dolayı bitki başına daha çok bakla ürettiği belirlenmiştir. Sarılıcı çeşitlerin bitki başına daha çok sayıda bakla ürettikleri daha önceki araştırmalarda da raporlanmıştır (Ergün, 2005; Kul, 2019). Gündoğan çeşidi belirgin şekilde daha az bitki başına bakla üretmiştir. Bu çeşidin bitki başına bakla sayısının diğer çeşitlerden daha az olduğu tescil denemelerinde de belirlenmiştir (Anonim, 2021).

Çizelge 4.31 Bitkide bakla sayısı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	11.22	5.61	0.40 ^{ÖD}
Sulama	3	305.32	101.77	7.42*
Hata	6	82.23	13.70	
Çeşit	3	4723.18	1574.39	122.87**
Çeşit*Sulama	9	263.43	29.27	2.28 ^{ÖD}
Hata	24	307.51	12.81	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir, **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.32 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında bitkide bakla sayıları

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	41.9	31.9	45.3	48.1	41.8 A*
Erzincan Şeker	20.7	20.5	24.2	23.1	22.1 B
Gündoğan	16.1	14.3	16.7	16.4	15.9 C
Kurtuluş	20.5	17.8	24.6	19.5	20.6 B
Ortalama	24.8 AB	21.1 B	27.7 A*	26.8 A	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistikî olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 14.25.

4.9. Baklada Tane Sayısı

Baklada tane sayısı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.33 ve Baklada tane sayısı değerleri Çizelge 4.34'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşit farklılıklarının bakla sayısına etkisinin istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli olduğu tespit edilmiştir. Sulama ve çeşit x sulama interaksiyonunun baklada tane sayısına etkisinin önemli olmadığı istatistiki olarak belirlenmiştir.

Baklada tane sayısı değerleri su stresi uygulamaları arasında 4.7-5.0 arasında değişmektedir (Çizelge 4.34). Çeşitler arasında en yüksek baklada tane sayısı Bulduk (5.9) çeşidinde, en düşük Kurtuluş (4.2) ve Gündoğan (4.2) çeşitlerinde belirlenmiştir. Erzincan şeker çeşidi bakla başına 4.8 tane üretmiştir. İlgili çizelgede de görüldüğü üzere Bulduk çeşidi ile diğer çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur.

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar uygulanan su stresinin baklada tane sayısını etkilemediğini göstermektedir. Benzer bir konuda araştırma yapan Boutraa ve Sanders (2001), baklada tane sayısının su stresi ile oluşturulan stresle değişmediğini, verimdeki azalmanın stresin diğer verim bileşenlerindeki etkilerden kaynaklandığını bildirmiştir. Yılmaz (2024) yarı-sarılcı ve bodur fasulye çeşitleri ile karşılaştırdığı sarılcı Bulduk çeşidinin baklada tane sayısının daha yüksek (5.3) olduğunu belirtmiştir. Daha önce yapılan çalışmada bu araştırmada belirlenen sonuçlara benzer şekilde sarılcı fasulye çeşitlerinin baklada tane sayısının daha fazla olduğu da belirlenmiştir (Boydak ve ark., 2023).

Çizelge 4.33 Baklada tane sayısı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	2.40	1.20	4.81 ^{ÖD}
Sulama	3	1.55	0.51	2.08 ^{ÖD}
Hata	6	1.49	0.24	
Çeşit	3	23.70	7.90	39.26 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	1.57	0.17	0.86 ^{ÖD}
Hata	24	4.83	0.20	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.34 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında baklada tane sayıları

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	5.8	5.9	5.8	6.1	5.9 A*
Erzincan Şeker	4.7	4.7	4.5	5.3	4.8 B
Gündoğan	4.6	4.3	3.7	4.2	4.2 C
Kurtuluş	4.4	4.0	4.1	4.3	4.2 C
Ortalama	4.9	4.7	4.5	5.0	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 9.38.

4.10. Biyolojik Verim

Biyolojik verim varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35 ve biyolojik verim değerleri Çizelge 4.36'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçları çeşit, sulama ve sulama x çeşit interaksiyonunun biyolojik verime etkisinin istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.36'da görüldüğü üzere biyolojik verim değerleri TS (1784.4 kg/da) ve S₂ (1841.2 kg/da) konularında benzer şekilde yüksek, S₁ (1289.2 kg/da) ve S₃ (1470.4 kg/da) konularında ise daha düşük olarak belirlenmiştir. En yüksek biyolojik verim 3363.42 kg/da ile Bulduk çeşidinde, en düşük biyolojik verim 882.33 kg/da ile Erzincan Şeker çeşidinde görülmüştür. Erzincan (882.3 kg/da) ve Gündoğan (928.3 kg/da) çeşitlerinin biyolojik verimleri benzer bulunmuştur. Uygulama x çeşit interaksiyonunda biyolojik verim 758.3 - 3954.3 kg/da arasında değişmektedir. Bulduk ve Kurtuluş değişen su stresi uygulamalarına farklı tepkiler verirken, Erzincan Şeker ve Gündoğan benzer tepkiler vermiştir. S₁ ve S₃ uygulamaları benzer dönemlerde (bakla oluşumu sonrasında) %50 daha az su verilerek strese maruz bırakılmıştır. Bu sonuç biyolojik verimin bakla oluşumu sonrasındaki su stresinden daha çok etkilendiğini göstermektedir.

İndeterminant (vejetasyon boyunca yeniden çiçek ve yaprak üreten sarılıcı tipler) mimarinin sürekli gelişimini kısıtlayan su stresi Bulduk çeşidinden S₁ ve S₂ uygulamasının diğerlerinden farklı olmasına neden olmuştur. Rosales-Serna ve ark. (2004) kuraklık stresinde biyolojik verimi daha yüksek olan çeşitlerin kuraklık toleransının daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu yüzden Bulduk çeşidinin kuraklık

toleransının daha düşük olduğu diğer çeşitlerin değişen su kısıntılarında benzer sonuçlar verdiği için daha toleranslı olduğu söylenebilir. Kurtuluş çeşidi S₃ uygulamasında stres oluşmayan TS konusu ile benzer diğer uygulamalardan daha yüksek biyolojik verime sahip olmuştur. Kurtuluş çeşidinin dönemsel su stresi sonrasında yapılan tam sulama ile yeniden gelişebilme özelliğinin diğer çeşitlere göre daha belirgin olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.35 Biyolojik verim varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	97890.3	48945.1	1.28 ^{ÖD}
Sulama	3	2466301	822100	21.60 ^{**}
Hata	6	228293	38048.8	
Çeşit	3	5070000	16900.00	693.84 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	2147433	238604	9.79 ^{**}
Hata	24	584844	24369	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.36 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında biyolojik verimleri (kg/da)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	3954.3 a	2601.7 c	3897.3 a	3000.3 b	3363.4 A*
Erzincan Şeker	929.0 fg	758.3 g	977.0 fg	865.0 fg	882.3 C
Gündoğan	996.7 efg	792.3 g	1001.0 efg	923.3 fg	928.3 C
Kurtuluş	1257.7 de	1004.3 efg	1489.3 d	1093.0 ef	1211.0 B
Ortalama	1784.4 A	1289.2 B	1841.2 A*	1470.4 B	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Sulama ve çeşit ortalamaları için büyük, çeşit x sulama etkileşimi için küçük harfler kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı: 9.77.

4.11. Tane Verimi

Tane verimi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.37 ve tane verimi değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşit ve sulama istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli, sulama x çeşit etkileşiminin önemli olmadığı belirlenmiştir.

Su stresi uygulamaları arasında en yüksek tane verimi S₂ (505.5 kg/da) konusunda, en düşük tane verimi ise S₁ (368.6 kg/da) konusunda elde edilmiş olup S₂ uygulamasındaki tane verimi ile diğer uygulamalar arasında belirlenen farklar istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur (Çizelge 4.38). Diğer taraftan, S_1 ve S_3 (397.3 kg/da) konuları arasındaki fark ise önemli olmamıştır. TS konusunda 434.3 kg/da tane verimi elde edilmiş ve bu değer S_3 (397.3 kg/da) konusundaki değer ile benzerlik göstermiştir.

Çeşitler tane verimi bakımından iki gruba ayrılmış; Kurtuluş (480 kg/da) ve Bulduk (470.3 kg/da) daha yüksek tane verimine sahip birinci grupta, Erzincan Şeker (369.2 kg/da) ve Gündoğan (386.2 kg/da) daha düşük tane verimine sahip ikinci grupta yer almıştır (Çizelge 4.38). Gruplar arasındaki tane verim farkları da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çiçeklenme döneminde tam sulanan, tane doldurma döneminde su stresi uygulanan S_1 konusunda en düşük tane veriminin elde edilmesi, diğer dönemler fark etmeksizin tane doldurma döneminde uygulanan su stresinin tane verimini olumsuz şekilde etkilediğini göstermektedir. En yüksek verimin elde edildiği S_2 konusunda çiçeklenme döneminde uygulanan su stresi kısmi strese sebep olmuş ve bitkilerde daha fazla çiçek oluşumunu teşvik etmiş olacak ki tane doldurma döneminde daha yüksek tane verimi ile sonuçlanmıştır. Stresin bitkilerde daha fazla generatif organ/çiçek üretmeye teşviki Yavuz (2021) tarafından da bildirilmiştir. Bu sebeple S_2 konusunda vejetasyon süresince tarla kapasitesinde yapılan sulamaya (TS) göre daha yüksek tane verimi elde edilmiştir. Oysa daha önceki araştırmalarda su stresinin %52-69 arasında verim kaybına neden olduğu rapor edilmiştir (Kazai ve ark., 2019; Singh, 2007; Urrea ve ark., 2009). Su stresinin en önemli göstergesi tane verimidir (Kazai ve ark., 2019). Tane verimindeki değişimler göz önüne alındığında bitkilerdeki dönemsel su stresi genelde tane verimini geliştirmiştir. Dönemsel su stresinin beklenmeyen bu etkisi birim alan verimini geliştiren bir sulama metodolojisi geliştirilmesini sağlamıştır. Bulduk çeşidinin tane verimi Erzincan'da 148.6 kg/da (Yılmaz, 2024), Konya'da 472.5 kg/da (Kuyucuoğlu, 2017) ve Van'da 360.3 kg/da (Zirek, 2015) olarak belirlenmiştir. Kurtuluş Samsun'da 143 kg/da, Eskişehir'de 145-247 kg/da arasında ve Konya'da 281-331 kg/da arasında belirlenmiştir (Anonim, 2023), Gündoğan Erzincan'da 165-285 kg/da arasında, Eskişehir'de 116-225 kg/da arasında ve Konya'da 150-283 kg/da arasında verim vermiştir (Anonim, 2021).

Bu araştırmadaki çeşitlerin tane verimleri yemeklik tane fasulye araştırmalarındaki belirlenen verimlerin çoğundan daha yüksektir. Bu yüzden Tokat'ın, fasulye iklim istekleri bakımından uygun şartlara sahip çeşitlerin verim potansiyelinin daha iyi

değerlendirileceği bir bölge olduğu düşünülmektedir. Bu araştırmada kullanılan fasulye çeşitleri son yıllarda geliştirilmiştir. Bu çeşitlerle yürütülen araştırmalar sınırlı sayıda olduğu için bu araştırmada değerlendirilen karakterler tescil denemelerinin sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Son olarak, bu araştırmada incelenen yeni çeşitlerin şeker tipi fasulyenin tane veriminde önemli bir artış sağlandığını göstermektedir.

Çizelge 4.37 Tane verimi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	811.54	405.771	0.25 ^{ÖD}
Sulama	3	1260730	42024.3	26.23 ^{**}
Hata	6	9609.79	1601.63	
Çeşit	3	1163700	38789.9	19.89 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	39842.50	4426.94	2.27 ^{ÖD}
Hata	24	46805.33	1950.2	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.38 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında tane verimleri (kg/da)

Çeşitler	TS	S1	S2	S3	Ortalama
Bulduk	514.3	411.7	578.3	377.0	470.3 A
Erzincan Şeker	392.3	285.3	429.0	370.0	369.2 B
Gündoğan	349.3	352.0	445.3	398.0	386.2 B
Kurtuluş	481.0	425.3	569.3	444.3	480.0 A*
Ortalama	434.3 B	368.6 C	505.5 A*	397.3 BC	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 10.35.

4.12. Hasat İndeksi

Hasat indeksi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39 ve hasat indeksi değerleri Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre sulama, çeşit ve çeşit x sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu tespit edilmiştir.

Dönemsel su kısıntıları arasından S₁ (%35.1), S₃ (%34.8) ve S₂ (%35.5) konularında benzer şekilde daha yüksek hasat indeksi belirlenirken, TS (%32.2) konusunda hasat indeksi önemli derecede düşük olmuştur (Çizelge 4.40). Çeşitlere bakıldığında, her ne kadar aralarında istatistiksel olarak farklılık bulunsa da Gündoğan (%41.8), Erzincan

Şeker (%41.7) ve Kurtuluş (%40.0) çeşitlerinin birbirine yakın hasat indeksi değerlerine sahip olduğu ve Bulduk (%14.1) çeşidinin ise çok düşük hasat indeksine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çeşit x sulama interaksyonu önemli olup %12.6-44.5 arasında değişim göstermiştir. İlgili çizelgenin (Çizelge 4.40) incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, çeşitlerin uygulanan su streslerine ilişkin hasat indeksi tepkilerinde belirgin farklılıklar olmuş bu durum çeşit x sulama interaksyonunun önemli çıkmasına yol açmıştır. Su stresi bitkinin ihtiyacı olan suyun tam verilmemesinden dolayı bitkinin gelişimini farklı şekilde etkileyebilir. S₂ uygulaması bitkinin çiçeklenme döneminde strese maruz bırakılarak çiçeklenmeye teşvik edilmesiyle birlikte bakla oluşum döneminde ihtiyacı olan suyun tam verilerek çiçeklerin tamamında bakla oluşmasını sağlamıştır. S₁ ve S₃ konularında stres uygulanan dönemlerde bitki biyolojik verimini etkileyerek hasat indeksinin daha yüksek olması ile sonuçlanmıştır. TS konusu hiç strese maruz kalmadığından dolayı biyolojik verim ve tane verimi stabil bir şekilde geliştiğinden düşük hasat indeksi değerine sahip olduğu görülmektedir.

Sulama koşulları normal veya fazla olduğunda biyolojik verimin fazla olmasıyla hasat indeksinin azaldığı Candoğan (2009) tarafından da belirlenmiştir. Hasat indeksi, elde edilen toprak üstü aksamın ne kadarının taneye dönüştüğünün en önemli göstergelerinden biridir (Ramirez-Vallejo ve Kelly, 1998; Mukeshimana ve ark., 2014). Çeşitler arasında Gündoğan, Erzincan Şeker ve Kurtuluş bodur ve yarı sarılcı çeşitler olduğundan dolayı hasat indeksleri benzer şekilde gelmiştir. Bulduk çeşidi sarılcı olduğundan dolayı toprak üstü aksamın fazla olması biyolojik verimi arttırdığı için tane verimine oranla hasat indeksi düşüktür. Yılmaz (2024) yaptığı çalışmada Bulduk çeşidinin hasat indeksinin %26.7 ile en düşük, incelenen diğer yarı sarılcı ve bodur tipli çeşitlere göre daha düşük olduğunu belirlemiştir. Çeşitlerin gelişme tiplerinin ve su stresine tepkilerinin farklı olması nedeniyle çeşitlerin x su kısıntılarına tepkileri farklı olmuştur. Elde edilen sonuçlar şeker tipi kuru fasulyenin su stresine bağlı olarak toprak üstü aksamın gelişmesi ve çeşitlerin genetik potansiyellerindeki farklılıklar nedeniyle su kullanım etkinliğinin değişken olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.39 Hasat indeksi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	63.15	31.57	11.24**
Sulama	3	81.53	27.17	9.67**
Hata	6	16.84	2.80	
Çeşit	3	6594.01	2198	462.05**
Çeşit*Sulama	9	227.45	25.27	5.31**
Hata	24	114.16	4.76	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.40 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında hasat indeksleri

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	13.0 f	16.0 f	14.8 f	12.6 f	14.1 C*
Erzincan Şeker	42.0 abc	37.6 de	44.1 ab	42.9 ab	41.7 AB
Gündoğan	35.1 e	44.5 a	44.4 a	43.2 ab	41.8 A
Kurtuluş	38.5 cde	42.4 ab	38.5 cde	40.4 bcd	40.0 B
Ortalama	32.2 B	35.1 A	35.5 A*	34.8 A	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Sulama ve çeşit ortalamaları için büyük, çeşit x sulama etkileşimi için küçük harfler kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı: 6.34.

4.13. 100 Tane Ağırlığı

Yüz tane ağırlığı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.41 ve yüz tane ağırlığı değerleri Çizelge 4.42’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sulama, çeşit ve çeşit x sulama etkileşiminin yüz tane ağırlığına etkisinin istatistiksel olarak ($p < 0.01$) önemli olduğu tespit edilmiştir.

Su stresinin önemli derecede etkilediği yüz tane ağırlıkları yüksekten düşüğe şu şekildedir: S₂ (51.4 g), TS (49.6 g), S₃ (46.3 g) ve S₁ (44.9 g) (Çizelge 4.42). 100 tane ağırlığı bakımından uygulamalar arasında belirlenen farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çeşitler arasında en yüksek 100 tane ağırlığı Gündoğan (54.4 g), en düşük yüz tane ağırlığı Bulduk (34.5 g) çeşidinde belirlenmiştir. Gündoğan çeşidinden sonra sırayla Erzincan Şeker (52.4 g) ve Kurtuluş (50.9 g) gelmektedir. Denemede kullanılan çeşitler yapıları bakımından ve gelişme tipleri bakımından farklılık gösterdikleri için yüz tane ağırlıkları önemli derecede değişiklik göstermiştir. Özellikle çiçeklenme ve bakla

oluşum dönemi sonrası uygulanan su stresinin yüz tane ağırlığını önemli derecede etkilediği görülmektedir.

Bitkilerin daha az su ile karşı karşıya kaldıkları durumda tanelerin daha küçük kalması beklenen bir sonuçtur. Nitekim su stresinin tane boyutunu önemli şekilde etkilediği Boutraa ve Sanders (2001) ve Şehirli ve ark. (2005) tarafından da bildirilmiştir. Uygulama x çeşit interaksiyonunun önemli olduğu belirlenmiş ve 100 tane ağırlığı 32.8-57.5 g arasında değişmiştir. Bütün çeşitler benzer şekilde S₂ konusunda daha yüksek 100 tane ağırlığına sahip olurken, Bulduk ve Kurtuluş S₁ ve S₃'te benzer, Erzincan şeker ve Gündoğan S₃'te orta ve S₁'de en düşük 100 tane ağırlığına sahip olmuştur. Terán ve Singh (2002) kuraklık stresinde fasulyede tane ağırlığının kuraklık toleranslı çeşitlerde daha az değiştiğini, hassas çeşitlerde önemli şekilde azaldığını bildirmiştir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde Kurtuluş ve Bulduk çeşitlerinin kuraklık toleransının yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.41 100 tane ağırlığı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.80	0.40	0.93 ^{ÖD}
Sulama	3	314.66	104.88	241.69 ^{**}
Hata	6	2.60	0.43	
Çeşit	3	2997.67	999.22	1050.50 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	130.32	14.48	15.22 ^{**}
Hata	24	22.82	0.95	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.42 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında 100 tane ağırlıkları (g)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	36.0 g	32.8 h	36.3 g	33.0 h	34.5 D
Erzincan Şeker	52.1 c	49.7 e	56.2 ab	51.5 cd	52.4 B
Gündoğan	54.8 b	50.2 de	57.5 a	55.2 b	54.4 A*
Kurtuluş	55.6 b	46.9 f	55.4 b	45.5 f	50.9 C
Ortalama	49.6 B	44.9 D	51.4 A*	46.3 C	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemlidir. Sulama ve çeşit ortalamaları için büyük, çeşit x sulama interaksiyonu için küçük harfler kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı: 2.02.

4.14. Protein Oranı (%)

Protein oranına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.43 ve protein oranı değerleri Çizelge 4.44'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları çeşit ve sulamanın protein oranına etkisinin istatistik olarak önemli ($p<0.05$), çeşit x sulama interaksiyonunun ise istatistik olarak önemli olmadığını göstermektedir.

En yüksek protein oranı S_3 (%27.9), en düşük protein oranı S_2 (%26.0)'te görülmüştür (Çizelge 4.44). Kısıntılı su uygulamasında bitki su stresine maruz kaldıkça protein oranı önemli derecede artmıştır. Çeşitler arasında en yüksek protein oranı Bulduk ve Erzincan Şeker çeşitlerinde % 27.0 olarak belirlenmiş ve bu çeşitleri % 26.7 ile Kurtuluş, % 26.2 ile Gündoğan izlemiştir. Her ne kadar çeşitler ham protein oranı bakımından istatistiksel olarak farklı olsa da çeşitlere ait ham protein oranları birbirlerine çok yakın bulunmuştur (Çizelge 4.44).

Bu araştırmada tane protein oranı su stresinin daha yüksek olduğu S_3 konusunda daha yükselmiş, kısıntının az olduğu (S_2) ya da tane oluşma dönemlerinde kısıntı olmayan (TS) uygulamasında düşmüştür. Su stresi uygulamasının protein oranını azalttığı Smith ve ark. (2019) tarafından da bildirilmiştir. Aynı zamanda protein oranı, tane büyüklüğü ve genetik potansiyele bağlı olarak önemli şekilde değişebilen bir karakterdir (Sirat, 2020). Araştırmada sulama uygulamasının tane büyüklüğünü önemli şekilde etkilediği dikkate alınırsa tane büyüklüğünün değişkenliği benzer şekilde protein oranına da yansımaktadır.

Çizelge 4.43 Protein oranı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	4.98	2.48	3.98 ^{ÖD}
Sulama	3	26.59	8.86	14.24 ^{**}
Hata	6	3.73	0.62	
Çeşit	3	5.06	1.69	3.64 [*]
Çeşit*Sulama	9	2.07	0.23	0.50 ^{ÖD}
Hata	24	11.09	0.46	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir. **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.44 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında protein oranları (%)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	26.4	27.1	26.3	28.3	27.0 A*
Erzincan Şeker	26.5	26.9	26.3	28.1	27.0 A
Gündoğan	25.2	26.3	25.9	27.3	26.2 B
Kurtuluş	26.4	27.1	25.6	27.7	26.7 AB
Ortalama	26.1 BC	26.9 B	26.0 C	27.9 A*	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 2.58.

4.15. Su Alma Kapasitesi

Su alma kapasitesi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.45 ve su alma kapasitesi değerleri Çizelge 4.46'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre çeşitlerin su alma kapasitesine etkisinin $p < 0.01$ düzeyinde, su stresi uygulamasının $p < 0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Çeşit x sulama interaksiyonunun istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Su stresi uygulamalarında en yüksek su alma kapasitesi S₂ konusunda 0.58 g, en düşük değer ise S₁ konusunda 0.50 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Bunun yanında su alma kapasitesi bakımından en yüksek değere sahip S₂ ile S₁ hariç diğer uygulamaların benzer etkiye sahip oldukları görülmüştür. Çizelge 4.46'da görüldüğü üzere benzer su alma kapasitesine sahip Erzincan Şeker (0.60 g) ve Gündoğan (0.61 g) çeşitleri ilk sırada yer almış ve bunları Kurtuluş çeşidi (0.57 g) izlemiş ve aralarındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En düşük su alma kapasitesi ise Bulduk (0.37) çeşidinde belirlenmiştir.

Su alma kapasitesinin yüz tane ağırlığıyla önemli derecede ilişkili olduğu, yüz tane ağırlığı artarken su alma kapasitesinin arttığı, yüz tane ağırlığı azalırken aynı oranda su alma kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir (Karasu, 2003; Kaur ve Singh, 2006). Bu araştırmada, bitki tane dolun döneminden itibaren su stresine maruz kalmadığında bitkinin su alma kapasitesinin de o oranda arttığı, iri taneli çeşitlerin daha yüksek su alma kapasitesine sahip oldukları belirlenmiştir. Kınacı ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, su alma kapasitesinin tane iriliğiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Su alma kapasitesini etkileyen en önemli etkenler tohum yapısı, kabuk kalınlığı, hücrelerin durumu ve hücre

duvarının yapısıdır (Türkmen, 2020). Strese maruz kalmayan bitkiler, özellikle çiçeklenme sonrası ve bakla oluşum sürecinde, strese maruz kalan çeşitlere göre daha yüksek su alma kapasitesine sahip olmuştur. Bu sonuçlar su alma kapasitesi ve tane büyüklüğü arasındaki ilişkiyi teyit etmektedir.

Çizelge 4.45 Su alma kapasitesi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.005	0.002	1.91 ^{ÖD}
Sulama	3	0.033	0.011	8.56*
Hata	6	0.008	0.001	
Çeşit	3	0.484	0.161	187.96**
Çeşit*Sulama	9	0.006	0.0007	0.76 ^{ÖD}
Hata	24	0.021	0.0008	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir. **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.46 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında su alma kapasiteleri (g)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	0.37	0.34	0.40	0.36	0.37 C
Erzincan Şeker	0.59	0.57	0.62	0.62	0.60 A
Gündoğan	0.61	0.57	0.67	0.61	0.61 A*
Kurtuluş	0.59	0.53	0.61	0.56	0.57 B
Ortalama	0.54 AB	0.50 B	0.58 A*	0.54 AB	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 5.43.

4.16. Su Alma İndeksi

Su alma indeksi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.47 ve su alma indeksi değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşitlerin su alma indeksine etkisinin istatistiki olarak ($p < 0.01$) önemli olduğu, sulama ve çeşit x sulama interaksiyonunun istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Su stresi uygulamalarında su alma indeksi % 108-111 arasında değişmiştir (Çizelge 4.48). Su alma indeksleri Erzincan Şeker (%113), Kurtuluş (%112) ve Gündoğan (%111) çeşitlerinde daha yüksek, Bulduk çeşidinde ise daha düşük (%104) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan Tukey testinde, Erzincan Şeker, Kurtuluş ve Gündoğan çeşitleri

arasında su alma indeksi bakımından önemli fark olmadığı, Bulduk çeşidinin ise bu üç çeşitten farklı olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada kısıntılı su uygulamalarının su alma indeksine etki etmediği belirlenmesine karşın, bu konuda yapılan araştırmalarda farklı bulgular elde edilmiştir. Elkoca ve Çınar (2015), Erzurum koşullarında yaptıkları çalışmada su alma indeksi değerlerinin %76-116 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda su alma indeksi değerinin %25-139 arasında değiştiği ve su alma indeksinde belirlenen farklılıkların çeşitlerin genetik potansiyelleri ve iklimsel olaylardaki değişkenliklerin neden olduğu tane büyüklüğü farklılıklarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Doğan ve ark., 2005; Cengiz, 2007; Saylam, 2017).

Çizelge 4.47 Su alma indeksi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	0.007	0.003	0.89 ^{ÖD}
Sulama	3	0.004	0.0013	0.33 ^{ÖD}
Hata	6	0.023	0.004	
Çeşit	3	0.063	0.021	8.17 ^{**}
Çeşit*Sulama	9	0.013	0.0014	0.55 ^{ÖD}
Hata	24	0.062	0.0026	

ÖD: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.48 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında su alma indeksleri (%)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	102	104	107	102	104 B
Erzincan Şeker	112	115	110	114	113 A*
Gündoğan	108	111	112	111	111 A
Kurtuluş	111	112	110	115	112 A
Ortalama	108	111	110	110	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistikî olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 4.61.

4.17. Pişme Süresi

Pişme süresi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.49 ve pişme süresi değerleri Çizelge 4.50’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşit ve sulamanın pişme süresine etkisinin istatistiki olarak önemli ($p<0.01$), çeşit x sulama interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan su stresi uygulamalarında en kısa pişme süresi TS (16.6 dk) ve en uzun S₃ (19.3 dk)’te görülmüştür. S₁ (17.9 dk) ve S₂ (17.5 dk)’deki pişme sürelerinin TS’den yaklaşık 1 dk daha uzun olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Çeşitler arasında en kısa pişme süresi Gündoğan’da (16.3 dk) ölçülmüştür. Gündoğan çeşidini sırasıyla 17.3 dk ile Erzincan şeker, 18.7 dk ile Kurtuluş ve 19.2 dk ile Bulduk çeşidi izlemiştir.

Fasulyede tane pişme süresinin su alma kapasitesi tarafından önemli derecede etkilendiği (Kınacı ve ark., 2008), özellikle sert tohumluların çok fazla suyu absorbe edemediği yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Agbo ve ark., 1987; Türkmen, 2020). Bu araştırmanın sonuçlarında da pişme süresi ile su alma kapasitesinin doğru orantılı oldukları görülmektedir.

Çizelge 4.49 Pişme süresi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	5.54	2.77	8.48*
Sulama	3	47.16	15.72	48.17**
Hata	6	1.95	0.32	
Çeşit	3	63.83	21.27	40.85**
Çeşit*Sulama	9	3.66	0.40	0.78 ^{ÖD}
Hata	24	12.50	0.52	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir. **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.50 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında pişme süreleri (dk)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	17.7	19.3	19.0	20.7	19.2 A
Erzincan Şeker	16.0	17.0	17.0	19.0	17.3 B
Gündoğan	15.3	16.3	15.3	18.0	16.3 C*
Kurtuluş	17.3	19.0	18.7	19.7	18.7 A
Ortalama	16.6 C*	17.9 B	17.5 B	19.3 A	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Varyasyon katsayısı: 4.04.

4.18. Kabuk Oranı

Kabuk oranı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.51 ve kabuk oranı değerleri Çizelge 4.52’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde su stresi uygulamalarının kabuk oranına etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığı, çeşitlerin $p < 0.01$ seviyesinde ve çeşit x su stresi interaksyonunun $p < 0.05$ seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Su stresi uygulamalarında istatistiki olarak önemli olmasa da TS (%6.47) ve S₂ (6.35) konularında daha düşük, S₁ (%6.66) ve S₃ (%6.65) konularında ise daha yüksek kabuk oranı belirlenmiştir (Çizelge 4.52). Çeşitler arasında en düşük kabuk oranı %6.11 ile Bulduk çeşidinde belirlenirken, Erzincan Şeker (%6.76), Gündoğan (%6.74) ve Kurtuluş (%6.52) çeşitleri birbirine yakın ve daha yüksek kabuk oranlarına sahiptirler. Araştırmada çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında kabuk oranları %6.01-%7.30 değişmiştir. Bulduk farklı su kısıntılarında benzer kabuk oranlarına sahip olurken, Erzincan şeker ve Gündoğan S₁ konusunda daha yüksek, Kurtuluş çeşidi ise sadece S₃ konusunda daha yüksek kabuk oranına sahip olmuştur.

Tane büyüklüğünün arttığı durumlarda kotiledonlar ağırlıkça daha fazla değişirken, kabuk oranının aynı ölçüde artması beklenmez. Bu yüzden su kısıntılarında belirlenen artan tane büyüklüğü, kabuk oranında oransal olarak azalmalara neden olmuş olabilir. Kabuk kalınlığını Bozoğlu ve Gülümser (2000), %8.44-9.16 arasında, Saylam (2017) %7.3-9.8 arasında, Sözen ve ark. (2020), %6.96-8.50 arasında ve Türkmen (2020) %6.96-8.41 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu araştırmada belirlenen kabuk oranları diğer araştırmalardaki belirlenen sonuçlara göre biraz daha düşüktür. Gündoğan, Erzincan şeker ve Kurtuluş çeşitleri iri taneli olmalarından dolayı kabuk oranları daha düşük

olabilir. Bu sonuçlar fasulyede kabuk oranının tane büyüklüğüne ve daha önceki araştırmalarda belirtildiği üzere toprak yapısına, iklime ve genetik yapıya göre oldukça değişken olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.51 Kabuk oranı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	1.49	0.75	12.39**
Sulama	3	0.82	0.27	4.52 ^{ÖD}
Hata	6	0.36	0.06	
Çeşit	3	3.23	1.08	6.51**
Çeşit*Sulama	9	3.81	0.42	2.55*
Hata	24	3.97	0.17	

ÖD: önemli değil, *:%5 düzeyinde önemlidir. **:%1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.52 Çeşitlerin farklı su stresi uygulamalarında kabuk oranları (%)

Çeşitler	TS	S ₁	S ₂	S ₃	Ortalama
Bulduk	6.24 def	6.18 ef	6.03 f	6.01 f	6.11 B
Erzincan Şeker	6.49 c-f	7.24 ab	6.58 b-f	6.72 a-e	6.76 A*
Gündoğan	6.92 a-d	7.08 abc	6.38 def	6.58 b-f	6.74 A
Kurtuluş	6.24 def	6.13 de	6.40 c-f	7.30 a	6.52 A
Ortalama	6.47	6.66	6.35	6.65	

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar TUKEY testi %5 önem seviyesine göre istatistiki olarak önemlidir. Sulama ve çeşit ortalamaları için büyük, çeşit x sulama interaksyonu için küçük harfler kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı: 8.94.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Fasulye bitkisinde gelişimin daha iyi olması birim alandan maksimum verim elde edilmesi bakımından önemlidir. Sulama uygulamalarının bu açıdan dikkate alınması ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekir. Bu amaçla Tokat koşullarında yürütülen bu çalışmadan elde edilen veriler kuru fasulyede sulamanın ne kadar önemli olduğunu ve uygulanan dönemsel su stresinin bitki gelişimi için çalışılmaya ve geliştirilmeye değer olduğunu göstermektedir. Elde edilen verilere göre sulama programlarının kuru fasulye çeşitlerinin performansını önemli şekilde etkilediği ve araştırmanın geliştirilerek devamının gerekliliği belirlenmiştir.

Dönemsel su stresinin tespiti, bitkinin belirli dönemlerde su ihtiyacının azaltılarak verim ve kaliteyi optimum seviyede tutmanın ne kadar önemli olduğunu amaçlamaktır. Çalışmada TS (tam sulama) uygulamasının yanında bitkinin önemli gelişim evreleri olan çiçeklenme ve bakla oluşum döneminde uygulanacak su stresine karşı verdiği tepkiler göz önüne alınmıştır. Su stresi uygulamalarının bakla oluşum süresi, yaprak sıcaklığı, olgunlaşma süresi, bitkide bakla sayısı, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi, yüz tane ağırlığı, protein oranı, su alma kapasitesi ve pişme süresi gibi parametreleri önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca vejetatif dönemde, yani çiçeklenme dönemine kadar geçen süre zarfında, yağışların fazla olması ve çiçeklenme dönemine stres uygulaması yapılmaması bitki gelişimini ve strese tepkilerini etkilemiştir.

Önemli gelişme dönemlerindeki su stresi klorofil içeriği (SPAD), maksimum PSII kuantum etkinliği (Fv/Fm), bitki boyu (cm) gibi parametrelerde istatistiksel farklar ortaya çıkarmamıştır. Genel olarak kullanılan çeşitlerin (Bulduk, Erzincan Şeker, Gündoğan ve Kurtuluş), gelişme şekilleri (sarılıcı, yarı sarılıcı, bodur) farklılıklarından kaynaklanan değişkenlikler tespit edilmiştir. Bulduk çeşidi sarılıcı olduğundan biyolojik verim ve tane bakımından yüksek değerlere sahip olmuştur. Erzincan Şeker ve Kurtuluş çeşitleri yeni geliştirilen çeşitlerdir ve elde edilen sonuçlar çeşitlerin performanslarının oldukça iyi olduğunu ve yeni araştırmalara dahil edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak; d6nemsel olarak çiçeklenme ve bakla oluşum d6nemlerinde uygulanan su stresi, 6nemli olmasıyla birlikte bakla oluşum d6neminde uygulanan stresin verimi ve kaliteyi daha fazla etkilediği g6r6lmektedir. Çiçeklenme d6neminde uygulanacak %50 su stresi ve beraberinde sulamanın tam yapılması (S₁) s6rekli tarla kapasitesinde sulamaya (TS) g6re daha y6ksek verim sağladığı gibi sulama suyundan %14 tasarruf sağlamıştır. Ancak araştırmanın y6r6t6ld6đ6 yıldı vejetatif gelişme d6neminde uzun yıllara g6re daha fazla olan yağışlardan dolayı, bitkide g6l6 gelişme, çiçeklenme d6nemindeki uygulanan su stresinin etkilerini hafifletmiş olabilir. Bu y6zden araştırmanın bir 6retim yılında daha tekrarlanması verilerin g6venirliliğini artırmak açısından 6nem arz etmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Agbo, G. N., Hosfield, G. L., Uebersax, M. A., and Klomparens, K., 1987. Seed microstructure and its relationship to water uptake in isogenic lines and a cultivar of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Structure*, 6 (1), 12.
- Akbulut, B., Karakurt, Y., ve Tonguç, M., 2014. Fasulye Genotiplerinin Morfolojik ve Fenolojik Karakterizasyonu. Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 30 (4), 227-233.
- Aksu, ., 2016. Kuru Fasulyenin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Farklı Ekim Sıklığı ve Su Stresi Koşullarında Verim ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 34.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300 (9), D05109.
- Allen, R. G., Yonts, C. D. and Wright, J. L., 2000. Irrigation To Maximize Bean Production And Water Use Efficiency. In *Bean Research, Production, And Utilization*. Proc Idaho Bean Workshop. University Of Idaho, Moscow (Pp. 71-92).
- Amongi, W., Nkalubo, S. T., Ochwo-Ssemakula, M., Badji, A., Dramadri, I. O., Odongo, T. L., and Mukankusi, C., 2023. Phenotype based clustering, and diversity of common bean genotypes in seed iron concentration and cooking time. *Plos one*, 18 (5), e0284976.
- Anonim, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Kuru Fasulye Tescil Raporu. Ankara <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Yay%C4%B1nlar/Tescil%20Raporlar%C4%B1/2021/Yemeklik%20Tane%20Baklagiller/Kuru%20Fasulye%20Tescil%20Raporu%202021.pdf>
- Anonim, 2023. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Kuru Fasulye Tescil Raporu. Ankara <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Duyuru%20Belgeleri/2023%20DUYURULAR/Nisan%20Ay%C4%B1%20Tescil%20Toplant%C4%B1lar%C4%B1/Tescil%20Raporlar%C4%B1/Yemeklik%20Tane%20Baklagiller/Kuru%20Fasulye%20Tescil%20Raporu%202023.pdf>
- Araghi, S.G. and Assad, M.T., 1998. Evaluation Of Four Screening Techniques For Drought Resistance And Their Relationship To Yield Reduction Ratio In Wheat. *Euphytica*, 103 (2), 293-299.
- Aytekin, R. İ., 2017. Bodur Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) eşitlerinde Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Kullanılarak Kuraklığa Dayanıklılığın Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitkisel retim ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Niğde.
- Aydoğın, ., ve Turhan, E., 2012. Su basması stresi ve geri kazanım uygulamasının bazı taze fasulye genotipleri üzerine etkileri. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Ziraat Fakóltesi Dergisi*, 2012 (1), 41-51.
- Beebe, S. E., Rao, I. M., Cajiao, C., and Grajales, M., 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop science*, 48 (2), 582-592.

- Boutraa, T., & Sanders, F. E., 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187 (4), 251-257.
- Boydak, E., Fırat, R., ve Kayantaş, B., 2023. Farklı Kuru Fasulye Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. *Journal of Agriculture*, 6 (2), 91-98.
- Bozkurt, A., 2020. Farklı Ekim Sıklıkları ve Ekim Zamanlarının Kuru Fasulyede (*Phaseolus Vulgaris* L.) Tane Verimi ve Bazı Verim Ögeleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, 23,24.
- Bozoğlu, H., Gülümser, A., 2000, “Kuru Fasulyede (*Phaseolus Vulgaris* L.) Bazı Tarımsal Özelliklerin Genotip x Çevre İnteraksiyonları ve Stabilitelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma”. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*. 24: 211-220.
- Candoğan, B. N. (2009). Soya fasulyesinin su-verim ilişkileri (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bursa.
- Cengiz, B., 2007. Sakarya ve Eskişehir Lokasyonlarında Yetiştirilen Bazı Kuru Fasulye Çeşitlerinin Kalite Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Cömert, M. M., & Öztekin, T. (2016). İşlenmiş ve işlenmemiş arazi koşullarında ikinci ürün karnabaharın (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) bitki su tüketimi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 33(1), 173-181.
- Çalışkan, S., AYTEKİN, R. İ., YAĞIZ, A. K., ve YAVUZ, C., 2018. Bazı Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Çeşitlerinde Tam ve Kısıtlı Sulama Uygulamalarının Tane Kalitesi Üzerine Etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (12), 1853-1859.
- Çınar, T., 2015. Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Erzurum Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu ve Tarımsal Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Darkwa, K., Ambachew, D., Mohammed, H., Asfaw, A., and Blair, M. W., 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. *The crop journal*, 4 (5), 367-376.
- Demir Yurteri, Y., 2023. Damla Sulama ile Sulanan Kuru Fasulye Çeşitlerinde Farklı Sulama Seviyelerinin Verim ve Su Kullanımına Etkisi. (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya.
- Diaz, S., Ariza-Suarez, D., Ramdeen, R., Aparicio, J., Arunachalam, N., Hernandez, C., and Raatz, B., 2021. Genetic architecture and genomic prediction of cooking time in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11, 622213.
- Doğan, D., Çiftçi, P., Bildirici, N., ve Tunçtürk, M., 2005. Türkiye'de Tescil Edilmiş Kuru Fasulye Çeşitlerinin Hidratasyon Kapasiteleri, Hidratasyon indeksleri ve Sert Tohum Kabuğu Oranlarının Belirlenmesi. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, 5-9 Eylül Antalya, Araştırma Sunusu, Cilt 1, s.197-199.
- Düzdemir, O., ve Akdağ, C., 2001. Türkiye Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Gen Kaynaklarının Karakterizasyonu: II. Verim ve Diğer Bazı Özellikleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2001(1).

- Elkoca, E., ve Çınar, T., 2015. The adaptation, agronomical and quality characteristics of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and lines under Erzurum ecological conditions. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (2), 141.
- Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., Jalali, A. H., and Pessarakli, M., 2012. Drought stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58 (5), 527-534.
- Ergün, A., 2005. Samsun ilindeki barbunya fasulye gen kaynaklarının karakterizasyonu ve morfolojik varyabilitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Flexas, J., Briantais, J.M., Cerovic, Z., Medrano, H., Moya, I., 2000. Steady-state and maximum chlorophyll fluorescence responses to water stress in grapevine leaves: a new remote sensing system. *Remote Sens. Environ.* 73, 283–297.
- FAOSTAT, 2022, Food and Agriculture Organization of the United Nations., <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Ziyaret Tarihi: 29/08/2024)
- Garcia, R. A. V., Rangel, P. N., Bassinello, P. Z., Brondani, C., Melo, L. C., Sibov, S. T., and Vianello-Brondani, R. P., 2012. QTL mapping for the cooking time of common beans. *Euphytica*, 186, 779-792.
- Ghanbari, A. A., Mousavi, S. H., Gorji, A. M., and Rao, I., 2013. Effects of water stress on leaves and seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Türk Tarla Bitkileri Dergisi*, 18 (1), 73-77.
- Ghanbari, A. A., Shakiba, M. R., Toorchi, M., and Choukan, R., 2013. Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit stress. *European Journal of Experimental Biology*, 3(1), 487-492.
- Guo, P., Baum, M., Varshney, R. K., Graner, A., Grando, S. and Ceccarelli, S., 2008. QTLs for chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in barley under post-flowering drought. *Euphytica*, 163, 203-214.
- Güvenç, Ş., 1993. Farklı Sulama Seviyelerinin Erzurum’da Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* cv. Kızıllaç)’de Bitki Gelişmesine, Verime ve Bazı Mineral madde İçeriğine Etkisi. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Hu, M., and Wiatrak, P., 2012. Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality. *Agronomy Journal*, 104(3), 785-790.
- James, L. G., 1988. Principles of farm irrigation system design. John Willey and sons. Inc., Washington State University, 73, 152-153.
- Javornik, T., Carović-Stanko, K., Gunjača, J., Vidak, M., and Lazarević, B., 2023. Monitoring drought stress in common bean using chlorophyll fluorescence and multispectral imaging. *Plants*, 12 (6), 1386.
- Jeffery, H. R., Mudukuti, N., Buell, C. R., Childs, K. L., and Cichy, K., 2023. Gene expression profiling of soaked dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) reveals cell wall modification plays a role in cooking time. *The Plant Genome*, 16(3), e20364.
- Karasu, A., 2003. Isparta Koşullarında Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Hat ve Çeşitlerinin Verim ve Verim ile İlişkili Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma, Türkiye 5. Türkiye V. Tarla Bitkileri Kongresi, 1, 376-381.
- Kavmaz, A., 2021. Hacıhaliloğlu Kayısı Çeşidinde Dönemsel Su Stresi ve Gübre Uygulamalarının Vegetatif ve Generatif Gelişime Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Malatya Turgut Özal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Malatya, 101.

- Kazai, P., Noulas, C., Khah, E., and Vlachostergios, D., 2019. Yield and seed quality parameters of common bean cultivars grown under water and heat stress field conditions. *AIMS Agriculture and Food*, 4(2) 285-302.
- Keles, R., Bayrak, H., and Imriz, G., 2019. Determination of grain yield and leaf chlorophyll content of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci*, 7 (2), 53-57.
- Kılıçaslan, S., Yıldırım, E., Ekinci, M. ve Kul, R., 2020. Kuraklık Stresinin Fasulyede Bitki Gelişimi, Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 36(2).
- Kınacı, G., Ramazan, A. ve 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.
- Kul, R., 2019. Erzurum fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonunun morfolojik, moleküler karakterizasyonu ve seleksiyonu. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kuyucuoğlu, S., 2016. Farklı ekim zamanlarının bazı şeker tipi fasulye genotiplerinde agronomik özellikler üzerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A. F., Bahramnejad, B., Struik, P. C., and Sohrabi, Y., 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian journal of crop science*, 4(8), 580-585.
- Manjeru, P., Madanzi, T., Makedza, B. and Sithole, M., 2007. Effects Of Water Stress At Different Growth Stages On Components And Grain Yield Of Common Bean. *Afr. Crop Sci*, 8, 299-303.
- Mathobo, R., Marais, D., and Steyn, J. M., 2017. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Water Management*, 180, 118-125.
- Montilla-Bascón, G., Rubiales, D., Hebelstrup, K. H., Mandon, J., Harren, F. J., Cristescu, S. M. and Prats, E., 2017. Reduced nitric oxide levels during drought stress promote drought tolerance in barley and is associated with elevated polyamine biosynthesis. *Scientific reports*, 7(1), 1-15.
- Mukeshimana, G., Butare, L., Cregan, P. B., Blair, M. W., and Kelly, J. D., 2014. Quantitative trait loci associated with drought tolerance in common bean. *Crop Science*, 54 (3), 923-938.
- Muñoz-Perea, C. G., Terán, H., Allen, R. G., Wright, J. L., Westermann, D. T., and Singh, S. P., 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop science*, 46(5), 2111-2120.
- Öcal, M., 2021. Aksaray Ekolojik Koşullarında Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Çeşit/Hatların Morfo-Agronomik Özellikleri ile Özellikler Arası İlişkilerin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kırşehir.
- Önder, M., 1992. Bodur Kuru Fasulye Çeşitlerinin Tane Verimine ve Morfolojik Fenolojik Teknolojik Özelliklerine Bakteri Aşılama ve Azot Uygulamalarının Etkisi. (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış), Konya.

- Önder, M., Kahraman, A., ve Ceyhan, E., 2014. Response of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to water shortage. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-1), 623-628.
- Özçelik, H., ve Sözen, Ö., 2009. Kelkit Vadisi Yerel Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Populasyonlarının Toplanması, Karakterizasyonu, Morfolojik ve Agronomik Değişkenliklerin Belirlenmesi. Tubitak Projesi, Proje No: 108O013, 80 s, Ankara
- Ramirez-Vallejo, P., and Kelly, J. D., 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99, 127-136.
- Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J., and Kelly, J. D., 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field crops research*, 85 (2-3), 203-211.
- Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M., and Ganjeali, A., 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal Pulses Research*, 5 (1), 103-116.
- Saylam, A. Ç., 2017. Kırşehir Ekolojik Koşullarına Uygun Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Çeşit/Hatların Verim ve Verimle İlgili Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ahi Evran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kırşehir.
- Serengül, S., 2019. Bazı Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Bingöl Koşullarındaki Verim ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Bingöl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Malatya, 14.
- Sheikh İbrahim, Y.S.A., 2024. Güney-Batı Somali Koonfur-Galbeed Bölgesinde Tarımsal Sulama Üzerine İklim Değişiminin Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, İzmir.
- Singh, S. P., 1995. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. *Crop Science*, 35(1), 118-124.
- Singh, S. P., 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy journal*, 99(5), 1219-1225.
- Sirat, A., 2020. Yerel kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin tane verimi, verim unsurları ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 245-254.
- Smith, M. R., Veneklaas, E., Polania, J., Rao, I. M., Beebe, S. E., and Merchant, A., 2019. Field drought conditions impact yield but not nutritional quality of the seed in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *PLoS One*, 14 (6), e0217099.
- Soydemir, H. E., 2021. Bazı Kuru Fasulye Çeşit ve Hatlarının Farklı Lokasyonlardaki Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bolu, 105.
- Sözen, Ö., ve Karadavut, U., 2020. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Kuru Fasulye Genotiplerinin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (4), 1205-1217.
- Sözen, Ö., Yağmur, M. ve Türkmen, B., 2021. İleri Kademe Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Agro-Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.

- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. (COMU J. Agric. Fac.) 2021, 9 (2), 327–337
- Sprent, J. I., and Sprent, P., 1990. Nitrogen fixing organisms: pure and applied aspects (Vol. 256). London: Chapman and hall.
- Süheri, S., Hussein, N. M. H., Kurtar, E. S., Yavuz, N., ve Dal, Y., 2020. Determination of yield and quality of different snap bean varieties under deficit irrigation. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 252-263.
- Şehirali, S., Erdem, T., Erdem, Y., ve Kenar, D., 2005. Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Fasulyenin *Phaseolus vulgaris* L. Su Kullanım Özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(02), 212-216.
- Terán, H. and Singh, S. P., 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Science, 42(1), 64-70.
- TUIK, 2023, Bitkisel Üretim İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr> (Ziyaret Tarihi: 29/08/2024)
- Tunalı, H., 2019. Bazı yerel fasulye popülasyonlarının özelliklerinin belirlenmesi ve seleksiyonu. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Çanakkale, 49.
- Türkmen, B., 2020. İleri düzey kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin agromorfolojik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Kırşehir, 108.
- Uçar, Y., Kadayıfçı, A., Yılmaz, H. I., Tuylu, G. I. ve Yardımcı, N., 2009. The effect of deficit irrigation on the grain yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in semiarid regions. Spanish Journal of Agricultural Research, 7(2), 474-485.
- Urrea, C. A., Yonts, C. D., Lyon, D. J. and Koehler, A. E., 2009. Selection For Drought Tolerance In Dry Bean Derived From The Mesoamerican Gene Pool In Western Nebraska. Crop Science, 49(6), 2005-2010.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., and Davies, P., 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. nature, 467(7315), 555-561.
- Vural, A., 2022. Fasulyede Kısıtlı Sulama Koşullarında Absisik Asit ve Arbüsküler Mikorizal Fungus Uygulamalarının, Fasulye (*Phaseolus Vulgaris*) Kömür Çürüklüğü Hastalığı (*Macrophomina Phaseolina*) (Tassi) Goid ve Bazı Verim UNSURLARINA ETKİSİ. (Doktora Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van, 3.
- White, J. W., Kornegay, J., Castillo, J., Molano, C. H., Cajiao, C., and Tejada, G., 1992. Effect of growth habit on yield of large-seeded bush cultivars of common bean. Field Crops Research, 29(2), 151-161.
- Yarış, A., 2018. Farklı sulama oranlarının taze fasulyede meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi /Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Yavuz, N., 2021a. Influence of Different Irrigation Strategies on Yield and Water Use of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Semi-Arid Zone. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 9 (8), 1580-1588.
- Yavuz, N., 2021. The response of dry bean to water stress at various growth cycles in a semi-arid region. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 35 (2), 91-100.

- Yazar, A., Çevik, B., Tekinel, O., Tülücü, K., Baştuğ, R. ve Kanber, R., 1990. Çukurova Koşullarında Yağmurlama Yöntemiyle Sulanan İkinci Ürün Soyada Evapotranspirasyon İlişkilerinin Belirlenmesi. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 14, 181-203.
- Yılmaz, S., 2024. Erzincan Koşullarına Uygun Kuru Fasulye Çeşitlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Zirek, İ., 2015. Türkiye’de tescil edilmiş bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin verim ve bazı verim özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Van.

