



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM AÇISINDAN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.)
GENOTİPLERİNDE SU BASKINI STRESİNE TOLERANSIN
EKOFİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL DÜZEYDE İNCELENMESİ**

Nurdan KIRAÇ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**HATAY
ŞUBAT - 2025**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM AÇISINDAN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.)
GENOTİPLERİNDE SU BASKINI STRESİNE TOLERANSIN
EKOFİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL DÜZEYDE İNCELENMESİ**

Nurdan KIRAÇ
ORCID:0009-0007-8059-8047

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Danışman
Prof. Dr. Murat TİRYAKİOĞLU
ORCID: 0000-0002-0987-1801

HATAY
ŞUBAT - 2025

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM AÇISINDAN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.)
GENOTİPLERİNDE SU BASKINI STRESİNE TOLERANSIN
EKOFİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL DÜZEYDE İNCELENMESİ**

Nurdan KIRAÇ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Murat TİRYAKİOĞLU danışmanlığında hazırlanan bu tez **06/02/2025** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Bir öge seçin. ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Başkan

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

06/02/2025

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmzası

Nurdan KIRAÇ

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM AÇISINDAN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) GENOTİPLERİNDE SU BASKINI STRESİNE TOLERANSIN EKOFİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL DÜZEYDE İNCELENMESİ

Çalışma, su baskını stresine karşı toleranslı (Ekinoks, Meltem), orta derecede toleranslı (Karatoprak, Seri-82) ve duyarlı (Altınöz, Sönmez) olmak üzere altı farklı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinin, değişen su baskını sürelerine (Kontrol, 7 gün, 14 gün ve 28 gün) karşı ekofizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Sökmen Yerleşkesi'ndeki Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait serada, 100 x 300 x 27 cm (3 m² yüzey alanı) boyutlarındaki küvetlerde, tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Denemede su baskını uygulamaları ana parsel, buğday çeşitleri ise alt parsel olarak ele alınmıştır. Her bir parselde, dört sıra olacak şekilde ve 10 cm sıra arası mesafesiyle altı farklı buğday çeşidi elle ekilmiştir. Çalışmada, çeşitlerin sapa kalkma başlangıcı döneminde dört farklı süre ile (0, 7, 14 ve 28 gün) su baskını uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, su baskını süresi arttıkça bitki başına kardeş sayısının, bitki yeşil alan miktarının, bitki vejetatif ağırlık miktarının ve bitki tane veriminin azaldığını göstermiştir. Ayrıca, uzun süreli su baskınına karşı en duyarlı çeşitlerin Sönmez ve Seri-82, en toleranslı çeşitlerin Ekinoks ve Altınöz olduğu belirlenmiştir. Ekinoks, Sönmez ve Altınöz çeşitleri, kısa süreli su baskınlarında daha yüksek verim göstermiş, ancak uzun süreli stres koşullarında Altınöz çeşidinde azalma, Sönmez çeşidinde ise daha belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Biyokimyasal göstergeler, su baskını süresi ile birlikte oksidatif stresin arttığını ortaya koymuştur. MDA ve H₂O₂ seviyeleri, özellikle 28 günlük stres süresinde yüksek çıkarken, prolin seviyeleri uzun süreli stresle birlikte artmıştır. Ayrıca, SOD ve CAT aktiviteleri, çeşide özgü tepkiler sergileyerek bitkilerin stres koşullarına karşı geliştirdiği tolerans mekanizmalarını ortaya koymuştur. Sonuç olarak, su baskını stresine tolerans bakımından ekmeklik buğdaylar arasında önemli genotipik farklılıklar olduğu, uzun süren su baskınlarına hiçbir çeşidin tam anlamıyla tolerans göstermemiş olmasına rağmen yapılacak ıslah çalışmalarında mevcut çeşitlerin genetik materyal olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2025, 159 sayfa

Anahtar Kelimeler: Buğday (*Triticum aestivum* L.), Su baskını stresi, Antioksidan sistem, Ekofizyoloji

ABSTRACT

ECOPHYSIOLOGICAL and BIOCHEMICAL INVESTIGATION of TOLERANCE to WATERLOGGING STRESS in WHEAT (*Triticum aestivum* L.) GENOTYPES for SUSTAINABLE AGRICULTURE

The study aimed to investigate the ecophysiological and biochemical responses of six different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, namely tolerant (Ekinoks, Meltem), moderately tolerant (Karatoprak, Seri-82) and susceptible (Altınöz, Sönmez) to waterlogging stress, to varying waterlogging durations (Control, 7 days, 14 days and 28 days). The research was carried out in the greenhouse of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Tayfur Sökmen Campus, Hatay Mustafa Kemal University, in 100 x 300 x 27 cm (3 m² surface area) tubs according to a split plot design with three replications in randomized plots. In the experiment, waterlogging treatments were considered as the main plot, and wheat varieties were considered as the sub-plots. Six different wheat cultivars were manually sown in each plot, with four rows and 10 cm row spacing. In the study, flooding was applied to the varieties during the beginning of the stem formation period for four different periods (0, 7, 14, and 28 days). The results showed that as the flooding period increased, the number of tillers per plant, the amount of plant green area, the amount of plant vegetative weight, and the plant grain yield decreased. In addition, it was determined that the most sensitive varieties to long-term flooding were Sönmez and Seri-82, while the most tolerant varieties were Ekinoks and Altınöz. Ekinoks, Sönmez, and Altınöz varieties showed higher yields in short-term flooding, but a decrease was observed in the Altınöz variety under long-term stress conditions, and a more significant decrease was observed in the Sönmez variety. Biochemical indicators revealed that oxidative stress increased with the duration of the flooding. MDA and H₂O₂ levels were high, especially in the 28-day stress period, while proline levels increased with long-term stress. In addition, SOD and CAT activities exhibited variety-specific responses, revealing the tolerance mechanisms developed by plants against stress conditions. As a result, it was concluded that there were significant genotypic differences among bread wheat in terms of tolerance to flooding stress, and although no variety was completely tolerant to long-term flooding, existing varieties could be used as genetic material in future breeding studies.

2025, 159 pages

Key Words: Wheat (*Triticum aestivum* L.), Waterlogging Stress, Antioxidant System, Ecophysiology

TEŞEKKÜR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde her daim yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan gerek doktora tez konumunun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Murat TİRYAKİOĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların takibinde profesyonel yaklaşımları ve öngörülleri ile doktora çalışmalarımı zenginleştiren ve yardımlarını esirgemeyen Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Mehmet ATAK ve Prof. Dr. Hakan ÖZKAN'a, tez çalışmalarım sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi (HMKÜ) Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölüm Başkanlığı'na ve HMKÜ FBE Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Antioksidan analizlerini Atatürk Üniversitesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı laboratuvarında yürütmemize izin veren, aynı zamanda analizlerin yapımı esnasında ve sonraki süreçte bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM ve Dr. Öğr. Üyesi Merve YÜCE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Antioksidan enzim analizlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Sayın Prof. Dr. Kazım MAVİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın hem arazi hem de laboratuvar çalışmalarında desteğini her zaman hissettiğim değerli arkadaşım Kübra ÖZMEN'e ve antioksidan enzim analizlerinin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşım Suzan DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Her zorluğumda yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve Hatay'ı bir yuva gibi hissetmemi sağlayan değerli Başkanım Sayın Alihan DÖNER'e ve yönetiminde bulunan kıymetli dostlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan, bana inanan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem Melahat KIRAÇ ve babam Cengiz KIRAÇ'a en derin şükranlarımı sunarım. Canım kardeşlerime neşeleri, samimiyetleri ve desteğiyle yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Asrın felaketi olarak nitelendirilen 6 Şubat depreminde hayatını kaybeden vatandaşlarımızın aziz anısına ithafen...

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) Bitkisi.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Tarımsal Üretimde Su Baskını Stresi	15
2.2. Su Baskını Stresinin Bitki Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri.....	16
2.3. Su Baskını Stresinin Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) ve Diğer Tahıllar Üzerindeki Morfolojik, Fizyolojik ve Ekofizyolojik Etkileri.....	18
2.4. Su Baskını Stresine Karşı Bitki Savunma Sistemindeki Enzimatik Değişimler	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Bitki Materyali.....	25
3.1.2. İklim Özellikleri	26
3.1.3. Toprak Özellikleri.....	28
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi	29
3.2.2. Birinci Aşama: Agronomik ve Fizyolojik Ölçümler	32
3.2.3. İkinci Aşama: Biyokimyasal Çalışmalar	34
3.2.3.1. Malondialdehit (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) Miktarlarının Belirlenmesi	36
3.2.3.2. Prolin Miktarının Belirlenmesi	37
3.2.3.3. Antioksidant Enzimlerin (Peroxidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz) Ekstraksiyonunun Hazırlanışı	38
3.2.3.4. Süperoksit Dismutaz Aktivitesinin Belirlenmesi.....	39
3.2.3.5. Katalaz (CAT) Aktivitesinin Belirlenmesi	40
3.2.3.6. Peroksidaz Aktivitesinin Belirlenmesi	41
3.2.4. Hasat ve Harman İşlemleri	42
3.2.5. İncelenen Özellikler.....	43
3.2.5.1. Agronomik Özellikler.....	43
3.2.5.2. Fizyolojik Özellikler.....	44
3.2.6. İstatiksel Analizler	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	46
4.1. Agronomik Özellikler.....	47
4.1.1. Tek Bitki Değerleri.....	47
4.1.1.1. Bitki Boyu (cm)	47
4.1.1.2. Üst Sap Uzunluğu (cm)	50
4.1.1.3. Alt Sap Uzunluğu (cm).....	52
4.1.1.4. Başak Uzunluğu (cm)	54
4.1.1.5. Bitki Başına Kardeş Sayısı (adet bitki ⁻¹)	57

4.1.1.6. Fertil Başakçık Sayısı (adet bitki ⁻¹)	60
4.1.1.7. Steril Başakçık Sayısı (adet bitki ⁻¹)	62
4.1.1.8. Başak Tane Sayısı (adet bitki ⁻¹)	64
4.1.1.9. Tek Başak Ağırlığı (mg başak ⁻¹)	67
4.1.1.10. Tek Başak Kavuz Ağırlığı (mg başak ⁻¹)	70
4.1.1.11. Bin Tane Ağırlığı (g)	72
4.1.1.12. Tek Başak Verimi (mg başak ⁻¹)	75
4.1.1.13. Tek Bitki Kuru Ağırlığı (mg)	77
4.1.2. Birim Alan Değerleri	81
4.1.2.1. Çıkışta Bitki Sayısı (bitki m ⁻²)	81
4.1.2.2. Birim Alan Başak Sayısı (adet m ⁻²)	82
4.1.2.3. Birim Alan Başak Ağırlığı (g m ⁻²)	85
4.1.2.4. Birim Alan Kavuz Ağırlığı (g m ⁻²)	88
4.1.2.5. Birim Alan Tane Verimi (g m ⁻²)	90
4.1.2.6. Birim Alan Biyolojik Verimi (g m ⁻²)	92
4.2. Ekofizyolojik Özellikler	97
4.2.1. Toplam Klorofil Miktarı (SPAD birim)	97
4.2.2. Klorofil Işıma Verimi (Qy)	100
4.2.3. Yaprak Su İçeriği (%)	102
4.2.4. Yaprak Oransal Su İçeriği (%)	106
4.2.5. Spesifik Yaprak Alanı (m ² kg ⁻¹)	109
4.2.6. Spesifik Yaprak Ağırlığı (g m ⁻²)	113
4.2.7. Vejetatif Ağırlık (g bitki ⁻¹)	117
4.2.8. Bitki Yaprak Alanı (cm ² bitki ⁻¹)	121
4.3. Biyokimyasal Analizler	127
4.3.1. Oksidatif Stres Göstergeleri	127
4.3.1.1. Malondialdehit (MDA) (μmol g ⁻¹)	127
4.3.1.2. Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) (μmol g ⁻¹)	131
4.3.2. Antioksidan Savunma Sistemleri	133
4.3.2.1. Prolin (μmol g ⁻¹)	133
4.3.2.2. Süperoksit Dismutaz (SOD) (EU g yaprak ⁻¹)	136
4.3.2.3. Katalaz (CAT) (EU g yaprak ⁻¹)	139
4.3.2.4. Peroksidaz (POD) (EU g yaprak ⁻¹)	141
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	145
KAYNAKLAR	149
ÖZGEÇMİŞ	159

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Buğdayın (<i>Triticum aestivum</i> L.) taksonomisi.....	3
Çizelge 3.1. Tez kapsamında kullanılacak çeşitlerin su baskını stresine karşı göstermiş oldukları tepki düzeyleri ve temin edildikleri tarımsal araştırma enstitüleri.	26
Çizelge 3.2. Deneme toprağı özellikleri.....	28
Çizelge 4.1. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki boyu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	47
Çizelge 4.2. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki boyu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	49
Çizelge 4.3. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) üst sap uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	50
Çizelge 4.4. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) üst sap uzunluğu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar.....	52
Çizelge 4.5. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) alt sap uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	53
Çizelge 4.6. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) alt sap uzunluğu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar.....	54
Çizelge 4.7. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	55
Çizelge 4.8. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak uzunluğu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar.....	56
Çizelge 4.9. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki başına kardeş sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	57
Çizelge 4.10. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki başına kardeş sayısı (adet bitki ⁻¹) ortalama değerleri ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar.....	58
Çizelge 4.11. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) fertil başakçık sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	60
Çizelge 4.12. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) fertil başakçık sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	61
Çizelge 4.13. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) steril başakçık sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	62

Çizelge 4.14. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) steril başakçık sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	63
Çizelge 4.15. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak tane sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	65
Çizelge 4.16. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başakta tane sayısı (adet bitki ⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	66
Çizelge 4.17. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak ağırlığı (mg başak ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	68
Çizelge 4.18. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak ağırlığı (mg başak ⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	68
Çizelge 4.19. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak kavuz ağırlığı (mg başak ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	70
Çizelge 4.20. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak kavuz ağırlığı (mg başak ⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	71
Çizelge 4.21. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bin tane ağırlığı (g) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	72
Çizelge 4.22. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bin tane ağırlığı (g) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	73
Çizelge 4.23. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak verimi (mg başak ⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	75
Çizelge 4.24. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak verimi (mg başak ⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	76
Çizelge 4.25. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek bitki kuru ağırlığı (mg) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	78
Çizelge 4.26. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek bitki kuru ağırlığı (mg) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	78
Çizelge 4.27. Tek bitki verim ve öğeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri	80
Çizelge 4.28. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) çıkışta bitki sayısı (bitki m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı	81
Çizelge 4.29. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) çıkışta bitki sayısı (bitki m ⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	82

Çizelge 4.30. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak sayısı (adet m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	83
Çizelge 4.31. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak sayısı (adet m ⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	84
Çizelge 4.32. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak ağırlığı (g m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	86
Çizelge 4.33. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak ağırlığı (g m ⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	87
Çizelge 4.34. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan kavuz ağırlığı (g m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	88
Çizelge 4.35. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan kavuz ağırlığı (g m ⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	89
Çizelge 4.36. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan tane verimi (g m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	90
Çizelge 4.37. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan tane verimi (g m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	91
Çizelge 4.38. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan biyolojik verimi (g m ⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı.....	93
Çizelge 4.39. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan biyolojik verimi (g m ⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar	94
Çizelge 4.40. Birim alan bitki verim ve ögeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri	95
Çizelge 4.41. Tek bitki ile birim alan bitki verim ve ögeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri	96
Çizelge 4.42. Değişik su baskını sürelerine göre altı farklı buğday çeşidinin yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%).....	104
Çizelge 4.43. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%).....	105
Çizelge 4.44. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%).....	107
Çizelge 4.45. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%).....	109
Çizelge 4.46. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak alan değişim oranları (%)	111
Çizelge 4.47. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre spesifik yaprak alan değişim oranları (%)	113
Çizelge 4.48. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak ağırlık değişim oranları (%)	115

Çizelge 4.49. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre spesifik yaprak ağırlık değişim oranları (%)	116
Çizelge 4.50. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin bitki vejetatif ağırlık değişim oranları (%)	119
Çizelge 4.51. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre vejetatif ağırlık miktarları değişim oranları (%).....	121
Çizelge 4.52. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin bitki yaprak alanı değişim oranları (%).....	123
Çizelge 4.53. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre bitki yaprak alanı değişim oranları (%).....	125
Çizelge 4.54. Bazı ekofizyolojik özellikler ile verim ve öğeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri	126



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Buğdayın kültüre alınması sonucu tane boyutu, şekli ve fenotipik değişimi (Nazlı, 2017).....	1
Şekil 1.2. Verimli (Bereketli) Hilal'in (yeşil renkli alan) Türkiye'yi kapsayan alanları. Kaynak: Türkiye'nin Buğday Atlası	2
Şekil 1.3. Dünyada buğday üretiminin yıllara (2012/2022) göre değişimi (FAO, 2024). 4	
Şekil 1.4. 2021/2022 üretim sezonunda ülkelerin buğday üretim miktarı (FAO, 2024). .5	
Şekil 1.5. FAO verileri doğrultusunda ülkelere göre 1994-2022 yılları arasındaki toplam buğday üretim miktarları. Kaynak: https://www.fao.org/home/en	5
Şekil 1.6. 2012/2023 yılları arasında ülkemizdeki toplam buğday üretim miktarları (TUIK, 2024).....	6
Şekil 1.7. 2023 yılında ülkemizdeki toplam tahıl üretiminin dağılımı (TUIK, 2024).	7
Şekil 1.8. Bitkilerdeki stres faktörleri.	9
Şekil 1.9. Antioksidanların sınıflandırılması.	11
Şekil 3.1. Tez çalışmasının ön çalışmasına ait görseller.....	25
Şekil 3.2. Deneme alanının ekimden fizyolojik oluma kadarki süreçte günlük en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık (°C) değişimi	27
Şekil 3.3. Deneme alanının ekimden fizyolojik oluma kadarki süreçte günlük en yüksek, en düşük ve ortalama nem (%) değişimi	27
Şekil 3.4. Denemede kullanılan parsellerin ve ekimde kullanılan sıra arası mesafelerin ayarlanması.....	29
Şekil 3.5. Ekime ait görseller	30
Şekil 3.6. Bitki sayımına ait görsel	31
Şekil 3.7. Bitki seyreltmesine ait görseller.....	31
Şekil 3.8. Su baskını stresi uygulama şablonu ve bitki örnek alım zamanları	32
Şekil 3.9. Su baskını stresine maruz bırakılan bitkilerin görselleri	32
Şekil 3.10. Su baskınından önceki ve sonraki dönemlere ait görseller.....	33
Şekil 3.11. Alanı ölçülen ve turgor durumuna getirilen bitkilere ait görseller	34
Şekil 3.12. Biyokimyasal çalışmalar için bitkilerden yapılan örneklemeye ait görseller.....	35
Şekil 3.13. Bitkilerden SPAD, QY ve PAR ölçümleri yapılırken kullanılan cihazlara ait görseller	36
Şekil 3.14. Malondialdehit (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) miktarlarının belirlenmesi ait görseller	37
Şekil 3.15. Prolin miktarının belirlenmesi ait görseller	38
Şekil 3.16. Antioksidant enzimlerin (Peroksidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz) ekstraksiyonunun hazırlanmasına ait görseller	39
Şekil 3.17. Süperoksit dismutaz aktivitesinin belirlenmesine ait görseller.....	40
Şekil 3.18. Ölçüm yapılmak üzere örneklerin spektrometreye yüklenmesine ait görseller	41
Şekil 3.19. Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesine ait görseller.....	42
Şekil 3.20. Bitkilerin hasadına ait görseller	42
Şekil 4.1. Ekimden sonraki günlere ait zedoks gelişim değerleri	46
Şekil 4.2. Altı farklı buğday çeşidinin kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasında değişik su baskını stres sürelerindeki (SB1: kontrol, SB2: 7 gün, SB3: 14 gün, SB4: 28 gün) SPAD değişim seyri	98
Şekil 4.3. Değişik su baskını stres sürelerindeki altı farklı buğday çeşidinin (Ç1: Ekinoks, Ç2:Meltem, Ç3:Seri-82, Ç4: Karatoprak, Ç5: Sönmez, Ç6:	

Altınöz) kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasındaki SPAD değişim seyri.....	99
Şekil 4.4. Altı farklı buğday çeşidinin kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasında değişik su baskını stres sürelerindeki (SB1: kontrol, SB2: 7 gün, SB3: 14 gün, SB4: 28 gün) klorofil ışımaya verimi değişim seyri	101
Şekil 4.5. Değişik su baskını stres sürelerindeki altı farklı buğday çeşidinin (Ç1: Ekinoks, Ç2:Meltem, Ç3:Seri-82, Ç4: Karatoprak, Ç5: Sönmez, Ç6: Altınöz) kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasındaki klorofil ışımaya verimi değişim seyri.....	102
Şekil 4.6. Değişik su baskını sürelerine göre altı farklı buğday çeşidinin yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%)......	103
Şekil 4.7. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%)......	104
Şekil 4.8. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%)......	106
Şekil 4.9. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%)	108
Şekil 4.10. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak alan değişim oranları ($m^2 kg^{-1}$)	110
Şekil 4.11. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine spesifik yaprak alan değişim oranları ($m^2 kg^{-1}$).....	112
Şekil 4.12. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak ağırlık değişim oranları ($g m^{-2}$)	114
Şekil 4.13. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre spesifik yaprak ağırlık değişim oranları ($g m^{-2}$)	116
Şekil 4.14. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin vejetatif ağırlıktaki değişim miktarları ($g bitki^{-1}$)	118
Şekil 4.15. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre bitki vejetatif ağırlıktaki değişim ($g bitki^{-1}$)	120
Şekil 4.16. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin bitki yaprak alanı değişimi ($cm^2 bitki^{-1}$).....	122
Şekil 4.17. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre bitki yaprak alanı değişimi ($cm^2 bitki^{-1}$).....	124
Şekil 4.18. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Malondialdehit (MDA) aktivitesinin değişim seyri.....	128
Şekil 4.19. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Malondialdehit (MDA) aktivitesi değişim seyri.....	129
Şekil 4.20. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarının değişim seyri.....	131
Şekil 4.21. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Hidrojen peroksit (H_2O_2) aktivitesi değişim seyri.....	132
Şekil 4.22. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Prolin miktarının değişim seyri.....	134

Şekil 4.23. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Prolin miktarı değişim seyri	135
Şekil 4.24. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi değişim seyri.....	136
Şekil 4.25. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi değişim seyri	138
Şekil 4.26. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Katalaz (CAT) enzim aktivitesi değişim seyri	139
Şekil 4.27. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Katalaz (CAT) enzim aktivitesi değişim seyri.....	140
Şekil 4.28. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi değişim seyri	142
Şekil 4.29. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi değişim seyri.....	143

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
%	: Yüzde
ha	: Hektar
da	: Dekar
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
µM	: Mikromolar
mM	: Milimolar
nm	: Nanometre
µm	: Mikrometre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
µL	: Mikrolitre
mL	: Mililitre
min	: Dakika
ppm	: Part Per Million (milyon birimde bir birim)
rpm	: Rotation Per Minute (dakikadaki dönme sayısı)
pH	: Power of Hydrogen (hidrojen iyon konsantrasyonu)

KISALTMALAR

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ROT	: Reaktif Oksijen Türleri
ROL	: Radyal Oksijen Bariyeri
PR	: Pathogen-related proteins
POD	: Peroksidaz
SOD	: Süperoksit Dismutaz
CAT	: Katalaz
MDA	: Malondialdehit
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
GSH	: Redükte Glutasyon
AsA	: Asetil Salisilik Asit
ASC	: Askorbat
GABA	: Gama Aminobütirik Asit
GR	: Glutasyon Redüktaz

APX	: Askorbat Peroksidaz
GPX	: Glutasyon Peroksidaz
TCA	: Trikloroasetik asit
TBA	: Tiyoarbütirik Asit
EDTA	: Etilendiamintetraasetik asit
NBT	: Nitro Blue Tetrazolium
PvP	: Polyvinylpyrrolidone
KH_2PO_4	: Mono Potasyum Fosfat
NaH_2PO_4	: Monosodyum fosfat
ZGS	: Zadoks Growth Scale
DNA	: Deoksiriboz nükleik asit
ATP	: Adenozin trifosfat
QY	: Quantum Yield
PAR	: Photosynthetically Active Radiation
qP	: Photochemical quenching
PSII	: Photosystem II
TA	: Turgor Ağırlığı
KA	: Kuru Ağırlığı
YA	: Yaş Ağırlık
IA	: Yaprak Alanı
LSD	: Least Significant Difference
VK	: Varyasyon Katsayısı

1. GİRİŞ

1.1. Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkisi

Buğday, insanlık tarihindeki en eski gıda kaynaklarından biridir. Yaklaşık 10,000 yıl önce buğdayın kültüre alınması, insanların avcılık-toplayıcılık ve göçer yaşamdan yerleşik tarım yaşamına geçişini sağlamıştır. Buğdayın kültüre alınmasıyla birlikte, türleşme süreci de başlamıştır. Şekil 1.1’de buğdayın kültüre alınması sonucu fenotipik değişimi yer almaktadır.



Şekil 1.1. Buğdayın kültüre alınması sonucu tane boyutu, şekli ve fenotipik değişimi (Nazlı, 2017).

Genetik ve arkeolojik çalışmalara göre emmer buğdayının (*Triticum dicoccoides* Koern.) kültüre alınmasının yakın doğuda **Verimli Hilal** bölgesinde olduğu anlaşılmaktadır. Araştırmalar, orijini El-Cezire (Arapçada “ada” anlamındadır) veya batı literatüründe Mezopotamya (iki nehir arası) olarak adlandırılan bu bölgeden buğdayın daha sonra Avrupa, Kuzey Amerika ve dünyanın diğer bölgelerine taşındığını ortaya koymaktadır (Chandrasekhan ve ark., 2017; Aktaş ve ark., 2018; Demirel, 2020). Verimli

Demirbaş ve Dursun, 2007; Charmet, 2011; El- Assal ve Gaber, 2012; Nazlı, 2017). Hem ekmek, bulgur, makarna gibi temel gıda ürünleri olarak, hem de bisküvi, nişasta gibi endüstriyel alanda kullanımlarıyla buğday, çok yönlü bir ürün olduğunu ortaya koymakla birlikte, dünyadaki stratejik önemini de korumaktadır (Nazlı, 2017).

Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) taksonomisi Çizelge 1.1’de belirtildiği gibidir.

Çizelge 1.1. Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) taksonomisi

Üst Âlem	Eukaryota
Âlem	Plantae (Bitkiler)
Üst Şube	Angiosperms (Kapalı Tohumlular)
Şube	Monokots (Monokotiller)
Sınıf	Commelinids
Takım	Poales
Familya	Poaceae
Alt Familya	Pooideae
Cins	<i>Triticum</i> L.
Tür	<i>Triticum durum</i> Desf., <i>Triticum turgidum</i> L., <i>Triticum aestivum</i> L.,

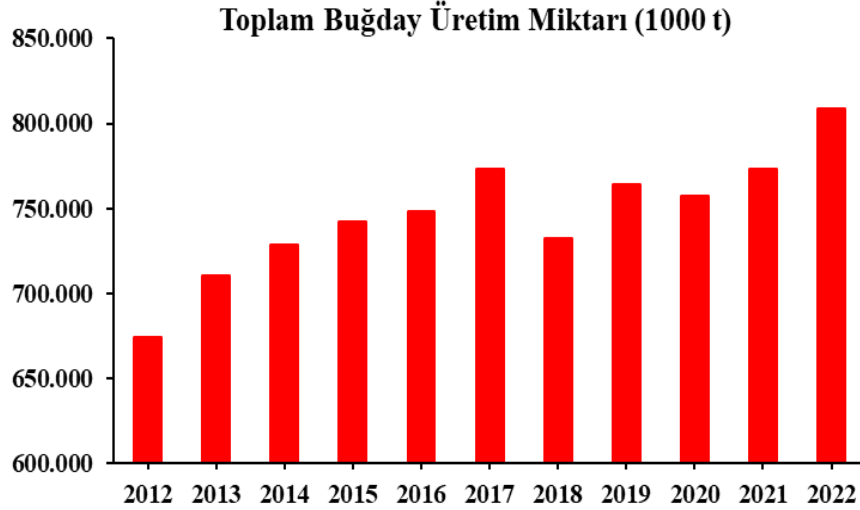
Buğday cinsi, kromozom sayısına göre üç gruba ayrılır. Bu gruplar şu şekildedir:

1. diploid ($2n=14$),
2. tetraploid ($2n=28$) ve
3. hekzaploid ($2n=42$).

Buğday cinsi, kromozom sayısındaki değişiklikler nedeniyle çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Örneğin, hekzaploid buğday türüne dahil *Triticum aestivum*, ekmek yapımında tercih edilirken, tetraploid buğday türündeki *Triticum durum*, makarna yapımında kullanılır. Beslenme açısından büyük değere sahip buğday (*Triticum aestivum* L.), aynı zamanda endüstriyel hammadde kaynağı olarak da geniş çapta kullanılmaktadır (Ceylan, 2010; Nazlı, 2017).

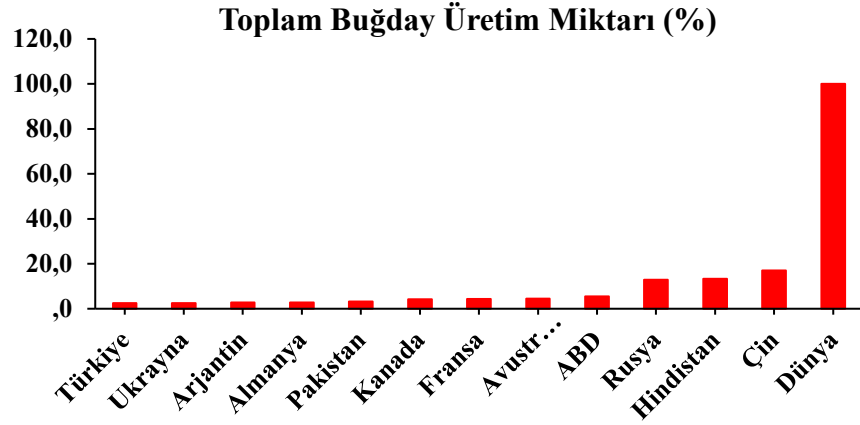
FAO verilerine göre dünya buğday üretimi yıllar içinde genel olarak artış göstermiştir. 2012 yılında 673,730 bin ton gerçekleşen buğday üretimi, 2022 yılına kadar dalgalı seyir izleyerek 808,442 bin tona ulaşmıştır. Verilere bakıldığında, 2012-2017 yılları arasında istikrarlı artış gözlemlenmiştir. 2017 yılında üretim miktarı 772,893 bin ton ile o zamana kadarki en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Ancak, 2018 ve 2020 yılları arasında üretimde düşüş yaşanmış, 2018'de üretim 732,357 bin tona gerilemiştir. Bu

düşüş 2020 yılına kadar devam etmiş ve 757,023 bin ton seviyesine ulaşmıştır. 2021 ve 2022 yıllarında ise üretim tekrar yükselişe geçmiş ve 2022'de 808,442 bin ton ile on yıllık dönemin en yüksek üretim değeri kaydedilmiştir. FAO verilerine göre dünyada 2012/2022 yıllarındaki buğday üretim miktarları Şekil 1.3'te verilmiştir.



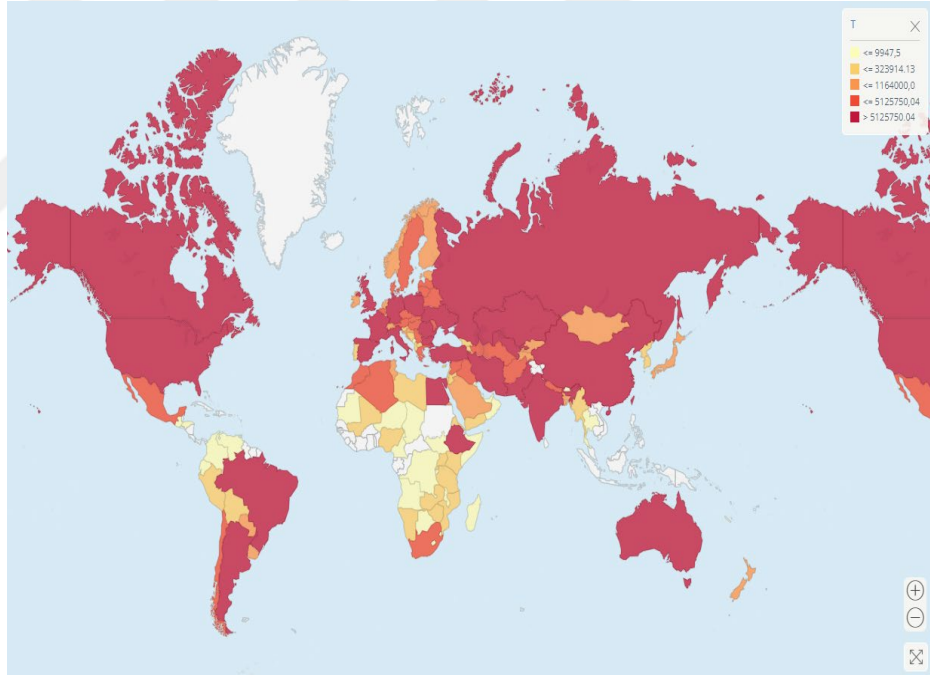
Şekil 1.3. Dünyada buğday üretiminin yıllara (2012/2022) göre değişimi (FAO, 2024).

FAO verilerine göre 2021/2022 üretim sezonunda dünya buğday üretiminin ülkelere göre yüzdesel dağılımı Şekil 1.4'te görülmektedir. Bu dağılıma göre en büyük üreticiler Çin (%17.04), Hindistan (%13.33) ve Rusya'dır (%12.89). Bu üç ülke dünya buğday üretiminin %43.26'sını sağlamaktadır. Bu ülkeleri %5.55 ile Amerika Birleşik Devletleri ve %4.48 ile Avustralya takip etmektedir. Türkiye ise %2.44'lük pay ile daha küçük üretici konumundadır.



Şekil 1.4. 2021/2022 üretim sezonunda ülkelerin buğday üretim miktarı (FAO, 2024).

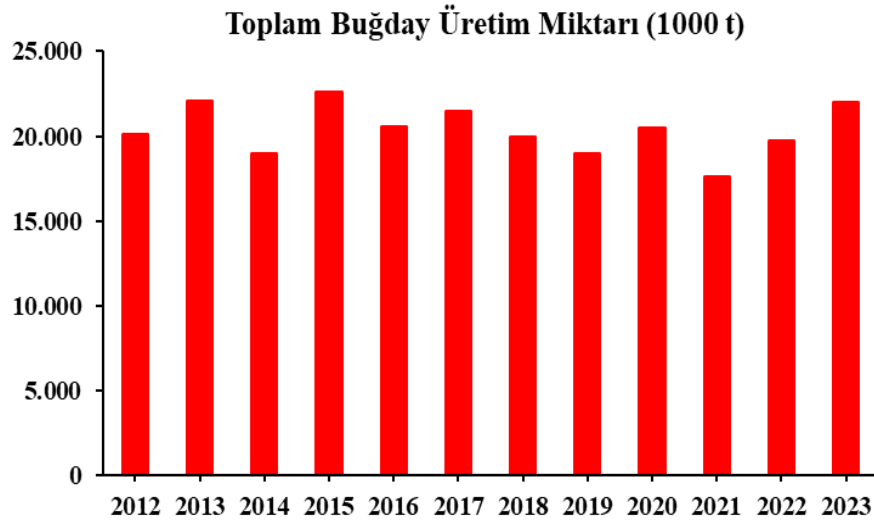
FAO verileri doğrultusunda ülkelere göre 1994-2022 yılları arasındaki toplam buğday üretim miktarları ise Şekil 1.5'te sunulmuştur.



Şekil 1.5. FAO verileri doğrultusunda ülkelere göre 1994-2022 yılları arasındaki toplam buğday üretim miktarları. Kaynak: <https://www.fao.org/home/en>

TUİK verilerine göre 2012/2023 yıllarında ülkemizdeki toplam buğday üretim miktarları Şekil 1.6'da gösterilmiştir. Şekil 1.6 verilerine göre, 2012-2023 yılları arasında buğday üretim miktarında dalgalı bir seyir gözlemlenmektedir. Üretim, 2013 ve 2015 yıllarında sırasıyla 22,050 ve 22,600 bin tonla en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Buna

karşılık, 2014 ve 2019 yıllarında üretimde kayda değer düşüş yaşanmış ve her iki yılda da üretim 19,000 bin ton seviyesinde gerçekleşmiştir. 2021 yılında ise üretim miktarı, 17,650 bin ton ile en düşük seviyeye gerilemiştir. 2022 ve 2023 yıllarında üretim yeniden artış eğilimi göstermiş ve 2023 yılında 22,000 bin tona ulaşarak yüksek seviyeye geri dönmüştür. Bu dalgalanmalar, iklim koşulları, su kaynaklarının durumu, ekim alanlarındaki değişiklikler veya tarımsal politikalar gibi çeşitli faktörlerin buğday üretimi üzerinde etkili olduğunu düşündürmektedir. Özellikle 2021 yılındaki düşük üretim, olumsuz çevresel koşulları veya tarımsal zorluklardan kaynaklanmış olabilir. Genel olarak, bu veriler Türkiye'nin buğday üretiminde belirgin bir dalgalanma olduğunu ortaya koymaktadır ve sürdürülebilir tarım politikalarının uygulanması, çevresel stres faktörlerine karşı direnci artırmada önemli rol oynayabilir.

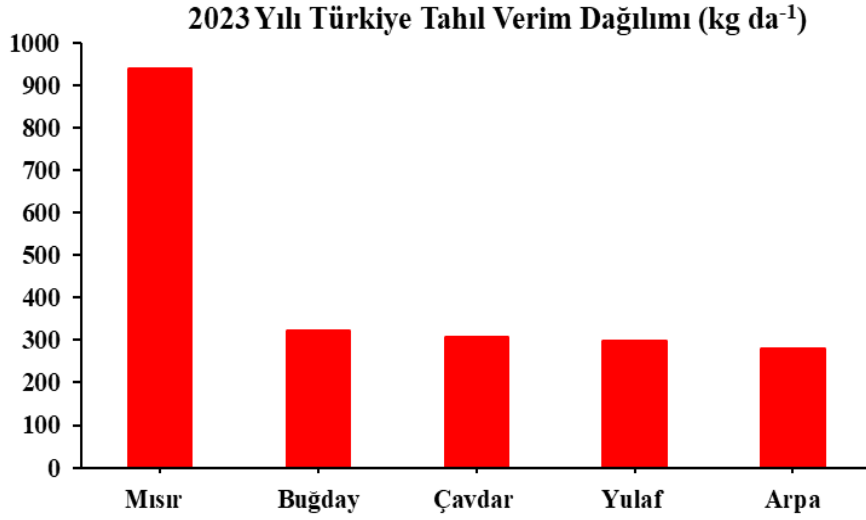


Şekil 1.6. 2012/2023 yılları arasında ülkemizdeki toplam buğday üretim miktarları (TUIK, 2024).

Türkiye'nin tahıl üretim verileri incelendiğinde, 2023 yılında en yüksek verime sahip tahıl ürününün 939 kg da⁻¹ ile mısır olduğu görülmektedir. Mısırı, 322 kg da⁻¹ ile buğday takip ederken, çavdar (308 kg da⁻¹), yulaf (297 kg da⁻¹) ve arpa (281 kg da⁻¹) sırasıyla yer almaktadır (Şekil 1.7).

Ülkenin tarımsal üretim açısından verimli illerinden biri olan Hatay, geniş tarla bitkileri ekim alanına sahiptir. Tarım faaliyetlerinde tarla bitkileri önemli yer tutmakta olup, toplam tarım arazilerinin %53'ü bu bitkilerin yetiştirilmesine ayrılmıştır. Özellikle

pamuk ve buğday, yörede en fazla üretilen iki temel tarla ürünü olarak öne çıkmaktadır. 2021 yılı verilerine göre, Hatay’da 540,988 dekarlık alanda toplam 247,960 ton buğday üretilmiş olup, bu miktar Türkiye’nin toplam buğday üretiminin %1.38’ine karşılık gelmektedir (TUIK, 2022).



Şekil 1.7. 2023 yılında ülkemizdeki toplam tahıl üretiminin dağılımı (TUIK, 2024).

İnsanın hayatta kalabilmesi ve sağlıklı yaşam sürdürebilmesi için beslenme kaçınılmaz gerekliliktir. Küresel nüfusun hızla artması ve gelecekte 9 milyarı geçmesi ise beklenen gerçekliktir. Ön görülen nüfus artışı, iklim değişiklikleri ile birleştiğinde dünya genelinde gıda temini konusunda potansiyel zorlukların ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır. Bu durum, birçok ülkeyi, 2050 yılında gerçekleşeceği düşünülen gıda sıkıntısını önlemek adına çeşitli önlemler almaya sevk etmektedir. Yakın gelecekte tarımsal üretimin, artan gıda ihtiyacını karşılamada yetersiz kalabileceği de öngörülen gerçeklikler arasındadır. Bu nedenle, tarımda sürdürülebilir ve etkili çözümler bulmak hayati önem taşımaktadır. Hem Dünya hem de ülkemiz nüfusunun beslenmesinde önemli yere sahip tahıllar, tahıllar içerisinde en fazla ekim alanına ve üretime sahip ürünlerden biri olması nedeniyle buğday, olası bir küresel gıda kıtlığının giderilmesinde stratejik önem taşımaktadır.

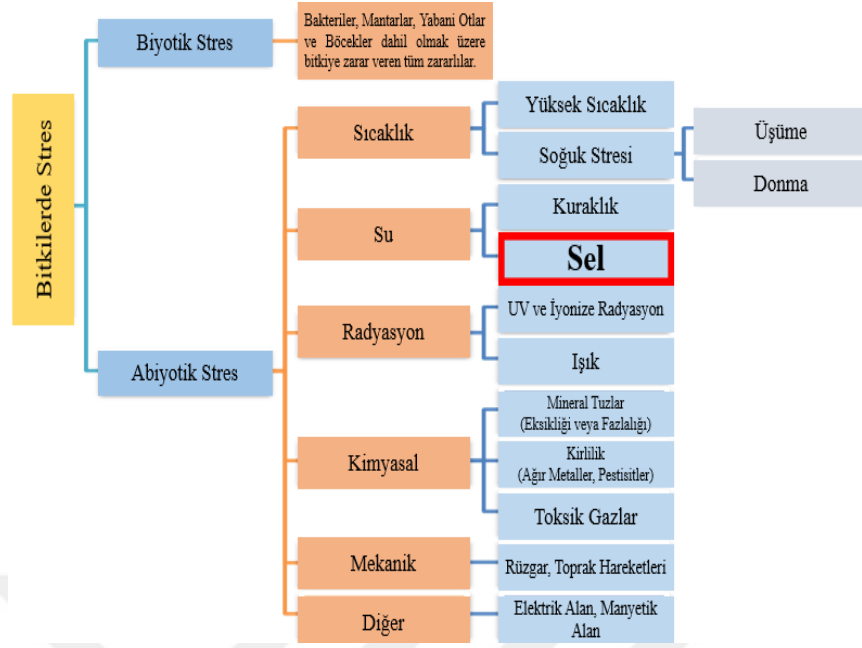
Buğday; sahip olduğu yüksek adaptasyon yeteneği, tarımının kolay ve tamamen makinaya dayalı oluşu, telafi yeteneğinin yüksek olması, pazarlama, taşıma, depolama ve işleme kolaylıklarına sahip olması gibi nedenlerinden dolayı da dünyada en yaygın

yetiştirilen kültür bitkilerinden birisidir. Tüm bunlara ilaveten hem yüksek verimli olması hem de çok farklı çevre koşullarında yetiştirilebilmesi ise buğdayın dünyadaki öngörülen açlık sorununa çözüm olma olasılığını arttırmaktadır (Janda ve ark., 2004).

Tüm bu nedenlerden dolayı, buğdayın verimliliğini ve üretimini artırmak için yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi, olumsuz çevresel koşullara ve hastalıklara dirençli çeşitlerin ıslahı, tarım yöntemlerindeki ilerlemeler önemli ölçüde etkili olacaktır. Ancak, gün geçtikçe etkisini daha çok hissettiren iklim değişiklikleri nedeniyle düzensiz değişim gösteren sıcaklık, yağış, rüzgâr, nem gibi çevresel faktörlerden kaynaklanan zararlar, buğday üretimini ve dolayısıyla verimini önemli ölçüde kısıtlamaya devam etmektedir.

Bitki metabolik aktivitesini bozan ve bitkilerde fizyolojik, metabolik ve biyokimyasal zararlara yol açan, aynı zamanda bitkilerin büyüme ve gelişmesini önemli ölçüde engelleyen tüm olumsuz çevresel ve çevresel olmayan faktörler stres olarak adlandırılmaktadır (Otte, 2001).

Mevcut tezde çalışma konusu olarak abiyotik (çevresel) stres faktörlerden su baskını çalışılmıştır. Su baskını stresi tezin yürütülmüş olduğu Hatay ilimizde sıklıkla rastladığımız çevresel faktörlerden birisidir. Dünya genelinde ve ülkemizde toprak yüzeyinin su ile kaplı olması, tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir. Aşırı ve dengesiz yağış, toprak yapısı ve yetersiz drenaj gibi nedenlerle ortaya çıkan su baskınları, ülkemizde tarım faaliyetlerini kısıtlamakta ve özellikle buğday üretimini olumsuz etkilemektedir. Bu durumun en belirgin örneği, Hatay ilinin de içinde bulunduğu Amik Ovası'dır. Hatay Tarım İl Müdürlüğü'nün verilerine göre, sadece 2003 yılında Amik Ovası'nda ekilen 32.000 dekarlık buğday alanı su baskınlarına maruz kalmış ve yaklaşık 5 milyon TL'lik üretim zararı oluşmuştur (İlhan, 2009). Bitkilerdeki stres faktörleri Şekil 1.8'de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Bitkilerdeki stres faktörleri.

Su baskını stresi, çeşitli çevresel ve tarımsal faktörlerin etkisiyle toprak yüzeyinde su birikmesi sonucunda oluşmaktadır. Ani ve uzun süreli yağışlar, hatalı sulama yöntemleri, yetersiz drenaj sistemleri ve toprak yapısı bu süreci tetikleyen başlıca etmenlerdir (Özseven ve Gençtan, 2018). Toprakta biriken su, hava dolu boşlukları su ile doldurarak oksijen miktarının azalmasına neden olur. Bu durum, kök bölgesinde anaerobik bir ortam oluşturarak solunumun düşmesine ve dolayısıyla enerji üretimi ile fotosentez hızının azalmasına yol açar. Bunun sonucunda bitkinin büyüme ve gelişimi olumsuz etkilenir (Özer ve ark., 1997; Barrett ve Shabala, 2013).

Bitkiler, kökleri aracılığıyla yeterli oksijen alamadığında strese girer ve reaktif oksijen türleri (ROT) birikimi artar. Normal koşullarda ROT üretimi ile antioksidan savunma sistemi arasında bir denge bulunurken, stres altında bu denge bozulur. ROT'ların aşırı birikimi proteinlere, nükleik asitlere, fotosentetik mekanizmaya ve zar bütünlüğüne zarar verir (Gill ve ark., 2019; Hasanuzzaman ve ark., 2019 ve 2020). Protein hasarı enzim aktivitelerinin düşmesine neden olur (Shah ve ark., 2001). Ancak antioksidanlar, ROT'ları temizleyerek veya üretimlerini düzenleyerek stresin zararlı etkilerini azaltmaktadır (Carocho ve Ferreira, 2013).

Abiyotik stres altındaki bitki hücrelerinde oksijen radikalleri ve türevleri üretilmekte olup, bu bileşikler bitkinin strese tepkisini düzenleyen sinyal molekülleri

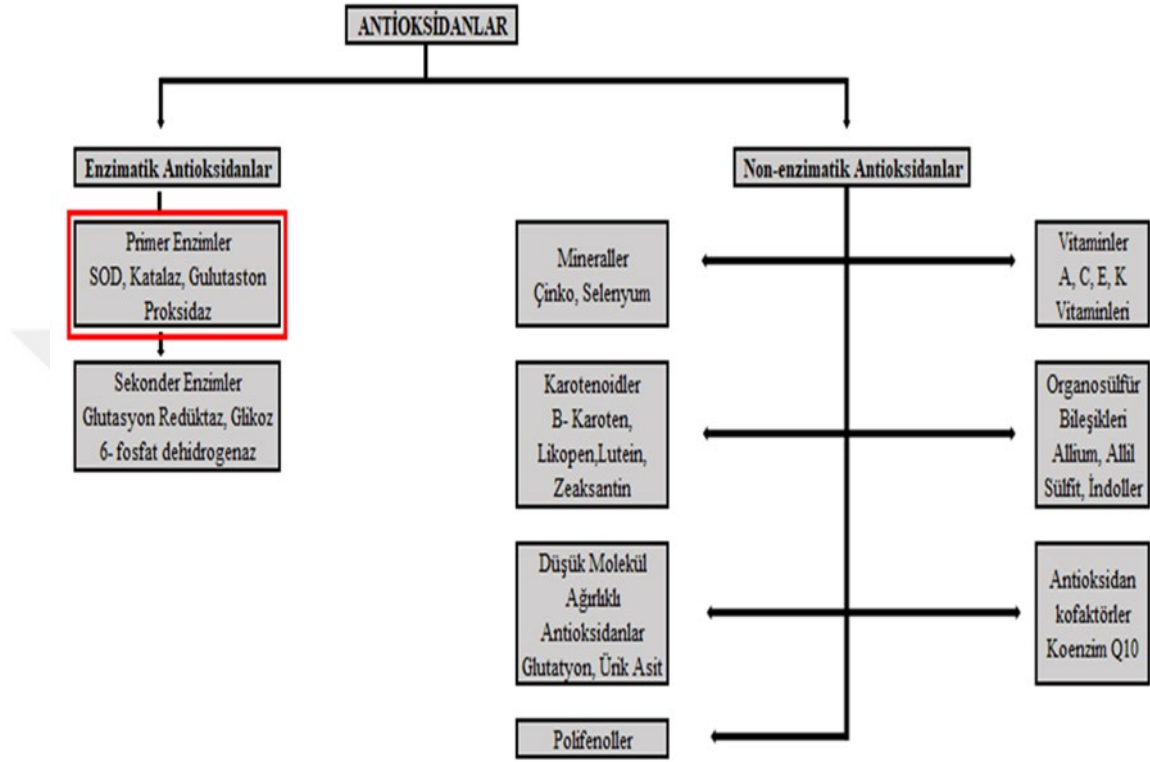
olarak görev yapmaktadır (Fotopoulos ve ark., 2010; Baxter, Mittler ve Suzuki, 2014; Kızıl, 2022).

Bitkilerde ROT'ların artışı, bir diğer stres türü olan oksidatif stresin oluşumuna yol açar (Dudziak ve ark., 2019; Hasanuzzaman ve ark., 2020). Antioksidanlar ise organizmaların oksidatif stresle başa çıkma yeteneklerini temsil eder ve bitkiler, bu stresin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için antioksidan savunma mekanizmalarını devreye sokarlar (Gong ve ark., 2005; Raza ve ark., 2006). Antioksidanlar, ROT'ların temizlenmesinde ve/veya üretiminin durdurulmasında doğrudan veya dolaylı olarak rol oynarlar (Selote, Bharti ve Khanna-Chopra, 2004; Selote ve Khanna-Chopra, 2010; Kızıl, 2022).

Antioksidan savunma mekanizması, enzimatik olmayan antioksidanlardan ve bazı antioksidan enzimlerden oluşur (Hasanuzzaman ve ark., 2019; Kızıl, 2022). Bu enzimlerin aktivitesi, ROT'un temizlenmesinde ve etkilerinin azaltılmasında oldukça etkili savunma mekanizması sağlar (Jaleel ve ark., 2009; Kızıl, 2022). Abiyotik streslere tepki olarak bitkiler, uygun bir tolerans sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POX) gibi antioksidan enzimler ve glutatyon (GSH), askorbik asit (AsA) gibi enzimatik olmayan antioksidanları içerir (Gao ve ark., 2019; Zhou ve ark., 2021).

Normal büyüme koşullarında, bitkilerin antioksidan sistemleri, hücrelerinde doğal şekilde oluşan serbest radikalleri etkisiz hale getirmek için yeterlidir. Ancak bitkiler stres koşullarında olduğunda bu antioksidan sistemleri ile birlikte enzimatik savunma sistemlerini de etkinleştirirler (Hideg, 1997). Stres koşullarında genellikle antioksidan enzim aktiviteleri artmaktadır ve hatta bazı durumlarda bitkilerin strese toleransı ile enzim aktiviteleri arasında olumlu ilişki olduğu çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur (Ozden ve ark., 2009). Bitkiler, oksidatif hasarın yıkıcı etkilerinden korunmak için farklı miktarlarda antioksidan ve antioksidatif enzimlere sahiptir (Asada ve Takahashi, 1987). Bu koruyucu mekanizmalar, enzimatik ve enzimatik olmayan savunma mekanizmaları ile zararlı reaksiyonların etkilerini en aza indirecek şekilde çalışır. Bahsi edilen enzimatik olmayan antioksidanları tripeptit glutatyon, sistin, hidrokinonlar, askorbat (Vit. C), lipofilik vitamin E (α -tokofenol), flavonoidler, karotenoid pigmentler, alkaloidler oluştururken (Larson, 1988), enzimatik antioksidan savunmaları, mitokondriler ve kloroplastlardaki H_2O_2 'yi temizleyen sırasıyla askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon

redüktaz (GR), H₂O₂'yi etkili bir şekilde ortadan kaldıran katalaz (CAT) ve süperoksit anyonlarını temizleyen süperoksit dismutazı (SOD) içerir (Scandalios, 1997). Antioksidanların sınıflandırılması Şekil 1.9’da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Antioksidanların sınıflandırılması.

Tez çalışması kapsamında su baskını stresi koşullarında bitkilerde savunma mekanizması geliştiren enzimatik antioksidanların bir kısmı (Hidrojen Peroksit (H₂O₂), Lipid (Malondialdehid – MDA), Prolin Miktarı, Peroksidaz (POD), Katalaz (CAT) ve Süperoksit Dismutaz (SOD)) incelenmiştir.

Yukarıda da belirtildiği üzere bitkiler, karşılaştıkları stres koşullarına metabolik enzim yapılarını değiştirerek uyum sağlamaya çalışır (Greenway ve ark., 2006). Oksijen yetersizliği durumunda, bitki dokularında hidrojen peroksit, hidroksil radikalleri ve tekil oksijen gibi reaktif oksijen türleri (ROS) birikir (Das ve Roychoudhury, 2014). Hücre içindeki ROS seviyelerinin yükselmesi, çeşitli hücresel bileşenlerin oksidasyonuna yol açarak bitkilere zarar verir (Mittler, 2002). ROS dengesinin bozulması ise DNA, protein, lipit gibi moleküller ve hücresel fonksiyonlara zarar vererek metabolik bozukluklara ve

bitkinin ölümüne neden olur (Anjum ve ark., 2015). Bu zararları engellemek için bitkiler, peroksidaz (POX), katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimleri aktif hale getirir (Romero-Oliva ve ark., 2015; Yavuz ve ark., 2021). Bu antioksidan enzimler, stresin zararlarını hafifletmede önemli rol üstlenir. Su baskını stresine dayanıklılık sağlayan çeşitli hormonlar bulunmakta olup, bu hormonlardan etilen ve giberellin, büyüme ve gelişmeyi düzenleyerek sürgün çıkışını olumlu yönde etkiler. Ancak, etilen aynı zamanda parankima hücrelerinin ölümüne neden olabilir (Liao ve Lin, 2001). Ayrıca oksin, ABA ve diğer büyüme düzenleyiciler oksijen eksikliğinde yine bitkinin hayatta kalma şansını artırır (Yemelyanov ve Shishova, 2012).

Fizyolojik ve biyokimyasal seviyelerdeki su baskını stresi üzerine yapılan araştırmalar, bitkilerin bu stres koşullarına nasıl tepki verdiği ve bu koşullar altında hangi değişikliklere uğradığı konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmalar, bitkilerin su baskınına karşı adaptasyon mekanizmalarını anlamamıza ve gelecekteki tarımsal uygulamalarında daha dayanıklı bitki çeşitleri geliştirmemize yardımcı olabilir. Mevcutta buğday bitkisinin, kısa ve uzun vadeli su baskını stresi şartları altında farklı dokularının nasıl etkilendiği hala tam olarak anlaşılamamıştır. Bu sebeple yürütülen çalışmada, su baskını stresine toleranslı, orta toleranslı ve dayanıklı buğday çeşitlerinin bu stres faktörüne vermiş olduğu cevaplar fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde anlaşılmaya çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tarım, insan yaşamının temel unsurlarından olup, dünya nüfusunun artan ihtiyacını karşılamak amacıyla sürdürülebilir üretim yöntemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Ancak, küresel iklim değişikliği, çevresel bozulmalar ve doğal afetler gibi faktörler, tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyerek verim kayıplarına yol açmaktadır. Bu tehditler arasında su baskını, özellikle suyun toprak üzerinde aşırı birikmesi ile bitkilerin sağlıklı gelişimini engelleyen ve tarımsal üretimi tehdit eden önemli çevresel stres faktörü olarak öne çıkmaktadır. Su baskını stres faktörünün etkilerini araştırmak, diğer abiyotik stres faktörlerine göre biraz daha zorlayıcı olabilmektedir. Özellikle su baskını çalışmalarının arazide uygulanması hem zorlu hem de yüksek maliyetli bir süreçtir.

Tarladaki denemelerde, su baskını uygulamak için karşılaşılan en büyük zorluk, bitkilerin belirli süre boyunca istenen su baskını seviyesinde tutulmasının sağlanmasıdır. Bu tür uygulamalarda, su baskını yapılacak alanın tümseklerle çevrilip tavaların oluşturulması, ardından bu tavaların belirlenen süre boyunca suyla doldurulması gibi işlemler hem fiziksel hem de ekonomik açıdan zorluklar yaratmaktadır. Ayrıca, bu tür arazi uygulamaları, laboratuvar veya sera ortamlarında yapılan çalışmalara göre daha fazla iş gücü ve maliyet gerektirmektedir. Bu bağlamda, gerçek koşullarda yapılan denemeler, su baskını stresinin etkilerini daha doğru şekilde gözler önüne sererken, pratikte uygulama zorluklarını da beraberinde getirmektedir. Ülkemizde örnekleri görülmemekle birlikte dünya’da su baskını stresinin arazi koşullarında uygulandığı çalışmalar mevcuttur.

Unger ve ark. (2009) tarla koşullarında kısa süreli su baskını stresinin (3 ve 5 haftalık dönemlerde, durgun ve akan su koşulları altında) toprağın inorganik azot (N) ve polifenolik içeriği üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmada, su baskını koşullarının (zamanlama, derinlik, süre, akış hızı) toprağın kimyasal özelliklerini nasıl etkilediğini ölçmek için özel olarak tasarlanmış bir açık hava araştırma tesisi oluşturarak çalışmalarını burada yürütmüşlerdir.

Mishra ve Salokhe (2010) çeltik bitkisinde su baskını stresinin kök büyümesi, fizyolojik aktivite ve tane verimi üzerindeki etkilerini tarla koşullarında incelediği çalışmada, aralıklı su baskını ve sürekli su baskını gibi farklı su yönetimi stratejilerinin

ve tek fide ya da birden fazla fide ile yapılan farklı ekim desenlerinin, çeltik bitkisinin performansını nasıl etkilediğini ortaya koymayı amaçlamışlardır.

Bunun yanında, serada yapılan su baskını uygulamaları, genellikle arazideki denemelere göre daha kontrollü bir ortam sunar ve işlemlerin daha kolay yönetilmesini sağlar. Saksı ve sera çalışmalarında bitkiler, çevresel değişkenlerden daha az etkilenir. Ancak yine de bu tür çalışmaların uygulanması için dikkatli planlama ve doğru materyallerin seçilmesi gerekmektedir. Sera ortamlarında, su baskınına ilişkin denemeler daha kontrollü koşullar altında yapılarak, dış etkenlerin etkisi minimize edilerek daha tutarlı sonuçlar elde edilebilir.

Laboratuvar ortamlarında ise, özellikle su kültürü ortamında yapılan su baskını çalışmaları, bu stresin daha kontrollü bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Bu yöntemde, bitkiler toprak yerine besin çözeltisi içinde yetiştirilir ve su baskını etkisi, çözeltinin oksijen seviyesinin değiştirilmesiyle sağlanır. Su kültürü yöntemiyle yapılan çalışmalar, bitkilerin su baskınına karşı gösterdikleri fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin daha net şekilde gözlemlenmesini sağlar. Bu kontrollü ortam, topraklı ortamlardaki değişkenliği ortadan kaldırarak, su baskınının bitki üzerindeki etkilerini daha hassas şekilde incelemeyi mümkün kılar. Laboratuvar ortamındaki bu tür denemeler, saha koşullarında elde edilen sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için önemli ön hazırlık aşaması sunmaktadır.

Su baskını stresinin tarım üzerindeki etkileri, bitkilerin fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal süreçleri üzerinde derinlemesine etkiler yaratırken, aynı zamanda bitkilerin büyüme, gelişme ve verimlilik seviyelerini doğrudan etkileyebilir. Bu bağlamda, su baskını stresinin özellikle buğday (*Triticum aestivum* L.) üzerindeki etkilerinin ele alınması büyük önem taşımaktadır. Tez çalışmasında, su baskını stresinin bitki fizyolojisi üzerindeki yıkıcı etkilerinin yanı sıra, bu stres faktörüne karşı çeşitlerin geliştirdiği enzimatik savunma mekanizmaları ve bu mekanizmaların çeşitler üzerindeki rolü kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu tür çalışmalar, su baskını stresinin tarımsal üretime etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olarak tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

2.1. Tarımsal Üretimde Su Baskını Stresi

Küresel iklim değişikliği, olumsuz etkilerini her geçen gün artırarak tarımsal üretimde abiyotik stres faktörlerini tetiklemekte ve bitki büyümesini sınırlandırmaktadır. Dünya tarım arazilerinin büyük kısmı abiyotik stres faktörlerinden olumsuz şekilde etkilenmektedir. Bu durum, gıda güvenliğini tehdit ederken verimliliğin korunması ve artırılmasını günümüzde en acil ve önemli sorunlardan biri haline getirmektedir (FAO, 2019).

Patrick ve Jugsujinda (1992) toprakta biriken fazla suyun, toprak redoks potansiyelini büyük ölçüde düşürerek besin içeriğinde ciddi değişimlere yol açtığını, serbest oksijenin tükenmesiyle birlikte, azotun öncelikli olarak toprak mikroorganizmaları tarafından alternatif bir elektron alıcısı olarak kullanıldığını sonraki aşamalarda ise manganez oksitler, demir ve sülfat bu rolü üstlendiğini ifade etmişlerdir.

Blom ve Voeseek (1996) Su baskınlarının neden olduğu oksijen yetersizliğinin, yalnızca kök ve sürgün büyümesini durdurmakla kalmadığını, aynı zamanda kuru madde birikimini azaltarak verimde önemli düşüşlere de yol açtığını ifade etmişlerdir.

Drew (1997) oksijen eksikliğine bağlı olarak gelişen anoksia ve hipoksi durumlarının, kök solunumunu ve buna bağlı kök gelişimini durdurduğunu ve bu süreçte enerjiye bağlı iyon alımının engellendiğini ve zayıf köklerin oluşumunun arttığını belirtmişlerdir.

Reddy ve DeLaune (2003) toprakta gaz değişiminin engellenmesi sonucu kök bölgesinde yüksek kısmi CO₂ basıncı oluştuğunu ve bu durumun kök büyümesi ile metabolizma üzerinde ciddi olumsuz etkiler yarattığını belirtmişlerdir.

Setter ve ark. (2003) su baskınlarının, bitki türü, toprak yapısı ve stres süresine bağlı olarak tarımsal verim üzerinde ciddi kayıplara yol açtığını ve tarımsal üretkenliği önemli ölçüde sınırlandırarak gıda güvenliği üzerinde olumsuz etkiler yarattığını bildirmişlerdir.

Hirabayashi ve ark. (2013) su baskınlarının, tarım alanlarını ciddi şekilde etkileyerek bitki gelişimini olumsuz yönde sınırladığını ve bu durumun, tarımsal üretim sistemleri üzerinde önemli tehdit oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Sauter (2013) toprakta Mn⁺², Fe⁺², amonyak ve sülfid gibi toksik bileşiklerin birikiminin bitki sağlığını ciddi şekilde olumsuz etkilediğini ifade etmişlerdir.

Voeseek ve Bailey-Serres (2013) su baskınlarının, bitkilerde metabolik ve fizyolojik süreçlerde ciddi değişimlere yol açan önemli stres faktörlerinden biri olduğunu

ve bu durumun temel sebebinin, aerobik kök solunumunun bozulması ve bunu takip eden oksijen eksikliği olduğunu belirtmişlerdir.

Akpoveta ve ark. (2014) su baskınının, meydana gelme sıklığı ve zamanlamasındaki değişkenliklerle, ekosistemlerde toprak yapısını ve besin dinamiklerini önemli ölçüde değiştiğini ifade etmişlerdir.

Zhao ve ark. (2017) iklimdeki değişim ise kuraklığın yanı sıra su baskını riskini artırarak tarımsal üretimi ciddi şekilde sınırlayan etmen haline geldiğini belirtmişlerdir.

Yeung ve ark. (2018) su baskını koşullarında kök çevresinde fermantasyon ürünleri ile metan, yağ asitleri ve CO₂ miktarlarında artış görüldüğünü ve bu etkiler bir araya geldiğinde, su baskınının bitkilerin büyüme ve fizyolojik süreçleri üzerindeki yıkıcı etkilerinin açıkça görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Masson-Delmotte ve ark. (2022) iklim değişikliğine yol açan sera gazlarının artışı yalnızca sıcaklıkları yükseltmekle kalmayıp, ani sıcaklık değişimlerini ve yağış düzenlerini de etkilemekte olduğunu bildirmiştir.

Kal ve ark. (2023) serbest oksijenin tükenmesiyle birlikte, azotun öncelikli olarak toprak mikroorganizmaları tarafından alternatif bir elektron alıcısı olarak kullanıldığını sonraki aşamalarda ise mangan oksitler, demir ve sülfat bu rolü üstlenmesiyle birlikte toprak çözeltisinde demir (Fe⁺²) ve mangan (Mn⁺²) gibi bileşiklerin toksik seviyelere ulaştığını bildirmişlerdir.

2.2. Su Baskını Stresinin Bitki Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri

Su baskını, bitkilerin kök sistemini olumsuz etkileyen önemli çevresel stres faktörüdür. Bitkiler, su ve besin maddelerini toprak kökleri aracılığıyla alır ve bu süreç bitkilerin büyüme ve gelişimi için kritik öneme sahiptir. Ancak, su baskını sırasında toprak yüzeyi suyla kaplandığında, köklerin bu temel işlevi yerine getirmesi zorlaşır. Köklerin oksijen alımı ve besin maddelerini taşıma işlevi suyun doygunluğu nedeniyle bozulur. Su ile dolmuş toprak, gazların difüzyonunu büyük ölçüde yavaşlatır (Voesenek ve Bailey-Serres, 2015). Su, gazların difüzyon hızını önemli ölçüde düşürür, çünkü gazların sudaki difüzyon hızı, havadakine oranla yaklaşık 10 bin kat daha düşüktür (Voesenek ve Bailey-Serres, 2015).

Su baskınının bitkiler üzerindeki etkileri ve bitkilerin bu duruma karşı geliştirdiği adaptasyon mekanizmaları, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak için önemlidir.

Bu adaptasyonlar, bitkilerin hayatta kalmalarını ve verimli şekilde büyümelerini destekleyerek tarımda su baskını gibi çevresel stres faktörlerine karşı dirençli türlerin geliştirilmesine olanak tanır. Su baskını koşullarının tarımsal üretim üzerindeki etkilerini azaltmak için bitki çeşitlerinin bu adaptasyon yeteneklerinin dikkate alınması gereklidir. Bitkilerin su baskınına dayanıklı özelliklerinin geliştirilmesi, gıda güvenliği açısından kritik öneme sahiptir ve bu alandaki araştırmaların devam etmesi, gelecekteki olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olacaktır.

Blom ve Voeseek (1996) su baskınına karşı gelişen adventif, bitkilerin su altında kaldığında oksijen alabilmesi için geliştirdiği özel kök türleri olduğunu ve bu köklerin, normal köklerin işlevini yitirdiği durumlarda alternatif oksijen alım yolu sağladığını belirtmişlerdir.

Afreen ve ark. (2007) su baskını sırasında köklerde gelişen ROL bariyerlerinin, kök içindeki oksijenin çevreye kaçmasını engellediğini, köklerdeki oksijenin korunmasını sağlayarak solunumu optimize ettiğini ve köklerin ekzoderm ve endodermis bölgelerinde, genellikle suberin ve lignin gibi maddelerin birikmesiyle oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Striker (2012) aerenkima yapılarının, bitki hücrelerinde büyük ve boş hava kanalları oluşturarak yapraklardan köklere oksijen taşınmasını kolaylaştırdığını ifade etmiştir.

Zhang ve ark. (2015) adventif köklerin, toprakla bağlantıyı koruyarak bitkilerin devrilmesini engellediğini ve çevresel değişikliklere hızlı adaptasyon sağladıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca bu köklerin, bitkilerin suya batmış alanlarda besin maddelerini almasına yardımcı olduğunu ve stres koşullarında bitkilerin hayatta kalmasını sağladıklarını da belirtmişlerdir.

Zhou ve ark. (2015) hipoksiya ve anoksiya koşullarının, bitkinin genel büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilediğini, bu koşullara maruz kalan bitkilerin, hayatta kalabilmek ve çevresel stresle baş edebilmek için çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirdiğini ve bu adaptasyonların, bitkilerin anatomik, morfolojik ve fizyolojik düzeyde değişiklikler yaparak su baskınına karşı dayanıklılıklarını artırmalarını sağladığını belirtmişlerdir.

Sasidharan ve ark. (2018) su baskınının bitki köklerinde oksijenin hızla tükenmesine yol açtığına ve oksijen eksikliği, özellikle hipoksiya (düşük oksijen) ve uzun süreli su baskını koşullarında anoksiya (oksijensizlik) durumlarını doğurduğunu ifade etmişlerdir.

Yeung ve ark. (2018) aerenkima koşullarının, su baskını gibi oksijen eksikliği koşullarında bitkiler tarafından geliştirilen önemli yapılar olduğunu ifade etmişlerdir.

Yeung ve ark. (2018) oksijen eksikliğinin, bitkilerin solunum mekanizmalarını olumsuz etkilediğini, normal koşullarda bitkiler oksijen alıp solunum yaparak ATP üretirken oksijen yetersizliğinin, bu süreci engellediğini ve anoksiya koşullarının oluştuğunu, anoksiya koşullarının ise, bitkilerde solunum mekanizmalarının bozulmasına yol açarak ATP üretiminin düşmesine neden olduğunu ve bunun da enerji verimliliğini azalttığını belirtmişlerdir.

Daly ve Tracy (2020) ROL bariyer yapılarının su ve çözünmüş maddelerin seçici taşınmasını düzenlediğini ve bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini daha verimli şekilde almasını sağladığını belirtmişlerdir.

Jiave ark. (2021). Bu yapı, su altında kalan köklerin oksijen ihtiyacını karşılamaya yardımcı olur. Aerenkima, özellikle etilen gibi hormonlar ve hücre sinyalleri tarafından tetiklenir

2.3. Su Baskını Stresinin Buğday (*Triticum aestivum* L.) ve Diğer Tahıllar Üzerindeki Morfolojik, Fizyolojik ve Ekofizyolojik Etkileri

Su baskını stresi, tarımsal üretimde önemli verim kayıplarına yol açan sorundur ve özellikle buğday (*Triticum aestivum* L.) gibi temel tarla bitkilerinde, diğer tahıllarda olduğu gibi, ciddi etkilere neden olmaktadır. Su baskınına maruz kalan bitkiler, bu zorlayıcı koşullarla başa çıkabilmek için adaptif mekanizmalar geliştirir. Ancak, bu adaptasyonların etkinliği, bitkinin genetik yapısına, türüne ve su baskınının şiddet ve süresine bağlı olarak değişir (Malik ve ark., 2002; Kaur ve ark., 2020). Eğer adaptasyonlar yetersiz kalırsa, bitkiler stres altında kalır ve bu durum verim kayıplarına yol açar.

Su baskını, bitkilerin morfolojik yapıları üzerinde belirgin değişikliklere yol açar. Özellikle köklerin su altında kalması, oksijen taşınımının sınırlanması, su ve besin maddelerinin alımının engellenmesi gibi sorunlar ortaya çıkar. Bu durum, bitkilerin büyüme yeteneğini doğrudan etkiler. Su baskını koşullarında bitkiler köklerinde aerenkima dokusu oluşturur (Colmer, 2003; Patel ve ark., 2014; dos Resi ve ark., 2017). Aerenkima, bitkilerin köklerinde bulunan büyük boşluklar aracılığıyla oksijen iletimi sağlar. Bu yapı, oksijenin yetersiz olduğu koşullarda köklerin oksijen ihtiyacını karşılamaya yardımcı olur (Malik ve ark., 2002). Ancak, bu adaptasyon her zaman yeterli

olmayabilir ve kök gelişiminde azalma, yan köklerin gelişiminde gerileme ve kök çürüklüğü gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu durum, bitkinin su ve besin alım kapasitesini kısıtlar ve büyüme yeteneğini olumsuz etkiler. Yapraklarda ise sararma ve dökülme gibi belirtiler görülür ve bu da biyokütle kaybına yol açar. Yapraklardaki bu değişiklikler, bitkilerin fotosentez kapasitesini düşürür ve genel verimliliği olumsuz etkiler (Singh ve ark., 2003).

Fizyolojik düzeyde, su baskını stresi, bitkilerin fotosentez, solunum ve stoma fonksiyonlarında önemli aksaklıklara neden olur. Hipoksi koşullarında, su baskını bitkilerin fotosentez hızını belirgin şekilde düşürür. Su baskını, klorofil miktarını azaltarak stomaların kapanmasına yol açar. Stomalar kapandığında, bitkiler dış ortamdan karbondioksit alımını kısıtlar, bu da fotosentez hızını daha da düşürür. Ayrıca, su baskınına bağlı bitkiler anaerobik solunum yoluna girer. Anaerobik solunum, oksijensiz ortamda enerji üretim mekanizmalarını devreye sokar ancak bu süreç, enerji üretiminde verimliliği düşürür. Karbonhidrat rezervlerinin hızla tükenmesine yol açan anaerobik solunum, bitkinin büyüme hızını yavaşlatır (Ponomperuma, 1972; Fahad ve ark., 2015). Ayrıca, solunum hızının düşmesi ve köklerin suyla olan ilişkilerinin zayıflaması, bitkilerin su ve besin alımını engeller ve büyüme kapasitesini sınırlar. Bu durum, bitkilerin su baskını koşullarında daha yavaş büyümesine ve verimliliklerinde belirgin düşüş yaşanmasına yol açar.

Su baskını, bitkilerin ekofizyolojik özelliklerini karmaşık şekilde etkiler. Bu stres koşullarında bitkiler hayatta kalabilmek için çeşitli adaptif stratejiler geliştirir. Örneğin, köklerde oksijen iletimi sağlamak ve suyun bitki içinde taşınmasını desteklemek amacıyla aerenkima dokusu gibi anatomik değişiklikler gelişir (Foyer ve Nocter, 2008; Hossein ve Uddin, 2011; Zhang ve ark., 2021). Bunun yanı sıra, bitkilerin su alımını sürdürebilmesi için kök yapılarının daha verimli hale gelmesi gerekmektedir. Bu adaptasyonlar, bitkinin genetik yapısına ve türüne bağlı olarak farklılık gösterir. Su baskınına dayanıklı çeşitler, genellikle daha etkili kök sistemi ve daha fazla metabolik esneklik sergileyerek, su baskını koşullarında daha iyi performans gösterebilirler (Shahkoomahali ve ark., 2020). Bu, bitkilerin stres koşullarında hayatta kalmalarını kolaylaştırır ve su baskınına karşı gösterilen toleransı artırır.

Su baskınına dayanıklı buğday çeşitleri, genellikle kök sistemi gelişimi, oksijen iletimi ve metabolik esneklik açısından daha verimli ve esnektir. Bu çeşitler, stres

koşullarına karşı daha dayanıklıdır ve su baskınının olumsuz etkilerini daha iyi tolere edebilirler. Örneğin, bazı buğday çeşitleri kök sistemi gelişimi ve su iletimi açısından daha esnektir, bu da bitkilerin stres koşullarında hayatta kalmalarını kolaylaştırır (Shahkoomahali ve ark., 2020). Bununla birlikte, su baskınına duyarlı çeşitlerde kök sistemi zayıflar, oksijen iletimi sağlanamaz ve bu da verim kaybına yol açar (Fahad ve ark., 2015).

Su baskınına dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesi, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak için büyük önem taşır. Bu çeşitlerin ıslah edilmesi sırasında, özellikle kök sistemi gelişimi, oksijen iletimi, aerenkima dokusu oluşumu ve metabolik esneklik gibi faktörlerin dikkate alınması gerekir. Ayrıca, su baskınına karşı dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesi, su baskını nedeniyle tarımda yaşanan verim kayıplarının önlenmesinde önemli rol oynar.

Su baskını stresi, buğday bitkisinin gelişim aşamaları ve verimi üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Amrı ve ark. (2014) 2005-2007 yıllarında yürüttükleri çalışmada, su baskını stresinin, altı ekmeklik buğday genotipinin vejetatif gelişimini, fizyolojik özelliklerini, verim ve verim bileşenlerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, su baskını stresinin başaklanmayı 9.6 gün geciktirdiği ve bitki boyu ile bitki başına kardeş sayısını sırasıyla %25.4 ve %44.2 oranında azalttığı sonucuna varmışlardır. Su baskını stresinin, buğdayda verim kaybına neden olmasının başlıca nedenlerinden biri de kök yapısındaki zayıflama ve oksijen iletiminin azalmasıdır (Collaku ve ark., 2002; Ghobad ve ark., 2011). Su baskınının etkilerinin en belirgin olduğu dönem ise sapa kalkma ve başaklanma dönemleri arasındaki süreçtir (Şahkoomahali ve ark., 2020).

Burgos (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, kavuzlu ve kavuzsuz buğdayın su ve soğuk stresine karşı toleransı karşılaştırılmıştır. Kavuzlu buğdayın, gelişmiş fizyolojik adaptasyonlar sayesinde erken stres toleransı gösterdiği ve buğdayda stres toleransı ıslahı için iyi bir kaynak olabileceği bulunmuştur.

Malik ve ark. (2001) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, su baskını stresi uygulandıktan sonra, kök büyüme hızının sürgünlere göre daha fazla azaldığı, net fotosentez hızının %70-80 oranında düştüğü, ancak 200 mm su seviyesinde fotosentezin daha az olumsuz etkilendiği belirtilmiştir. Ayrıca, su baskınına maruz kalan bitkilerde kök gelişiminde ilave büyüme ve kardeş sayısında azalma yaşandığı dile getirilmiştir.

Malik ve ark. (2002) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada, su baskını uygulaması sonucu, buğdayın seminal kök sistemindeki gelişmenin durduğu ve adventif köklerin uzadığı, yapraklardaki nitrojen yoğunluğunun su baskını süresiyle orantılı olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, su baskını süresince kardeş sayısı ve yaprak alanı indeksinde azalmalar görülmüştür.

Yine Goggian ve Colmer (2007) tarafından yürütülen bir çalışmada, 11 buğday genotipi üzerinde bitki çıkışından 4-7 gün sonra 72 saatlik oksijensizlik uygulamasının ardından oksijen sağlanarak yapılan testte, kök dokularında potasyum iyileşmesi ve seminal kök uzamasında çeşitler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca, oksijensizlik altında tohumdaki nişasta rezervlerinden yararlanmanın azaldığı belirtilmiştir.

Olgun ve ark. (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada, su baskını süresi arttıkça, buğday bitkisinin verimi, başak sayısı, dane ağırlığı, protein içeriği ve klorofil seviyelerinde azalmalar gözlemlenmiş, prolin içeriği ise artmıştır.

Zheng (2009) tarafından yapılan çalışmada, tuz ve su baskını stresinin kombinasyonunun buğdayın fotosentez, kloroplast aktiviteleri ve antioksidatif enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve stres koşullarında fotosentez hızının önemli ölçüde azaldığı, bu kaybın fotosistem II'ye bağlı tahribattan kaynaklandığı bulunmuştur.

Li ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, çiçeklenme döneminden önce ve sonra uygulanan su baskını stresinin klorofil içeriği üzerinde önemli etkiler yarattığı ve bu etkinin 9. günden sonra sabit kaldığı bildirilirken benzer şekilde, fotosentez hızının da bu dönemde azaldığını belirtmişlerdir.

Tiryakioğlu ve ark. (2014) tarafından su kültürü ortamında yürütülen çalışmada, farklı sürelerde uygulanan su baskınının buğday fidelerinin yaprak alanı, kuru madde üretimi ve klorofil içeriği üzerinde olumsuz etkiler yarattığı, su baskını süresinin artmasıyla bu etkilerin belirginleştiği ve oksijen uygulamasıyla iyileşme sağlandığı ifade edilmiştir.

Şahkoomahali ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, su baskını stresinin süresi ve bitkinin gelişim aşamasına bağlı olarak buğdayda önemli verim kayıpları olduğu belirtilmiş, stres uygulamaları sırasında en fazla zararın sapa kalkma döneminde olduğu ve verim kaybının stres süresinin uzunluğuna bağlı olarak arttığı ifade edilmiştir.

Tian ve ark. (2021) tarafından yapılan bir meta-analizde, su baskını stresi altındaki bitkilerde verim kaybının %32.9 oranında olduğu, çimlenme ve vejetatif büyüme aşamalarındaki su baskını stresinin verimi daha fazla azalttığı bildirilmiştir. Stresin süresi arttıkça ürün veriminde daha fazla düşüş yaşandığı belirtilmiştir.

Wu ve ark. (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, su baskını uygulamaları sırasında, çimlenme zamanındaki su baskınlarının fide ölümlerine neden olduğu, ancak oksijen konsantrasyonunun %10'un altına düşmediği sürece stres semptomlarının gözlenmediği bildirilmiştir.

2.4. Su Baskını Stresine Karşı Bitki Savunma Sistemindeki Enzimatik Değişimler

Su baskını, oksijen yetersizliğine yol açarak bitkilerin kök fonksiyonlarını bozar, büyümelerini engeller ve fotosentez aktivitelerini azaltır. Bu zorlu çevresel koşullar altında, bitkiler hayatta kalabilmek için çeşitli savunma mekanizmaları geliştirir. Enzimatik savunma sistemleri, bu mekanizmaların başında gelir ve bu sistemlerin etkinliği, bitkilerin su baskınına karşı toleranslarını belirler. Su baskınına karşı bitkilerin geliştirdiği savunmalar, oksidatif stresi detoksifiye etmeye yönelik biyokimyasal reaksiyonlarla güçlendirilir.

Su baskını, oksidatif stresi artırarak bitkilerde hücrel hasara yol açar. Aşırı miktarda serbest radikal ve reaktif oksijen türleri (ROS), hücrelerdeki protein, lipid ve DNA yapılarına zarar verebilir. Bu zararlara karşı bitkiler, antioksidan enzimler kullanarak savunma mekanizmaları geliştirir. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzimler, su baskını stresi altındaki bitkilerdeki oksidatif hasarı engellemek için önemli rol oynar. Bu enzimler, serbest radikalleri nötralize ederek bitkilerin hücrel yapılarının korunmasına yardımcı olur. Oksidatif hasar, hücrel düzeydeki bozulmaların yanı sıra, bitkilerin genel büyüme hızını da olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, antioksidan enzimlerin artan aktiviteleri, bitkilerdeki oksidatif stresin azaltılmasına ve hayatta kalma şanslarının artırılmasına yardımcı olur.

Birçok bilimsel çalışma, su baskını altındaki bitkilerdeki enzimatik savunma mekanizmalarını ve bu mekanizmaların etkinliğini incelemiştir.

Arslan (2006) bitkilerde su baskını stresinin aşırı duyarlılık tepkimeleri ve aktif oksijen türlerinin üretimiyle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Arslan'ın çalışmasında, bu süreçlerin bazı savunma proteinlerinin sentezini de tetiklediği vurgulanmıştır. Bu

savunma proteinlerinin başında fitoaleksinlerin sentezi, lignin birikimi ve patojenle ilişkili PR proteinlerinin (pathogenesis-related protein) üretimi yer alır. Bu mekanizmalar, bitkilerin su baskınına karşı hayatta kalma kapasitelerini artıran önemli faktörlerdir.

Su baskını, bitkilerdeki enzimatik değişiklikleri tetikler ve bu değişiklikler, bitkilerin hayatta kalma kapasiteleri üzerinde doğrudan etkilidir. Antioksidan enzimlerin aktivasyonunun yanı sıra, amino asit metabolizmasında da önemli değişiklikler gözlemlenir. Amino asitler, bitkilerin su baskınına karşı dayanıklılığını artıran metabolik bileşiklerdir.

Freng ve arkadaşları (2022) hidroponik ortamda yapılan bir çalışmada, su baskını stresi altında farklı buğday çeşitlerinde antioksidan içerikleri ve enzimatik aktiviteleri incelemişlerdir. Çalışmada, su baskını şiddetinin artmasıyla, buğday çeşitlerinde askorbat (ASC) ve glutatyon (GSH) düzeylerinin arttığı bulunmuştur. Ayrıca prolin gibi amino asitlerin birikiminin, bitkilerin hücresel osmotik dengesini korumasına yardımcı olduğunu ve su baskınına karşı dayanıklılıklarını artırdığını bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışma, su baskını stresi altındaki buğdaylarda süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzimlerin etkinliğini incelemiştir. Bu enzimlerin, su baskını nedeniyle oluşan serbest radikalleri etkisizleştirme yeteneği olduğunu, bu sayede bitkilerin oksidatif stresi azaltabildiklerini belirtmişlerdir. Aynı zamanda, glutatyon peroksidaz (GPX) enziminin, glutatyonu oksidatif hasara karşı koruyarak bitkilerin dayanıklılığını artırdığını ifade etmişlerdir.

Komatsu ve ark. (2022) tarafından yapılan bir başka çalışmada, su baskını altındaki buğdaylarda biyokimyasal ve morfolojik değişiklikler incelenmiştir. Araştırmada, bitki türevli duman çözeltilisinin su baskını stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği ve buğdayın büyümesini iyileştirdiği bulunmuştur. Duman çözeltilisi uygulamasının, buğday bitkilerinin klorofil içeriğini artırarak fotosentez aktivitesini desteklediği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, su baskınına karşı gelişen enzimatik savunma mekanizmalarının metabolik düzenlemeler yoluyla bitkilerin hayatta kalma şansını artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, glutamin, glutamik asit ve aspartik asit gibi amino asitlerin seviyelerinin, duman çözeltilisi uygulaması ile geri kazanılabileceği vurgulanmıştır.

Malik ve ark. (2022) su baskınına duyarlı üç farklı buğday çeşidinde antioksidan enzim aktiviteleri ve morfolojik değişiklikler incelenmiştir. Çalışma, su baskınına maruz kalan buğdaylarda oksidatif stresin arttığını, ancak antioksidan enzim aktivitelerindeki artışın, serbest radikalleri temizleyerek bitkilerin iyileşmesine yardımcı olduğunu ortaya koymuştur. Bu süreç, bitkilerin çevresel stres koşullarına karşı daha dirençli hale gelmesinde önemli rol oynamıştır.

Komatsu (2023) su baskını stresi altındaki buğdaylarda GABA (gamma-aminobutirik asit) birikiminin dinamik rolünü araştırmıştır. GABA, bitkilerde stres yanıtlarını düzenleyen önemli metabolittir. Çalışma, su baskını stresi altında glutamat dekarboksilaz enzim aktivitesinin arttığını ve bununla birlikte GABA birikiminin yükseldiğini göstermiştir. Bu bulgu, GABA'nın su baskınına karşı bitkilerin savunma kapasitesinin arttığını ve su baskınına karşı daha güçlü bir direnç geliştirmelerine yardımcı olduğunu ortaya koymaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Çalışmada; 2019-2020 yetiştirme sezonunda Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait serada 92 x 30 x 34 cm ebatlarındaki saksı ortamında 33 adet ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L) çeşidi kullanılarak yapılmış ön çalışmada kardeşlenme dönemi sonuna doğru (Zadoks Gelişme Sıkalası (ZGS): 23) 15 gün süre ile su baskını uygulaması yapılmış ve uygulanan su baskını stresinin ardından çeşitlerin göstermiş oldukları agronomik tepkiler doğrultusunda iki adet toleranslı (Ekinoks, Meltem), iki adet orta düzeyde toleranslı (Seri-82, Karatoprak) ve iki adet duyarlı (Sönmez ve Altınöz) tepkiyi ortaya koyan toplam altı adet çeşidin materyal olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Tez çalışmasının ön çalışmasına ait görseller Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tez çalışmasının ön çalışmasına ait görseller.

Çalışmada kullanılan çeşitler farklı tarımsal araştırma enstitüsü müdürlüklerinden temin edilmiştir. Çeşitlerin temin edildiği tarımsal araştırma enstitüleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tez kapsamında kullanılacak çeşitlerin su baskını stresine karşı göstermiş oldukları tepki düzeyleri ve temin edildikleri tarımsal araştırma enstitüleri.

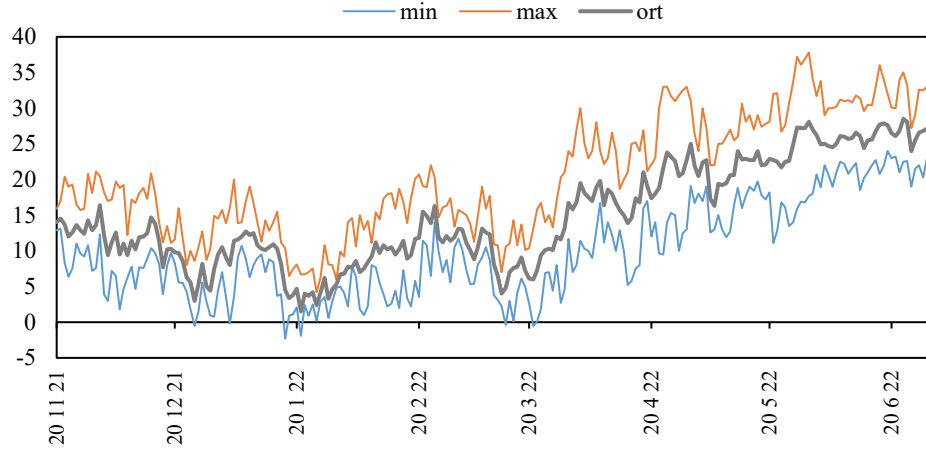
Tepki Düzeyleri	Çeşit Adı	Çeşitlerin Temin Edildiği Araştırma Enstitüleri
Toleranslı	Ekinoks	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
	Meltem	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Orta Toleranslı	Seri-82	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
	Karatoprak	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırması Enstitüsü
Duyarlı	Sönmez 2001	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü
	Altınöz	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü

3.1.2. İklim Özellikleri

Çalışmada Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Kampüsüne ait dış alan iklim verileri kullanılmıştır. Sera içi veriler 6 Şubat depreminde sera içinde kullanılan iklim belirleme cihazının zarar görmesinden dolayı sağlıklı bulunmadığından tezde kullanılmamıştır.

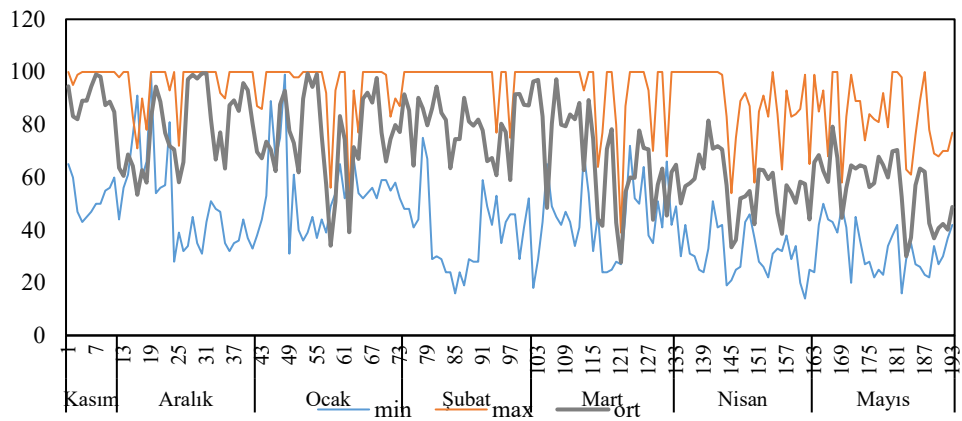
Şekil 3.2’de deneme alanında ekimden fizyolojik oluma kadar geçen süreçte günlük en düşük, en yüksek ve ortalama sıcaklık (°C) değerlerinin değişimi gösterilmektedir. Veriler, sıcaklık seviyelerinin mevsimsel ve günlük değişimlerini detaylı bir şekilde inceleme fırsatı sunmaktadır.

Çizelge verileri incelendiğinde, Ocak ayı ortalarından Mart ayı ortalarına kadar gece sıcaklıklarının sıfırın altına düştüğü belirlenmiştir. Ocak ayından itibaren hasat dönemine kadar sıcaklıkların sürekli bir artış eğiliminde olduğu, özellikle Mart ayı ortalarından itibaren bu artışın hız kazandığı görülmektedir. İklim verileri, tane dolum döneminde maksimum sıcaklıkların daha hızlı yükseldiğini ve özellikle Nisan ayı ortasından sonra fotosentez aktivitelerini olumsuz yönde etkileyebilecek seviyelere ulaştığını göstermektedir.



Şekil 3.2. Deneme alanının ekimden fizyolojik oluma kadarki süreçte günlük en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık (°C) değişimi

Deneme alanında ekimden fizyolojik olgunluğa kadar olan süreçte günlük en yüksek, en düşük ve ortalama nem (%) değişimi Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Nem değerleri, ekim işleminden sonra (Kasım ayı) Mart ayı ortalarına kadar yüksek seviyelerde (%50-100) seyretmiş, ancak Mart ayı ortasından hasat dönemine kadar (Mayıs ayı sonu – tane dolum dönemi) hızlı bir azalış göstererek %40-70 aralığına düşmüştür.



Şekil 3.3. Deneme alanının ekimden fizyolojik oluma kadarki süreçte günlük en yüksek, en düşük ve ortalama nem (%) değişimi

3.1.3. Toprak Özellikleri

Toprak örnekleme, homojen bir temsili sağlamak amacıyla farklı noktalardan alınarak birleştirilip karıştırılmasıyla yapılmıştır. Bu yöntemle, toprağın genel yapısının daha doğru bir şekilde yansıtılması ve analiz sonuçlarının güvenilirliğinin artırılması amaçlanmıştır. Deneme alanı toprak analiz sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme toprağı özellikleri.

Parametre	Birim	Metot	Sonuç	Değerlendirme
pH	-	Potansiyometrik	7.90	Alkali
İletkenlik	mS cm ⁻¹	Potansiyometrik	0.236	Tuzsuz
Yarayışlı Fosfor (P)	kg da ⁻¹	Spektrofotometrik	2.40	Eksik
Yarayışlı Potasyum (K)	kg da ⁻¹	Alev Fotometresi	389.52	Yüksek
Kalsiyum (Ca)	ppm	Alev Fotometresi	6524.0	Yüksek
Demir (Fe)	ppm	(F-AAS)	5.34	Orta
Bakır (Cu)	ppm	(F-AAS)	0.35	Eksik
Çinko (Zn)	ppm	(F-AAS)	0.12	Eksik
Magnezyum (Mg)	ppm	(F-AAS)	3448.0	Yüksek
Organik madde	%	Walkley-Black	0.39	Çok Az
Kireç	%	Kalsimetrik Ölçüm	6.3	Orta Kiraçlı
Saturasyon	%	Su ile doygunluk	70.4	Killi

Analiz sonuçları incelendiğinde, deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin şu şekilde olduğu belirlenmiştir: Toprak pH'sı 7.90 olarak ölçülmüş ve alkali bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Topraktaki tuz konsantrasyonu 0.236 mS cm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Topraktaki yarayışlı fosfor miktarı 2.40 kg/da, Potasyum içeriği 389.5 kg/da⁻¹, kalsiyum miktarı 6524.0 ppm, Demir miktarı 5.34 ppm, Bakır miktarı 0.35 ppm, çinko miktarı 0.12 ppm, Magnezyum miktarı 3448,0 ppm olarak belirlenmiştir.

Toprağın organik madde içeriği %0.39 olarak belirlenmiştir ve oldukça düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Organik maddenin, toprak yapısını iyileştirerek besin elementlerinin tutulmasını sağladığı ve mikroorganizma faaliyetlerini desteklediği

bilinmektedir. Topraktaki kireç oranı %6.3 olarak belirlenmiştir ve orta kireçli sınıfına girmektedir. Saturasyon oranı %70.4 olarak belirlenmiş ve toprağın killi yapıda olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, deneme toprağının tekstürü killi yapıdadır. Deneme toprağı organik madde içeriğı yönünden fazlasıyla zayıf karakterde iken, toprak tuzsuz, alkali ve orta kireçli yapıdadır. Potasyum içeriğı yüksek olan deneme alanı toprağının fosfor yönünden oldukça zayıf olduğu saptanmıştır. İncelenen toprağın kalsiyum ve magnezyum içerikleri oldukça yüksek bulunurken, bakır ve çinko açısından eksik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca deneme toprağının demir içeriğinin orta düzeyde olduğu analiz sonucunda ortaya konmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi

Çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Sökmen Yerleşkesi' nde yer alan Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait serada her biri 100 x 300 x 27 cm (3,00 m² yüzey alanı) ebatlarındaki 12 adet galvanize metal küvetlerde (her bir küvette ana faktör olarak belirlenmiş 4 farklı su baskını süresi yer almıştır), tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. Denemede kullanılan parsellerin ve ekimde kullanılan sıra arası mesafelerin ayarlanması

Çalışma, su baskını süresi ana, çeşitler alt parsel olacak şekilde planlanmıştır. Çalışmada her bir parsel yaklaşık 25 cm yüksekliğinde toprak ile doldurulmuştur. Denemede her bir parsel 6 çeşitten 4'er sıra gelecek ve sıra arası mesafe 10 cm olacak şekilde açılan çizgilere ekim yapılmıştır. Tohumlar, tarla yüzeyinin ilk 30 cm' lik kısmından alınan toprakla doldurulan parsellere, bitki çıkışlarında bir sorun yaşanmaması adına el ile belli bir sayı ve sıra üzeri mesafe olmadan yapılmıştır. Ekime ait görsel Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Ekime ait görseller

Ekim ile birlikte tüm parsellere 0.21 kg (7.0 kg da^{-1}) gelecek şekilde saf besin maddesine eş değer azot, fosfor ve potasyum içeren kompoze gübre (15-15-15) toprağa karıştırılarak verilmiştir. Azotun geri kalan kısmı sapa kalkma dönemi ortasında (ZGS: 33) 6.0 kg da^{-1} hesabına göre saf azot içeren üre formunda uygulanmıştır. Ekim sonrası düzgün çıkış temini amacıyla sulama işlemleri düzenli şekilde gerçekleştirilmiştir. Toprak nemi her gün kontrol edilerek gerektiğinde ilave sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çıkış tamamlandıktan sonra metrekarede kaç bitki olduğunu belirlemek için bitki sayımı yapılmıştır (ZGS 1.0). Bitki sayımına ait görsel Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Bitki sayımına ait görsel

Ekim sıklığı; metrekaresine 500 bitki gelecek şekilde ve bitki çıkışından sonraki süreçte (ZGS 1.1) seyreltme işlemleri yapılarak ayarlanmıştır. Bitki seyreltmesine ait görseller Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Bitki seyreltmesine ait görseller

Çalışmada yer alan bitkilerin gelişim seyri düzenli aralıklarla takip edilmiş olup, farklılıklar Zadoks Gelişim Skalasına göre kayıt altına alınmıştır.

Denemede; bitkilerin sapa kalkma başlangıcı (ZGS 3.0) döneminde deneme planı doğrultusunda bitkilere dört farklı süre (0, 7, 14, 28 gün) ile su baskını stresi uygulanmıştır (Şekil 3.8).

Uygulamalar	Zaman (h)					
	0. gün	7. gün	14. gün	21. gün	28. gün	35. gün
1 Kontrol						
2 7 günlük su baskını						
3 14 günlük su baskını						
4 28 günlük su baskını						

		Kontrol
		Su baskını
		Örnek alım zamanları

Şekil 3.8. Su baskını stresi uygulama şablonu ve bitki örnek alım zamanları

Bu döneme kadarki süreçte her bir bitki eşit kültürel işlemlere tabi tutulmuştur. Çalışmada su baskını uygulaması, 100 × 300 × 27 cm (3,00 m² yüzey alanı) boyutlarındaki galvanizli metal küvetlerin tamamen su ile doldurulması ve belirlenen süreler boyunca (7, 14 ve 28 gün) herhangi bir sızıntı veya tahliye olmaksızın suyun küvet içinde tutulması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Su baskını stresine maruz bırakılan bitkilerin görselleri Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Su baskını stresine maruz bırakılan bitkilerin görselleri

3.2.2. Birinci Aşama: Agronomik ve Fizyolojik Ölçümler

Su baskını işlemi uygulanmadan hemen önce (sıfırıncı gün) ve sonrasında ise 7 günlük aralıklarla (0., 7., 14., 28. ve 35. gün) olacak şekilde her bir örneklemede 5 adet

bitki toprak yüzeyinden kesilmiştir. Kesilen bitkilerden 3'ü morfo-fizyolojik özelliklerin belirlenmesi, 2'si de biyokimyasal çalışmalar için kullanılmıştır.

Bitkilerden ilk olarak su baskını uygulanmadan hemen önce ardından da 7. günün sonunda ikinci örnekleme yapılmıştır ve deneme planı doğrultusunda 7 günlük stres uygulanan parsellerdeki suyun tahliyesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra üçüncü örnekleme yapıp 14 günlük su baskını stresi uygulanan parsellerden de suların tahliyesi yapılmıştır. Bir sonraki örneklemenin 21. günde yapılması planlanmasına rağmen su baskını stresinin ileri düzey belirtilerinin söz konusu uygulamada tatmin edici düzeyde olmaması nedeniyle bu süre 28 güne uzatılarak 28. günün sonunda dördüncü örnekleme yapılmıştır. Su baskınından önceki ve sonraki dönemlere ait görseller Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Su baskınından önceki ve sonraki dönemlere ait görseller

Tüm yapılan örneklemelemlerde fizyolojik çalışmalar için toprak hizasından kesilen 3 bitkideki ölçümler aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

- Ölçüm için alınan tüm bitkilerin (3 adet) öncelikle toplam yaprak alanları ölçülmüştür.
- Daha sonra yaprak nispi nemini belirlemek amacıyla gelişimini en son tamamlamış bir yaprak belirlenip hem yaş ağırlığı alınıp hem de alanı ölçülmüştür. Sonrasında yaş ağırlığı alınan yapraklar bir filtre kâğıdı arasına konularak 24 saat süreyle bekletilmiş, belirtilen süre sonunda yapraklar üzerindeki nem peçete yardımı ile alınarak tam turgor durumundaki ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından nispi nem için alınan yapraklar ile diğer tüm yapraklar etüvde 70°C de 48 saat bırakıldıktan sonra tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Alanı ölçülen ve turgor durumuna getirilen bitkilere ait görseller Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Alanı ölçülen ve turgor durumuna getirilen bitkilere ait görseller

3.2.3. İkinci Aşama: Biyokimyasal Çalışmalar

Biyokimyasal çalışmalar için alınan bitki örneklerinde ise yapılan işlemler şu şekildedir.

- Her bir örnekleme döneminde biyokimyasal çalışmalar için 2 adet bitki toprak hizasından kesilmiştir.
- Kesilen bitkilerin yaprak kısımları hızlı bir şekilde küçük parçalar haline getirilmiştir.

- Bitki yaprakları alüminyum folyoya sarılıp sıvı azot içerisinde muhafaza edilerek antioksidan enzim analizleri gerçekleştirilene kadar -80°C 'de muhafaza edilmiştir.

Biyokimyasal çalışmalar için bitkilerden yapılan örneklemeye ait görseller Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Biyokimyasal çalışmalar için bitkilerden yapılan örneklemeye ait görseller

Bitkilerde gerçekleştirilen ilk örnekleme öncesinde her bir parselde, parseli temsil eden bir adet bitki belirlenmiş ve bu bitkide gelişimini tamamlamış bir adet yaprak kırmızı iplik kullanılarak işaretlenmiştir. Sonrasında gün aşırı olacak şekilde her bir işaretli yaprakta SPAD (Single Photon Avalanche Diode), QY (quantum yield) ve PAR (Photosynthetically active radiation) ölçümleri bitkiler tamamen sararana kadar yapılmıştır. Ölçümler her zaman günün aynı saatlerinde (Saat: 12:00-15:00 arasında) gerçekleştirilmiştir. Bitkilerde bayrak yaprak çıkışı tamamlandıktan sonra söz konusu ölçümler bu yaprak üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bitkilerden SPAD, QY ve PAR ölçümleri yapılırken kullanılan cihazlara ait görseller Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Bitkilerden SPAD, QY ve PAR ölçümleri yapılırken kullanılan cihazlara ait görseller

Fizyolojik çalışmalar tamamlandıktan sonra -80°C de muhafaza edilen bitki örneklerinin antioksidan enzim analizleri gerçekleştirilmiştir. Antioksidan enzim analizleri süreçleri aşağıda belirtilmiştir.

3.2.3.1. Malondialdehit (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarlarının Belirlenmesi

Malondialdehit (MDA) Analizi için, Zhang ve ark. (2005) verilen protokol aşağıda yer aldığı şekilde uygulanmıştır:

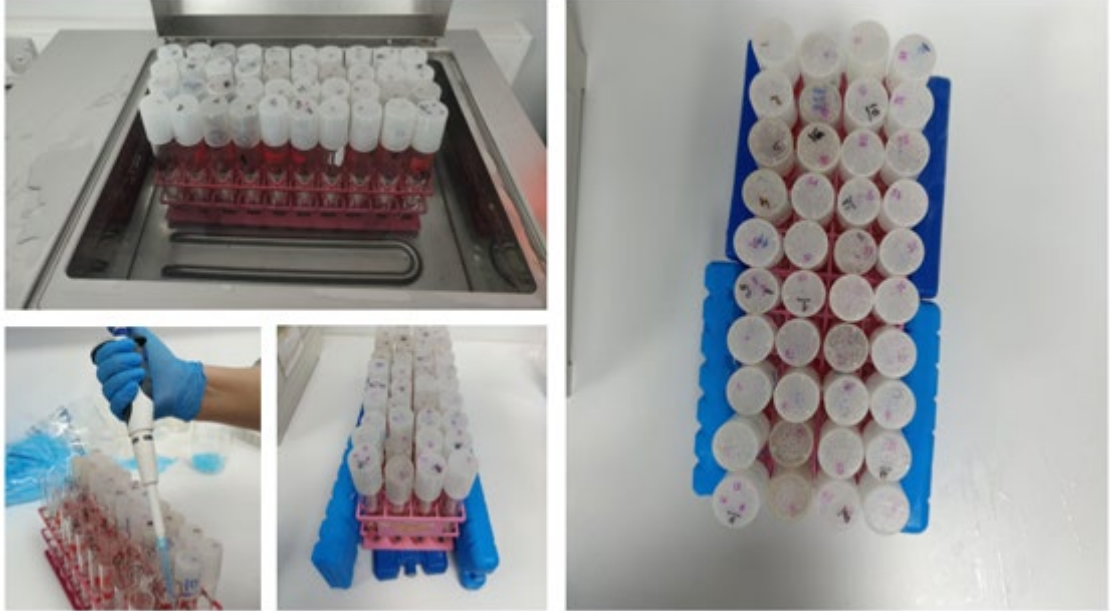
Analiz için her uygulamadan alınan 0.2 g yaprak örnekleri sıvı azot yardımıyla porselen havanda ezilmiştir. Daha sonra %0.1'lik 2 mL TCA (Trikloroasetik Asit) çözeltisi eklenerek ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar, 4°C 'de 15.000 rpm'de 15 dakika santrüfjü edilmiştir. Sonrasında süpernatant başka bir tüpe alınmıştır.

Reaksiyon karışımı için 1 mL süpernatant alınmış ve üzerine 4 mL %0.5 Tiyobarbitürik Asit (TBA) ve %20 TCA içeren reaksiyon çözeltisi eklenmiştir. Karışım, $95-100^{\circ}\text{C}$ 'deki su banyosunda 45 dakika inkübe edilmiş ve ardından hızla soğutulmak üzere 5-10 dakika buz banyosuna alınmıştır. Soğuyan karışımdan 200 μL alınarak spektrofotometrede 532 nm ve 600 nm dalga boylarında ölçüm yapılmıştır. Kör numune olarak, reaksiyon çözeltisi (%0.5 TBA ve %20 TCA) kullanılmış ve elde edilen sonuçlar $\mu\text{mol/g}$ olarak sunulmuştur.

Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Analizi için, Özden ve ark. (2009) verilen protokol aşağıda verildiği gibi uygulanmıştır:

Analiz için her uygulamadan 0.2 g yaprak örnekleri alınarak sıvı azot yardımıyla porselen havanda ezilmiş ve %0.1'lik 2 mL TCA çözeltisi eklenerek ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar, 4°C'de 15,000 rpm'de 15 dakika santrüfjü edilmiştir. Süpernatant dikkatlice başka bir tüpe aktarılmıştır.

Deney tüplerine 200 µl süpernatant, 200 µl buffer (K-P tampon çözeltisi) ve 200 µl KI eklenmiş ve karıştırıcı da 30 sn çalkalandıktan sonra spektrofotometrede 390 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, farklı konsantrasyonlardaki H₂O₂ çözeltileriyle oluşturulan standart eğri yardımıyla değerlendirilmiş ve sonuçlar µmol/g olarak sunulmuştur. Malondialdehit (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H₂O₂) miktarlarının belirlenmesi ait fotoğraflar şekil 3.14'te verilmiştir.



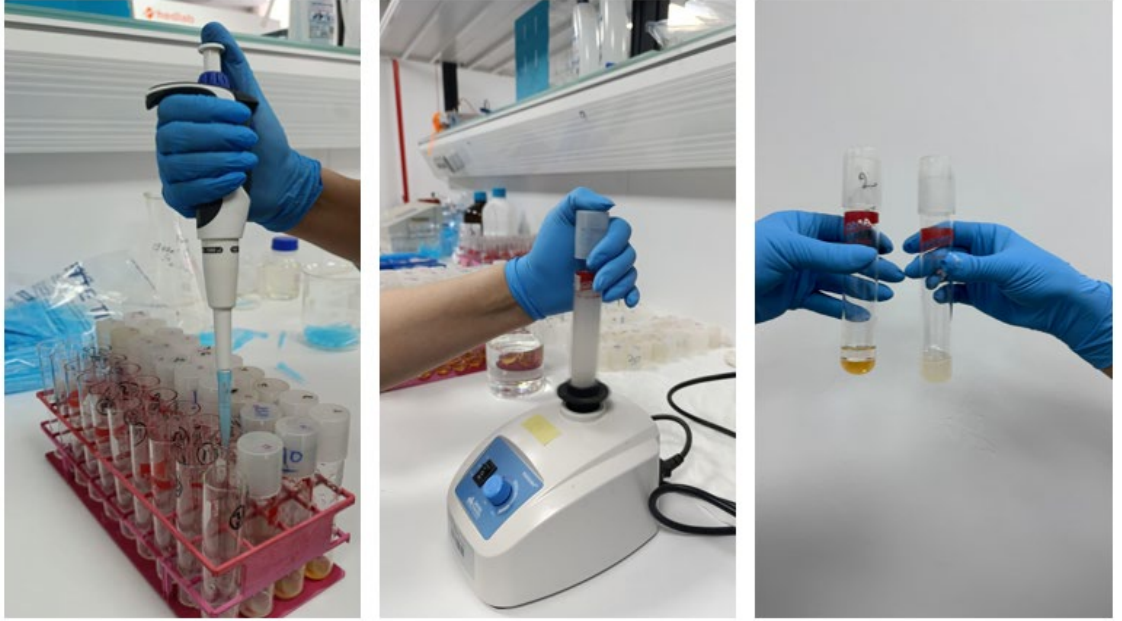
Şekil 3.14. Malondialdehit (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H₂O₂) miktarlarının belirlenmesi ait görseller

3.2.3.2. Prolin Miktarının Belirlenmesi

Bates ve ark. (1973) yöntemine göre, serbest prolin miktarını belirlemek için taze yaprak dokusundan 0.2 g alınarak porselen havanda ezilmiş ve üzerine 5 mL %3 (w/v) 5-sülfosalisilik asit eklenmiştir. Elde edilen karışım tüplere aktarılmış ve 4°C'de 15,000 rpm hızında 15 dakika santrüfjü edilmiştir. Süpernatant dikkatlice başka bir tüpe alınmıştır.

Analiz için 1 mL süpernatant, 1 mL asit ninhidrin ve 1 mL glasiyal asetik asit ile bir test tüpünde karıştırılmıştır. Tüpler, 100°C'deki su banyosunda 1 saat bekletilmiş ve ardından hızla soğutulmak üzere 1 dakika boyunca buz banyosunda tutulmuştur. Soğutulan karışımın üzerine 4 mL tolüen eklenmiş ve karışım 30 saniye boyunca karıştırıcıda çalkalanmıştır. Tüpler oda sıcaklığına geldikten sonra üst fazdan alınan 200 µL'lik örneklerin absorbansı spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunmuştur. Kör numune olarak sadece tolüen kullanılmıştır.

Farklı konsantrasyonlarda prolin içeren çözeltiler, aynı işlemlere tabi tutularak bir standart eğri oluşturulmuş ve örneklerin prolin içerikleri bu eğri kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, µmol/g prolin taze ağırlık biriminde raporlanmıştır. Prolin miktarının belirlenmesi ait görseller 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Prolin miktarının belirlenmesi ait görseller

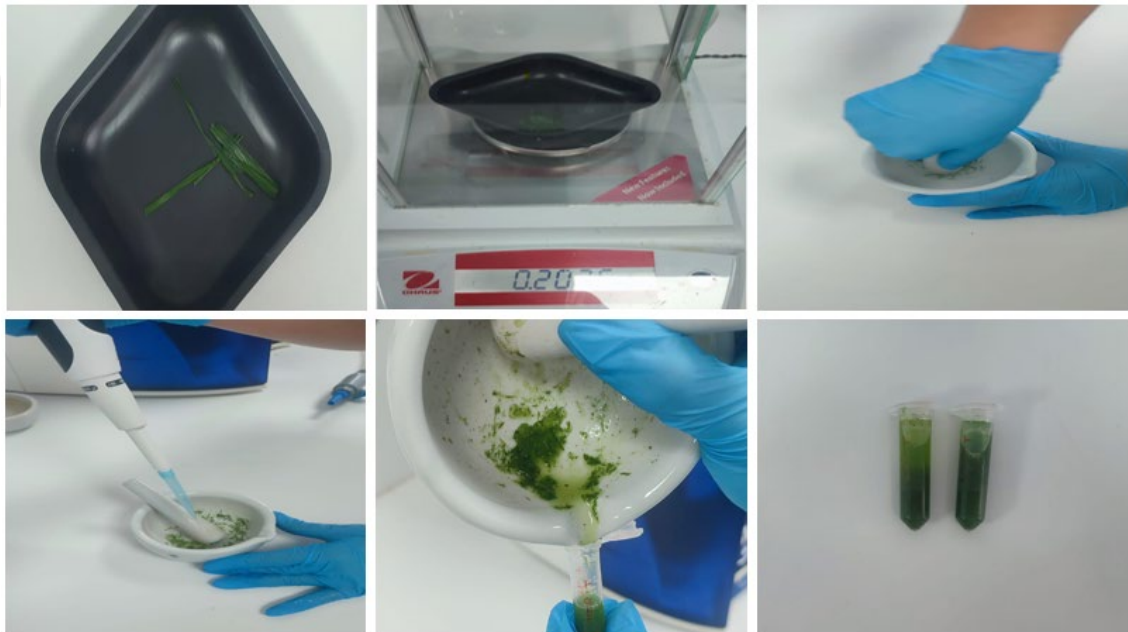
3.2.3.3. Antioksidant Enzimlerin (Peroxidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz)

Ekstraksiyonunun Hazırlanışı

Angelini ve ark. (1990) ile Angelini ve Federico (1989)'de verilen protokol aşağıda belirtildiği gibi uygulanmıştır:

Analiz için her uygulamadan 0.2 g yaprak örnekleri alınarak sıvı azot yardımıyla porselen havanda öğütülmüştür. Öğütülen bitki materyali üzerine, 2 ml 0.1 M KH₂PO₄

çözültisi eklenerek homojenize edilmiştir. Homojenize edilen karışım, epanorf tüplerine aktarılmış ve 4°C’de 15,000 rpm hızında 15 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda elde edilen süpernatant, antioksidan enzimlerin (Peroxidaz, Katalaz ve Süperoksit Dismutaz) aktivite ölçümleri için kullanılmak üzere kaynak olarak toplanmıştır. Süpernatant hemen ölçüm için kullanılmış ya da kısa süreli saklama için -20°C’de, uzun süreli saklama için ise -80°C’de muhafaza edilmiştir. Antioksidant enzimlerin (Peroxidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz) ekstraksiyonunun hazırlanmasına ait görseller Şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.16. Antioksidant enzimlerin (Peroxidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz) ekstraksiyonunun hazırlanmasına ait görseller

3.2.3.4. Süperoksit Dismutaz Aktivitesinin Belirlenmesi

Aktivite ölçümü için; spektrofotometre plakasına 170 µL SOD reaksiyon çözeltisi, 20 µL örnek ve 10 µL riboflavin çözeltisi eklenmiştir. Kontrol numunesi için, 190 µL SOD reaksiyon çözeltisi ve 10 µL riboflavin çözeltisi yüklenmiştir. Reaksiyonu başlatmak için plaka, beyaz ışık kaynağı önüne yerleştirilmiştir. Reaksiyon, ışık kaynağı karşısında 10 dakika boyunca devam etmiş ve reaksiyon ışık kaynağının kapatılmasıyla sonlandırılmıştır. SOD aktivitesinin birimi, 560 nm’de gözlenen NBT (Nitro Blue Tetrazolium) indirgenmesinin %50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı olarak kabul

edilmiş ve değerler EU/g yaprak olarak hesaplanmıştır. Süperoksid dismutaz aktivitesinin belirlenmesine ait görseller 3.17’de verilmiştir.

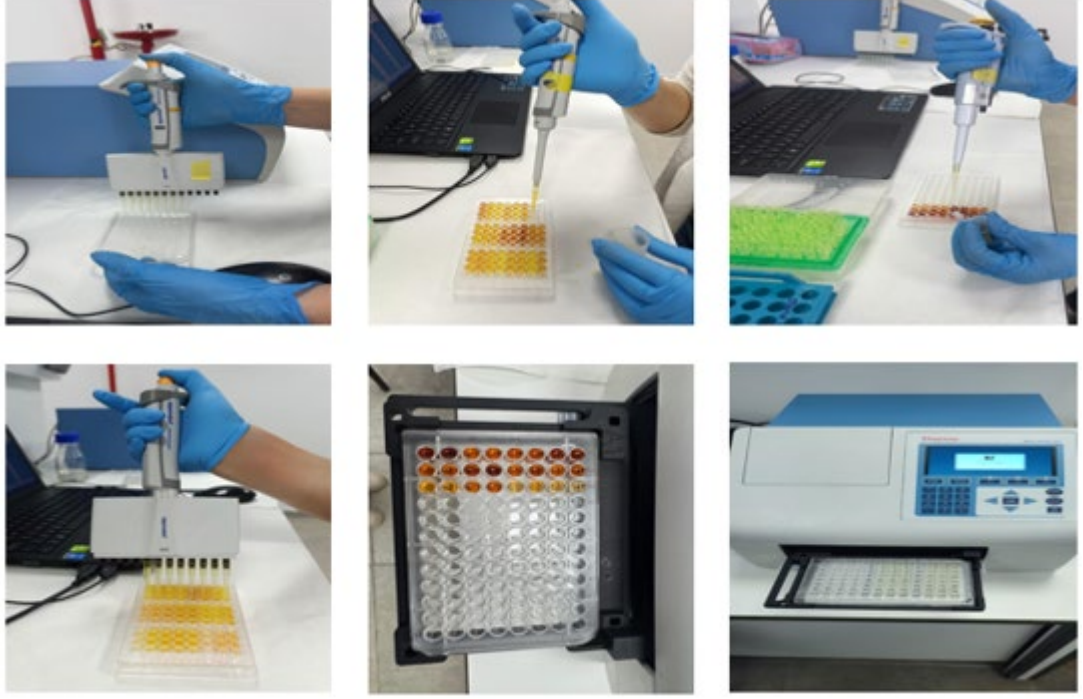


Şekil 3.17. Süperoksid dismutaz aktivitesinin belirlenmesine ait görseller

3.2.3.5. Katalaz (CAT) Aktivitesinin Belirlenmesi

Aktivite ölçümü için, spektrofotometre plakasına 10 µl örnek ve 200 µl CAT reaksiyon çözeltisi (100 mM KH_2PO_4 ve 10 mM H_2O_2 içeren reaksiyon çözeltisi) eklenmiştir. Kör olarak ise 200 µl CAT reaksiyon çözeltisi kullanılmış ve 240 nm’de absorbans azalışı, 3 dakika boyunca 30 saniye aralıklarla kaydedilmiştir.

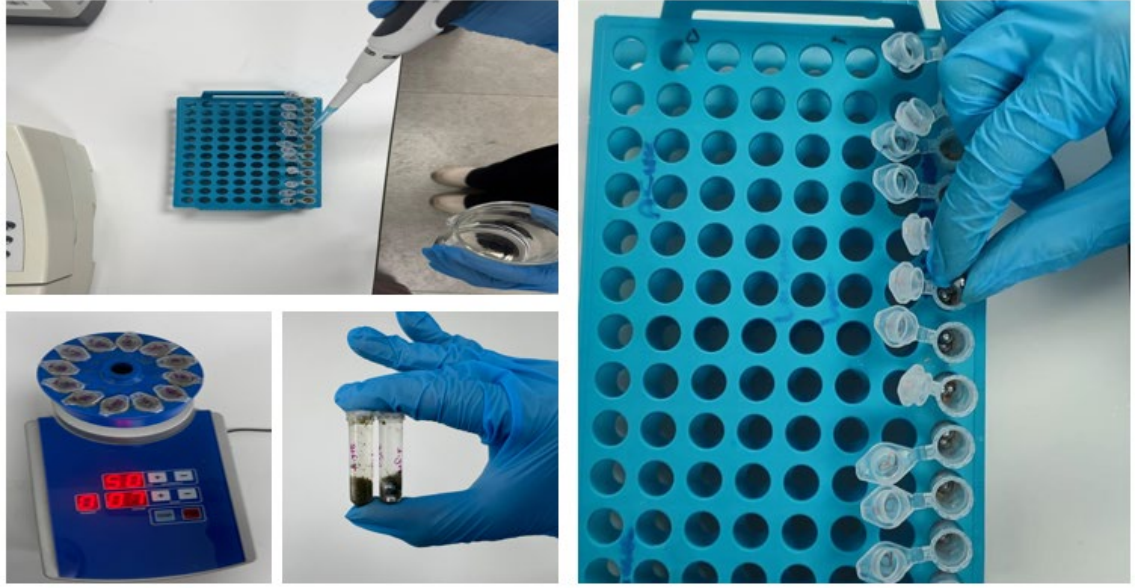
Sonuçlar gram yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak hesaplanmıştır (Gong ve ark., 2000). Ölçüm yapılmak üzere örneklerin spektrometreye yüklenmesine ait görseller Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Ölçüm yapılmak üzere örneklerin spektrometreye yüklenmesine ait görseller

3.2.3.6. Peroksidaz Aktivitesinin Belirlenmesi

Aktivite ölçümü için, spektrofotometre plakasına 25 µl örnek ve 235 µl POD reaksiyon çözeltisi (0.1 M monosodyum fosfat (NaH_2PO_4), 30 µl guaikol ve %35'lik 21 µl H_2O_2 içerek reaksiyon çözeltisi) ilave edilmiştir. Reaksiyon başlatıldıktan sonra, 470 nm'de 1 dakika boyunca absorbans artışı 15 saniye aralıklarla kaydedilmiştir. 1 dakikada, absorbansı 0.01 artıran enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiş ve sonuçlar gram yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak ifade edilmiştir (Yee ve ark., 2003). Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesine ait görseller Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesine ait görseller

3.2.4. Hasat ve Harman İşlemleri

Bitkiler hasat olgunluğuna geldikten sonra tüm bitkiler parsel bazında hasat edilmiştir. Hasat sonrası bitkiler laboratuvara nakledilmiştir. Sonrasında söz konusu bitkilerde “3.2.5 İncelenen Özellikler” başlığı altında yer alan özellikler incelenmiştir. Söz konusu işlemlere ait görseller Şekil 3.20’de yer almaktadır.



Şekil 3.20. Bitkilerin hasadına ait görseller

3.2.5. İncelenen Özellikler

3.2.5.1. Agronomik Özellikler

A. Tek Bitki Üzerinden İncelenen Özellikler

Bitki Boyu (cm): Her parselde rasgele seçilmiş on adet bitkide sapın en alt noktasından (toprak hizasından) başakta yer alan tepe başakçığının sonuna kadar olan mesafe cm cinsinden ölçülerek tespit edilmiştir.

Başak Uzunluğu (cm): Her parselde rasgele seçilmiş on adet bitkiye ait başağın sapa bağlandığı boğumdan tepe başakçığının uç noktasına kadar olan mesafe cm cinsinden ölçülerek elde edilmiştir.

Fertil Sap (Başak) Sayısı (başak m⁻²): Yukarıda belirtilen şekilde alınan bitki örneklerinde ana sap ve kardeş (birinci, ikinci ve üçüncü) sapların başaklarının tümü sayılarak elde edilen değer birim alan başına dönüştürülerek hesaplanmıştır.

Başakçık Sayısı (fertil ve steril başakçık başak⁻¹): Her bir örneklemeden elde edilen on adet ana sap ve bu saplara ait kardeşlerinin her birindeki başakçıklar sayılıp ayrı ayrı kaydedilerek hesaplanmıştır.

Başakta Tane Sayısı (adet başak⁻¹): Her bir örneklemeden elde edilen on adet ana sap ve bu saplara ait kardeşlerinin her birinin başağındaki taneler sayılıp ayrı ayrı kaydedilerek hesaplanmıştır.

Bin Tane Ağırlığı (g): Her parselden elde edilen tanelerden rastgele 4 x 100 tane sayılarak 0.01 g duyarlı terazide tartılıp, ortalamalarının 10 ile çarpılmasıyla bulunmuştur.

Başak Başına Tane Sayısı (adet başak⁻¹): Her parselden rastgele seçilen on adet başak örneği harmanlandıktan sonra elde edilen taneler sayılıp, sonuç başak sayısına bölünerek bulunmuştur.

Başak Başına Tane Verimi (mg başak⁻¹): Her parselden rastgele seçilmiş on adet başak örneği harmanlandıktan sonra elde edilen taneler tartılıp, sonuç başak sayısına bölünerek bulunmuştur.

B. Alan Bazında İncelenen Özellikler

Çıkışta Bitki Sayısı (bitki m⁻²): Denemede parsellerdeki bitki sayısı çıkış tamamlandıktan sonra parseldeki tüm bitkilerin sayılmasıyla tespit edilmiştir.

Maksimum Sap Sayısı (bitki m⁻²): Kardeşlenme dönemi sona erer ermez sapa kalkma başlangıcında aynı parsellerde yapılan ikinci bir sayımla maksimum sap ve bitki başına kardeş sayısı belirlenmiştir.

Birim Alan Tane Sayısı (adet m⁻²): Her bir parseldeki tüm başaklar harmanlanarak elde edilen tane sayısı üzerinden birim alan değeri hesaplanmıştır.

Tane Verimi (g m⁻²): Her parselden alınan bitki örneğinden elde edilen kurutulmuş tane ürününün ağırlığı esas alınarak metrekare başına hesaplanmıştır.

3.2.5.2. Fizyolojik Özellikler

Yaprak Su Durumunun Belirlenmesi: Her bir parselden alınan bitkilerde en son gelişmesini tamamlamış bir adet yaprak alınarak aya ile kının birleşim yerinden kesilmiştir. Kesilen yaprağın o anki ağırlığı (YA) ve alanı (AI) saptandıktan sonra saf su ile doymun hale getirilmiş filtre kâğıt arasında 24 saat süreyle ve 4°C sıcaklıkta muhafaza edildikten sonra yaprak tekrar tartılarak turgor durumundaki ağırlığı (TA) belirlenmiştir. Yaş ve turgor ağırlığı tespit edilmiş yaprak örnekleri 70 °Cde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlığı (KA) saptanmıştır. Elde edilen değerler kullanılarak **Yaprak Su İçeriği, Yaprak Oransal Su İçeriği, Yaprak Spesifik Ağırlığı, Yaprak Kuru madde Miktarı** ve **Spesifik Yaprak Alanı** değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Garnier ve ark., 2001).

$$\text{Yaprak su içeriği (\%)} = \frac{(YA - YK)}{KA} 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Yaprak oransal su içeriği (\%)} = \frac{(YA - KA)}{(TA - KA)} 1000 \quad (3.2)$$

$$\text{Yaprak spesifik ağırlığı (mg}^{-2}\text{)} = \frac{YA}{AI} 1000 \quad (3.3)$$

$$\text{Yaprak kuru madde miktarı (mg g}^{-1}\text{)} = \frac{KA}{YA} \quad (3.4)$$

$$\text{Spesifik yaprak alanı} = m^2 kg^{-1} = \frac{AI}{KA} \quad (3.5)$$

Toplam Klorofil Miktarı (SPAD-birim): Çeşitlerin kardeşlenme dönemi sonrasında (ZGS: 23) başlayarak bayrak yapraklar tamamen sararıncaya kadar geçen sürede gün aşırı olarak her parselde işaretlenmiş bitkilerin bayrak yaprağından toplam klorofil içeriği, yaprak tarafından emilen kırmızı ışıkla yapraktan geçen arasındaki ilişkiden yararlanarak klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen taşınabilir klorofil metre cihazı (SPAD-502, Minolta Ltd. Osaka, Japan) ile açık havada ölçülerek saptanmış ve cihazdan okunan değerler SPAD değeri olarak ifade edilmiştir.

Klorofil Işıma Verimi (Qy): Çeşitlerin kardeşlenme dönemi sonrasında (ZGS: 23) başlayarak bayrak yapraklar tamamen sararıncaya kadar geçen sürede gün aşırı olarak her parselde işaretlenmiş bitkilerin bayrak yaprağından fotosistem II (klorofil ışım verimi, $Q_y = FV'/FM'$; FV' = ışığa adapte olmuş yapraktaki değişken klorofil ışım değeri; FM' = ışığa adapte olmuş yapraktaki maksimum klorofil ışım değeri) ölçümleri yapılmıştır.

3.2.6. İstatiksel Analizler

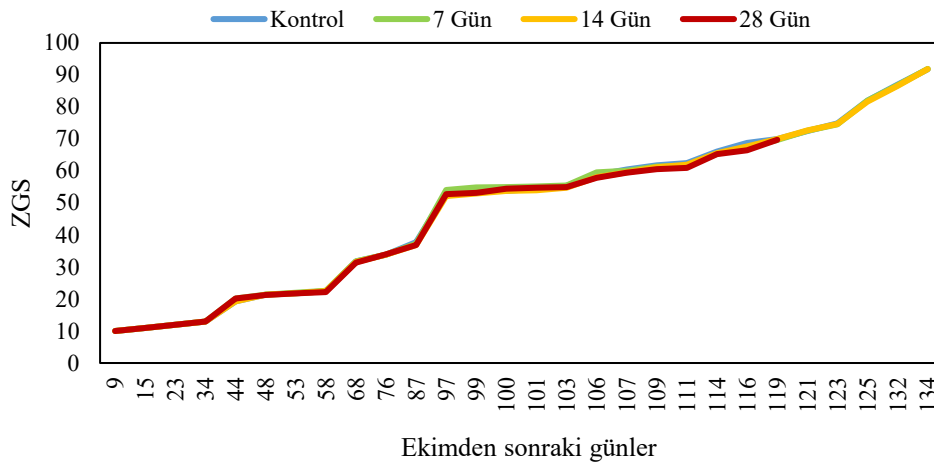
Araştırmada elde edilen veriler MSTAT-C istatistik programı kullanılarak, tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizi yapılmış, ortalamaların karşılaştırılması ise En Güvenilir Fark (EGF) testine göre gerçekleştirilmiştir. Verim ve unsurları arasındaki ilişki düzeyi ise SPSS 23 (IBM Technology Inc, USA) istatistik programında gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışmada, su baskını stresine tolerans açısından farklı özellikler gösteren 6 buğday çeşidi (2 toleranslı, 2 orta toleranslı ve 2 duyarlı) kullanılmıştır. Su baskını stresi, bitkilerin sapa kalkma başlangıcı (ZGS 3.0) döneminde 0 (kontrol), 7, 14 ve 28 gün süreyle uygulanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler, öncelikli olarak tek bitki değerleri üzerinden değerlendirilmiş, ardından birim alan değerleri ile tüm popülasyon üzerinden ele alınmıştır.

Araştırma bulguları ve tartışma kısmı üç temel başlık altında ele alınmıştır. İlk olarak, agronomik özellikler incelenerek bitkilerin agronomik ve verimle ilgili temel değişimleri değerlendirilmiştir. Daha sonra, eko-fizyolojik özellikler kapsamında su baskını stresinin bitkiler üzerindeki fizyolojik etkileri ve bu etkilerin tolerans mekanizmalarına yansması tartışılmıştır. Son olarak, biyokimyasal özellikler altında, strese maruz kalan bitkilerde meydana gelen biyokimyasal değişiklikler, özellikle strese yanıt olarak enzim aktivitelerindeki değişiklikler incelenmiştir.

Çalışmada su baskını stresinin farklı uygulama sürelerinin, bitkilerin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkisi, Zedoks gelişim değerleri (Zadoks scale) dikkate alınarak detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Ekimden sonraki günlere ait zedoks gelişim değerleri

Söz konusu su baskını sürelerinin kontrol ile mukayesesi yapıldığında; 7 günlük su baskını süresinin bitki gelişimine önemli olumsuz etkisinin olmadığı, hatta bitki gelişimini kontrol grubuna göre olumlu etkilediği gözlenmiştir. On dört günlük su baskını

süresinin kontrole göre bitki gelişimini olumsuz etkilediği, sonrasında geçen zamanda bitkinin baskın süresince meydana gelen olumsuzluğu bir miktar telafi etmesine karşın tamamen ortadan kaldıramadığı saptanmıştır. Su baskınının asıl olumsuz etkisinin 28 günlük su baskını sonucunda ortaya çıktığı, hatta bu grupta yer alan tüm çeşitlerin ortaya çıkan olumsuzlukla baş edemedikleri ve stres sonucunun tüm çeşitlerde erken yaşlanma ve erken olum şeklinde sonuca yol açtığı tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Bu bölümde, bitkilerin büyüme evrelerinde farklı sürelerde uygulanan su baskını stresine verdikleri tepkiler, çeşitler arası farklılıklarla birlikte tartışılmıştır.

4.1. Agronomik Özellikler

4.1.1. Tek Bitki Değerleri

4.1.1.1. Bitki Boyu (cm)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki boyu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, istatistik bakımından su baskını süreleri, süre x çeşit interaksyonu $p < 0.01$, çeşitler arasındaki farklar $p < 0.001$ önem seviyesinde farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki boyu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	33.04	1.02	
Su Baskını Süresi	3	459.50	14.22	**
Hata 1	6	32.32		
Çeşit	5	165.47	7.98	***
SxÇ İnteraksyonu	15	57.09	2.75	**
Hata 2	40	20.73		
Genel	71			
VK	5.11			

***): $p < 0.0001$; **): $p < 0.001$ seviyesinde önemli

Farklı süreyle su baskını uygulanan altı adet ekmeklik buğday çeşidinde bitki boyunun çeşit, su baskını süreleri ve çeşit x su baskını süresi interaksyon değerleri

Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu bitki boyu (cm) ortalama değerleri 93.4 – 81.9 cm arasında değişim göstermiştir. En uzun bitki boyu 7 günlük, en düşük ise 28 günlük su baskını uygulamasında ölçülmüştür. Yedi ve 14 günlük su baskını uygulamasında bitki boyu değerleri kontrole göre bir miktar yüksek gerçekleşmişse de farklar istatistik olarak önemsiz olmuştur. Su baskını süresinin bitki boyuna olan etkisi 28 günlük uygulamada kendini göstermiş ve bitki boyunda kontrole göre %8.50’lik, azalma meydana gelmiştir. Kısa süren su baskını uygulamalarının bitki boyunda, önemsiz olmakla birlikte, artışa yol açmış olması, söz konusu sürelerin bitkide stresten çok gelişimi teşvik ettiği tek bitki verim öğelerindeki bulgular tarafından da desteklenmektedir (Çizelge 4.27). Kısa süreli (7 günlük) su baskını süresince, kök bölgesinde anoksik ortam yerine hipoksik koşulların hâkim olması nedeniyle bitkide tam anlamıyla bir stres durumu oluşmamıştır. Bununla birlikte hipoksik ortam, bitkide olumsuz çevre koşullarına karşı savunma mekanizmalarını harekete geçirmiştir. Bu durum, uygulamanın bir stres kaynağı olmaktan ziyade, bitki büyümesini teşvik edici bir rol oynamış olabileceğini göstermektedir.

Meyer ve Barrs (1988) tarafından yürütülen tarla denemesinde, kısa süreli su baskını (96 saat) sonucunda bitki boyunun uzadığı ve bu durumun fotosentezdeki artıştan kaynaklandığı belirtilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde, kısa süreli stres koşullarının bitki boyu üzerinde olumlu bir etki yarattığı görülmektedir. Ayrıca, korelasyon değerleri (Çizelge 4.27) incelendiğinde de bitki boyu ile fotosentez arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiş olup, bu bulgu söz konusu çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Sharma ve Swarup (1988) tarafından tarla koşullarında yürütülen çalışmada ise, 25 günlük buğday bitkilerine kısa süreli (2, 4 ve 6 gün) su baskınları uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, mevcut çalışmadan farklı olarak, kısa süreli su baskını uygulamalarının buğday bitkisinde bitki boyunu olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, buğday çeşitlerinin değişik su baskını stres sürelerine karşı farklı tepkiler sergilediği görülmektedir (Çizelge 4.2). Su baskını stresine karşı en yüksek bitki boyu değeri 92.6 cm ile Sönmez çeşidinde kaydedilmiştir. Ekinoks çeşidi 89.6 cm ile ikinci sırada yer alırken, diğer çeşitlerin

ortalama değerleri sırasıyla Meltem (88.8 cm). Karatoprak (86.7 cm). Altınöz (86.0 cm) ve Seri-82 (87.3 cm) olarak belirlenmiştir.

Collaku ve ark. (2002) su kùltürü ortamında yürüttükleri çalışmada dokuz buğday genotipine farklı sürelerde (0, 10, 20 ve 30 gün) su baskınları uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, bitki boyunun stres karşısında genotiplere göre farklılık gösterdiği belirlenmiş olup, bu bulgu mevcut çalışma sonuçlarımızı desteklemiştir.

Çizelge 4.2. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki boyu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	84.7 f-j	93.3 b-e	93.0 b-e	87.3 d-h	89.6 B	3.15
Meltem	89.7 c-g	94.3 bcd	86.0 e-h	85.0 f-ı	88.8 B	-5.20
Seri-82	86.0 e-h	94.3 bcd	88.3 c-g	80.7 hıj	87.3 B	-6.20
Karatoprak	89.3 c-g	95.0 bc	85.0 f-ı	77.3 j	86.7 B	-13.43
Sönmez	98.0 ab	98.3 ab	105.3 a	83.0 g-j	96.2 A	-15.31
Altınöz	89.3 c-g	85.0 f-ı	91.7 b-f	78.0 ij	86.0 B	-12.69
Ortalama	89.5 A	93.4 A	91.6 A	81.9 B		-8.50
LSD süre	4.637					
LSD çeşitler	3.757					
LSD int.	7.514					

*) 28 günlük su baskınında başlangıca (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve buğday çeşitlerinin etkileşimi değerlendirildiğinde, bitki boyu açısından dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek bitki boyu değeri (105.3 cm) Sönmez çeşidinden 14 günlük su baskını koşullarında elde edilirken, en düşük değer (77.3 cm), Karatoprak çeşidinde 28 günlük su baskını uygulamasında ölçülmüştür. En yüksek bitki boyunun 14 günlük su baskını koşullarında elde edilmesinin nedeninin, su baskınının bu süre zarfında çeşitlerin stres adaptasyon mekanizmalarını tetiklemesi ve bu mekanizmaların bitki boyunu kısa süreli olarak teşvik etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük su baskını stresi arasındaki azalan bitki boyu değişimlerinin yüzdesel sıralaması ise çeşitler arasında farklılık göstermiş ve sıralama şu şekilde belirlenmiştir: Sönmez (%15.31), Karatoprak (%13.41), Altınöz (%12.69), Seri-

82 (%6.20) ve Meltem (%5.20). Ancak diğer çeşitlerin aksine, Ekinoks çeşidinde 28 günlük su baskını süresi sonunda bitki boyunda kontrol koşullarına göre ilginç bir şekilde %3.15 oranında artış gözlenmiştir. Bu durumun, Ekinoks çeşidinin genetik yapısının uzun süreli su baskını koşullarında su altında uzamayı destekleyen hormonal sinyal yollarını (örneğin etilen, gibberellin) aktive etmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Ekinoks çeşidinin bu genetik özelliği, diğer çeşitlerden farklı olarak su baskını koşullarına daha iyi adapte olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak farklı buğday çeşitlerinin su baskını koşullarında sergiledikleri bitki boyu değişimlerinin, genetik çeşitlilikten kaynaklanan adaptasyon kapasiteleriyle yakından ilişkili olduğu farklı çalışmalarla da (Collaku ve ark., 2002; Conrath ve ark., 2007; Farkas ve ark., 2020) desteklenmiştir.

4.1.1.2. Üst Sap Uzunluğu (cm)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) üst sap uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından $p < 0.001$ önem seviyesinde farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) üst sap uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	18.60	4.71	
Su Baskını Süresi	3	188.81	47.77	***
Hata 1	6	3.95		
Çeşit	5	50.31	10.56	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	17.18	3.60	***
Hata 2	40	4.77		
Genel	71			
VK	6,66			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Farklı süreyle su baskını uygulanan altı adet ekmeklik buğday çeşidinde üst sap uzunluğunun çeşit, su baskını süreleri ve çeşit x su baskını süresi interaksiyon değerleri

Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu üst sap uzunluk (cm) ortalama değerleri 35.2-28.1 cm arasında değişim göstermiştir. En uzun bitki boyu 7 ve 14 günlük, en düşük ise 28 günlük su baskını uygulamasında ölçülmüştür. Yedi ve 14 günlük su baskını uygulamasında bitki boyu değerleri kontrole göre istatistik olarak önemli olmuştur.

Çizelge 4.4'teki altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu üst sap uzunluğu (cm) ortalama değerleri 34.3 (Ekinoks ve Altınöz) cm ile 29.1 (Karatoprak) cm arasında değişim göstermiş olmakla birlikte, Seri-82 (34.2 cm) çeşidi de üst sap uzunluğu bakımından en yüksek değere sahip çeşitlerle aynı istatistik grupta yer almıştır.

Üst sap uzunluğu bakımından çeşit x su baskını süresi interaksiyon değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.4), Ekinoks, Sönmez ve Altınöz çeşitlerine ait 7 ve 14 günlük su baskını uygulamalarından elde edilen değerlerin kontrolden önemli ölçüde daha yüksek olduğu, diğer çeşitlerde ise söz konusu su baskını sürelerinde kontrole göre önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tüm çeşitlerde 28 günlük su baskını uygulamasında üst sap uzunluk değeri kontrole göre oldukça düşük ölçülmüştür. Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük su baskını stresi arasındaki azalan üst sap uzunluk değişimlerinin yüzdesel sıralaması ise çeşitler arasında farklılık göstermiştir. Bu sıralama şu şekilde belirlenmiştir: Karatoprak (%37.08), Seri-82 (%17.02) Altınöz (%15.10), Meltem (%7.47), Sönmez (%6.07) ve Ekinoks (%5.04). Bu sıralama nezdinde su baskını stres süresi ve çeşit etkileşimde en duyarlı çeşit Karatoprak ve toleranslı çeşidin ise Ekinoks olduğu saptanmıştır. En yüksek üst sap uzunluk değerinin 14 günlük su baskını koşullarında elde edilmesinin nedeninin, su baskınının bu süre zarfında bitkinin stres adaptasyon mekanizmalarını tetiklemesi ve bu mekanizmaların bitki boyunda olduğu gibi üst sap uzunluğu değerinde de kısa süreli olarak teşvik etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) üst sap uzunluğu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	33.2 d-h	35.7 a-e	36.8 abc	31.5 f-j	34.3 A	-5.04
Meltem	32.9 d-ı	34.2 c-g	32.2 e-j	30.5 h-k	32.5 BC	-7.47
Seri-82	36.0 a-d	36.1 a-d	35.1 a-f	29.9 h-k	34.2 AB	-17.02
Karatoprak	32.3 e-j	33.0 d-ı	30.7 g-k	20.3 l	29.1 D	-37.08
Sönmez	28.9 jk	35.0 a-f	37.9 abc	27.1 k	32.2 C	-6.07
Altınöz	34.7 b-f	34.6 b-f	38.4 a	29.4 ijk	34.3 A	-15.10
Ortalama	33.0 B	34.8 A	35.2 A	28.1 C		-14.76
LSD süre	1.621					
LSD çeşitler	1.801					
LSD int.	3.603					

*) 28 günlük su baskınında başlangıca (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Çizelge (Çizelge 4.27) incelendiğinde üst sap uzunluğu ile verim ve unsurları arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Uzun üst saplara sahip buğday çeşitlerinin, fotosentez aktivitesinden elde edilen karbonhidratların etkin bir şekilde başağa taşınmasını destekleyerek tane verimini artırdığı literatürce desteklenmiştir

Shamsi ve ark. (2010) tarla koşullarında yürüttükleri ve üç farklı buğday çeşidini kullandıkları çalışmalarında, üst sap uzunluğu ile verim ve verim unsurları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgu, mevcut çalışma sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir. Benzer şekilde, Ayrancı (2012) ise 10 farklı ekmeklik buğday genotipi (Karahana 99, Bayraktar 2000, Gerek 79, Dağdaş 94, Bezostaja 1, Göksu 99, Konya 2002, BDME 09/1 K, BDME 09/2 K ve 08-09 KEBVD 24) kullanarak yürüttüğü tez çalışmasında, üst sap uzunluğunun verim ve verim unsurlarıyla pozitif bir ilişkiye sahip olduğunu tespit etmiş olup bu sonuç çalışma bulgularımızı destekler nitelikte olmuştur.

4.1.1.3. Alt Sap Uzunluğu (cm)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) alt sap uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelge

incelendiğinde, su baskını süreleri istatistik olarak önemsiz bulunurken, çeşitler ($p<0.001$) ve çeşit x su baskını süresi interaksiyon değerleri ($p<0.0001$) arasındaki farklar istatistik bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) alt sap uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	48.53	3.05	
Su Baskını Süresi	3	60.05	3.77	öd
Hata 1	6	15.93		
Çeşit	5	225.36	15.23	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	37.42	2.53	**
Hata 2	40	14.80		
Genel	71			
VK	7,94			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu alt sap uzunluğu (cm) ortalama değerlerine bakıldığında, sonuçların en uzundan en kısaya doğru sıralaması; 50.7 cm (7 gün), 48.7 cm (14 gün), 48.2 cm (0 gün) ve 46.2 cm (28 gün) şeklinde olmuş ancak bu değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Ayrıca çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde ise, buğday çeşitlerinin değişik su baskını stres sürelerine karşı farklı tepkiler sergilediği görülmektedir. Su baskını stresine karşı en yüksek alt sap uzunluk değeri Sönmez çeşidinden (55.9cm), en düşük ise Seri-82 (45.3 cm) ve Altınöz (43.9 cm) çeşitlerinden elde edilmiş ve bu iki çeşit arasındaki farklılık (Seri-82, Altınöz) istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Karatoprak, Meltem ve Ekinoks çeşitlerinden elde edilen alt sap uzunluk değerleri ise sırasıyla, 49.9 cm, 49.2 cm ve 46.4 cm şeklinde olmuştur (Çizelge 4.6). Su baskını süresi ile buğday çeşitlerinin etkileşimi değerlendirildiğinde, alt sap uzunluğu açısından sonuçlar şu şekilde gerçekleşmiştir. En yüksek alt sap uzunluğu değeri kontrol koşullarında (0 gün) Sönmez çeşidinde 61.0 cm olarak ölçülürken, en düşük değer 28 günlük su baskını uygulaması sonucunda Altınöz çeşidinde 41.0 cm olarak kaydedilmiştir. Kontrol koşulları ile 28 günlük su baskını stresi arasındaki alt sap uzunluk

değerlerinin yüzdesel değişimleri incelendiğinde, su baskınına maruz kalan çeşitlerde farklı tolerans tepkilerinin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Özellikle 7 günlük stres süresi sonunda Ekinoks, Seri-82, Karatoprak ve Meltem çeşitlerinde alt sap uzunluğunda kontrol grubuna kıyasla sırasıyla %21.1, %18.4, %10.7 ve %6.5 oranlarında artış kaydedilmiştir. Bu artışlar, kısa süreli su baskını koşullarının bu çeşitlerde büyümeyi teşvik edebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, 7 ila 14 günlük stres süresi aralığında Sönmez ve Altınöz çeşitlerinde sırasıyla %7.4 ve %6.3 oranında artışlar gözlenmiş; ancak 28 günlük uygulamalarda, beklenilenin aksine, Karatoprak, Meltem ve Ekinoks çeşitlerinde alt sap uzunluğu değerlerinde sırasıyla %4.9, %1.5 ve %0.4 oranında artış tespit edilmiştir. Bu durumun, uzun süreli su baskını stresinin bitki büyümesi üzerinde daha karmaşık ve çeşide özgü etkiler yaratmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.6. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) alt sap uzunluğu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	40.7 k	49.3 c-g	47.7 d-ı	47.9 d-ı	46.4 CD	17.72
Meltem	49.6 c-f	52.8 cde	46.8 e-k	47.5 e-ı	49.2 BC	-4.34
Seri-82	42.3 ijk	50.1 c-f	45.6 f-k	43.3 g-k	45.3 D	2.31
Karatoprak	48.8 d-h	54.0 bcd	47.2 e-j	49.5 c-g	49.9 B	1.45
Sönmez	61.0 a	55.3 abc	59.4 ab	48.1 d-ı	55.9 A	-21.14
Altınöz	46.5 e-k	42.6 h-k	45.3 f-k	41.0 jk	43.9 D	-11.78
Ortalama	48.2	50.7	48.7	46.2		-4.03
LSD süre	öd					
LSD çeşitler	3.174					
LSD int.	6.348					

*) 28 günlük su baskınına başlangıca (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

4.1.1.4. Başak Uzunluğu (cm)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri ve çeşit x su baskını süresi interaksiyon değerleri

istatistik olarak önemsiz bulunurken, çeşit değerleri $p < 0.0001$ önem seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak uzunluğu (cm) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	0.540	0.512	
Su Baskını Süresi	3	0.694	0.659	öd
Hata 1	6	1.054		
Çeşit	5	1.595	6.653	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	0.173	0.722	öd
Hata 2	40	0.240		
Genel	71			
VK	6,29			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu başak uzunluğu (cm) ortalama değerlerinde su baskını uygulama süresindeki değişimler istatistik olarak önemli sonuçlar gösterememiştir (Çizelge 4.8). İstatiksel açıdan önemsiz olsa da en uzun başaklar 7 günlük stres koşullarından (7.97 cm) elde edilirken, en düşük değerler 28 günlük stres uygulamalarında (7.54 cm) gözlemlenmiştir.

Kara (2016) su baskını stresine karşı farklı tepkiler gösteren iki adet ekmeklik buğday çeşidinde (Gönen-98: toleranslı ve Meta-2002: duyarlı) bazı temel gelişme dönemlerinde (kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma) değişik sürelerde (0, 10, 20, 30 gün) su baskınına maruz bırakarak yürütmüş olduğu çalışmada, araştırma bulgularımızla uyumlu olarak su baskını uygulama sürelerinin buğday başak uzunluğu üzerinde istatistik olarak önemli farklar yaratmadığını belirtmiştir.

Çizelge 4.8’de çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, en yüksek başak uzunluğu değeri 8.22 cm ile Ekinoks çeşidinde, en kısa başak uzunluk değeri ise 7.13 cm ile Meltem çeşidinde gözlemlenmiştir. Sönmez ve Altınöz çeşitleri ise 7.99 cm ve 7.86 cm değerlerle su baskını sürelerine orta toleransta tepki göstermiş ve aralarındaki farklılık istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Aynı şekilde Seri-82 (7.77 cm) ve Karatoprak (7.70 cm) çeşitlerinden de elde edilen değerler de strese karşı orta

toleransta tepkiler sergilemiş ve değerler arasındaki farklılık yine istatistik olarak önemsiz olmuştur.

Kara (2016) su baskını stresine karşı farklı tepkiler gösteren iki adet ekmeklik buğday çeşidini (Gönen-98: toleranslı ve Meta-2002: duyarlı) bazı temel gelişme dönemlerinde (kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma) değişik sürelerde (0, 10, 20, 30 gün) su baskınına maruz bırakarak yürütmüş olduğu çalışmada, araştırma bulgularımızla uyumlu olarak su baskını koşulları altında başak uzunluğu değerlerin çeşitlere göre farklılıklar gösterdiğini ifade etmiştir.

Çizelge 4.8. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak uzunluğu (cm) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	8.19	8.35	8.41	7.91	8.22 A	-3.46
Meltem	7.08	7.33	7.08	7.03	7.13 C	-0.71
Seri-82	7.68	8.19	7.71	7.51	7.77 B	-2.21
Karatoprak	8.20	8.04	7.05	7.51	7.70 B	-8.34
Sönmez	8.13	8.05	8.00	7.76	7.99 AB	-4.55
Altınöz	8.16	7.84	7.89	7.54	7.86 AB	-7.60
Ortalama	7.91	7.97	7.69	7.54		-4.59
LSD süre	öd					
LSD çeşitler	0.404					
LSD int.	öd					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Farklı buğday çeşitlerinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez ve Altınöz) başak uzunluğu değerleri, dört farklı su baskını stres süresi (0, 7, 14 ve 28 gün) boyunca incelenmiş ve başak uzunluğu için ölçülen değerler, su baskını süresi ve çeşit faktörleri arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Bu sonuç, farklı buğday çeşitlerinin başak uzunluğunda, uygulanan su baskını sürelerine bağlı olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmediğini ve bu iki faktörün birbirleriyle ilişkili bir etki oluşturmadığını ifade etmektedir. Bu durumun, başak uzunluğunun su baskını stresine tolerans açısından çeşitler arasında belirgin bir ayrım

yaratmadığı ve bu özelliğin genetik ya da ekofizyolojik olarak su baskını stresine karşı duyarlılık açısından daha az etkilenmesinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

4.1.1.5. Bitki Başına Kardeş Sayısı (adet bitki⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki başına kardeş sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, istatistik bakımından su baskını süreleri $p<0.05$, çeşitler ve süre x çeşit interaksiyon değerleri arasındaki farklar $p<0.0001$ önem düzeyinde farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki başına kardeş sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	0.002	0.10	
Su Baskını Süresi	3	0.194	8.59	*
Hata 1	6	0.023		
Çeşit	5	0.136	26.56	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	0.029	5.69	***
Hata 2	40	0.005		
Genel	71			
VK	8.64			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu bitki başına kardeş sayısı (adet bitki⁻¹) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma gözlemlenmiş, birim alandaki en yüksek bitki başına kardeş 0.94 adet bitki⁻¹ değeri ile kontrol koşullarından (0. gün), en düşük değer ise 0.72 adet bitki⁻¹ ile 28 günlük su baskını uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Malik ve ark. (2002) sera ortamında ve saksı koşullarında, 0, 3, 7, 14, 21 veya 28 gün süre ile uyguladıkları su baskınları neticesinde çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak su baskını süresindeki artışların bitki kardeş sayısını olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

de San Celedonio ve ark. (2016) buğday ve arpaya beş farklı süreyle su baskını uygulayarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, özellikle bitki gelişiminin erken dönemlerinde su baskınına maruz kalan bitkilerde kardeş sayısında önemli azalmalar meydana geldiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, çalışma sonucumuzla uyumlu olarak, stres süresinin uzamasıyla birlikte kardeş sayısındaki azalmanın daha da belirgin hale geldiğini ifade etmişlerdir.

Jiang ve ark. (2022) sera koşullarında 15 gün süreyle su baskınına maruz bıraktıkları 28 buğday çeşidinde kardeş sayısının kontrol koşullarına göre azalma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgu, çalışma sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

Çizelge 4.10. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bitki başına kardeş sayısı (adet bitki⁻¹) ortalama değerleri ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	1.25 a	0.93 abc	0.77 bcd	0.83 bcd	0.95 A	-33.39
Meltem	0.98 ab	0.93 abc	0.70 bcd	0.78 bcd	0.85 ABC	-20.26
Seri-82	0.99 ab	0.82 bcd	0.83 bcd	0.87 bc	0.88 AB	-12.51
Karatoprak	0.74 bcd	0.78 bcd	0.77 bcd	0.58 cd	0.72 BC	-21.91
Sönmez	0.69 bcd	0.84 bcd	0.71 bcd	0.48 d	0.68 C	-31.36
Altınöz	1.01 ab	0.98 ab	0.85 bc	0.76 bcd	0.90 AB	-24.77
Ortalama	0.94 A	0.88 AB	0.77 BC	0.72 C		-24.17
LSD süre	0.124					
LSD çeşitler	0.185					
LSD int.	0.369					

*) 28 günlük su baskınına başlangıca (sıfıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Çizelge 4.10'da çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, bitki başına kardeş sayısı en yüksek Ekinoks (0.95 adet bitki⁻¹), en düşük ise Sönmez (0.68 adet bitki⁻¹) çeşidinden elde edilmiştir. Bununla birlikte, Altınöz 0.90 adet bitki⁻¹, Seri-82 0.88 adet bitki⁻¹ ve Meltem, 0.85 adet bitki⁻¹lik değerle Ekinoks ile benzer grupta yer almışlardır. Karatoprak ise 0.72 adet bitki⁻¹ değer ile Sönmez çeşidine daha yakın değer ortaya koymuştur.

Sundgren ve ark. (2018) 181 buğday ve 210 arpa genotipinin su basmasına karşı dayanıklılığını belirlemek amacıyla yürütmüş oldukları çalışmalarında, araştırma

bulgularımızı destekler şekilde, su baskını koşulları altında kardeş sayısı değerlerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi değerlendirildiğinde, bitki başına kardeş sayısı açısından çarpıcı farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek kardeş sayısı değeri, Ekinoks çeşidinde kontrol koşullarında (0 gün) 1.25 adet bitki⁻¹ olarak kaydedilirken, en düşük değer Sönmez çeşidinde 28 günlük su baskını uygulaması sırasında 0.48 adet/bitki olarak tespit edilmiştir. Çeşitlerin değişen su baskını sürelerine olan tepkileri oldukça farklı olmuştur. Ekinok Meltem ve Altınöz çeşitlerinde su baskını süresi uzadıkça kardeş sayısında belirgin azalmalar tespit edilmişken, Karatoprak ve Sönmez çeşitleri ise ilk 14 günlük su baskını stresine rağmen bitki başına kardeş sayısı kontrol koşullarına göre önemli değişiklik göstermemiştir. Bununla birlikte, Meltem çeşidinde önemli düşüş 14. günde meydana gelmişken, Seri-82 çeşidinin ise kısa süreli su baskını ile birlikte (7 gün) bir miktar düşüş gösteren kardeş sayısı 14 ve 28 günlük baskınlarda önemli değişiklik göstermemiş olup diğer çeşitlerden ayrılmıştır. Su baskını süresi uzadığında tüm çeşitlerin farklı oranlarda da olsa söz konusu stresten olumsuz etkilendiği görülmüş olmakla birlikte, kontrol (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki azalan kardeş sayısı değişimlerinin yüzdesel sıralaması dikkate alındığında çeşitler arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Söz konusu sıralama; Ekinoks (%33.39), Sönmez (%31.36), Altınöz (%24.77), Karatoprak (%21.91), Meltem (%20.26) ve Seri-82 (%12.51) şeklinde gerçekleşmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, çeşitlerin su baskını süresi boyunca gösterdiği ortalama değerlerden ziyade, kontrol grubu ile 28 günlük stres grubu arasındaki yüzdesel değişim oranlarının çalışma sonuçlarını daha net yansıttığı söylenebilir. Ayrıca, elde edilen veriler su baskını süresinin uzamasıyla birlikte, su baskını stresine kardeş sayısı oluşturma açısından en duyarlı çeşidin Ekinoks, en toleranslı çeşidin ise Seri-82 olduğunu ortaya koymuştur.

Çalışma sonuçları ile uyumlu olarak, Robertson ve ark. (2009) ile Ghobadi ve ark. (2017) su baskını stresinin buğdayın kardeş sayısı özelliği üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ve bu etkilerin çeşitler arasında farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Aynı şekilde Pais ve ark. (2024) 23 buğday genotipine kontrollü koşullarda 14 gün süre ile su baskını stresi uygulamış ve çalışma sonucunda su baskını stresine çeşitlerin farklı tepkiler ortaya koyduğunu ifade etmiştir.

Sonuç olarak, bu bulgular farklı buğday çeşitlerinin su baskını stresine verdikleri fizyolojik tepkilerin genetik yapılarından etkilendiğini ve bu bağlamda çeşit seçiminin ekim stratejilerinde kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

4.1.1.6. Fertil Başakçık Sayısı (adet bitki⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) fertil başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri ve çeşit x su baskını süresi interaksiyon değerleri istatistik olarak önemsiz bulunurken, çeşit değerleri istatistik bakımından $p < 0.0001$ önem düzeyinde farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) fertil başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	1.651	0.52	
Su Baskını Süresi	3	3.553	1.12	öd
Hata 1	6	3.175		
Çeşit	5	7.334	7.43	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	0.642	0.65	öd
Hata 2	40	0.987		
Genel	71			
VK	7.95			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu fertil başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) ortalama değerlerinde su baskını uygulama süresindeki değişimler istatistik olarak önemli sonuçlar gösterememiştir (Çizelge 4.12). İstatiksel açıdan önemsiz olsa da en yüksek fertil başakçık sayısı 14 günlük stres koşullarından (12.8 adet bitki⁻¹) elde edilirken, en düşük değerler 28 günlük stres uygulamalarında (11.8 adet bitki⁻¹) saptanmıştır. Bu durumun, stresin uygulandığı dönemin başakçık oluşumu açısından kritik olmamasından veya stres süresi ve şiddetinin başakçık gelişimini etkileyecek düzeyde olmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kara (2016) su baskını stresine karşı farklı tepkiler gösteren iki ekmeklik buğday çeşidini (Gönen-98: toleranslı, Meta-2002: duyarlı), kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde farklı sürelerde (0, 10, 20, 30 gün) su baskınına maruz bırakarak yürüttüğü çalışmada, araştırma bulgularımızdan farklı olarak fertil başakçık sayısında önemli farklılıklar tespit etmiştir. Her iki çalışmada da stres uygulama sürelerinin benzer olması, bu farklılığın stresin uygulandığı bitki gelişim dönemlerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4.12’de çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, en yüksek fertil başakçık sayısı değeri 13.8 adet bitki⁻¹’lik değerle Karatoprak çeşidinde, düşük fertil başakçık sayısı değeri ise 11.1 adet bitki⁻¹ ile Meltem çeşidinde ölçülmüştür. Altınöz, Sönmez, Ekinoks ve Seri-82 çeşitleri de sırasıyla 13.1 adet bitki⁻¹, 13.0 adet bitki⁻¹, 12.3 adet bitki⁻¹ ve 12.2 adet bitki⁻¹ değerlerle su baskını stres sürelerine karşı orta toleransta tepkiler sergilemiş ve bu tepki düzeyleri arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur.

Tiryakioğlu ve ark. (2012) su kültürü ortamında 23 ekmeklik buğday çeşidinin kök bölgesini oksijensiz bırakarak su baskını stresini taklit ettikleri çalışmalarında, fertil başakçık sayısının çeşitlere göre farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu bulgu, araştırma sonuçlarımızla uyum sağlamıştır.

Çizelge 4.12. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) fertil başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	12.4	12.3	12.7	11.8	12.3 BC	-4.57
Meltem	10.7	11.4	11.8	10.6	11.1 D	-0.62
Seri-82	11.8	13.1	12.4	11.6	12.2 C	-1.97
Karatoprak	13.8	13.5	12.5	12.9	13.2 A	-6.30
Sönmez	13.7	13.1	13.4	11.9	13.0 ABC	-12.90
Altınöz	13.3	13.4	13.5	12.1	13.1 AB	-9.00
Ortalama	12.6	12.8	12.7	11.8		-6.21
LSD süre	öd					
LSD çeşitler	0.82					
LSD int.	öd					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Farklı buğday çeşitlerinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez ve Altınöz) fertil başakçık sayısı değerleri, dört farklı su baskını stres süresi (0, 7, 14 ve 28 gün) boyunca incelenmiş ve fertil başakçık sayısı için ölçülen değerler, su baskını süresi ve çeşit faktörleri arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Bu sonuç, farklı buğday çeşitlerinin fertil başakçık sayıları, uygulanan su baskını sürelerine bağlı olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmediğini ve bu iki faktörün birbirleriyle ilişkili bir etki oluşturmadığını ifade etmektedir. Bu durumun, fertil başakçık sayısının su baskını stresine tolerans açısından çeşitler arasında belirgin bir ayırım yaratmadığı ve bu özelliğin genetik ya da ekofizyolojik olarak su baskını stresine karşı duyarlılık açısından daha az etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.1.7. Steril Başakçık Sayısı (adet bitki⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) steril başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından önemli ($p < 0.0001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) steril başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	0.057	4.80	
Su Baskını Süresi	3	0.700	58.97	***
Hata 1	6	0.012		
Çeşit	5	0.253	6.16	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	0.492	12.00	***
Hata 2	40	0.041		
Genel	71			
VK	11.07			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu steril başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) ortalama değerinde beklenildiği üzere en yüksek değer 28 günlük stres uygulamasından (2.10 adet bitki⁻¹) elde edilmiştir. En yüksek steril başakçık sayısının stresin en uzun gerçekleştiği koşullardan elde edilmesi beklenen bir durumdur çünkü; buğday bitkisi için steril başakçık sayısı, bir başakta bulunan ancak tohum üretemeyen (steril) başakçıkların sayısını ifade eder. Bu özellik, buğdayın üretim potansiyeli ve üreme başarısı açısından önemli bir parametredir ve genellikle bitki stresine (örneğin; kuraklık, tuzluluk veya su baskını gibi çevresel stres faktörleri) karşı bir tepki olarak değerlendirilir (Musgrave ve Ding, 1998). Buna karşılık en düşük steril başakçık sayısı 7 günlük stres uygulamasından (1.63 adet bitki⁻¹) elde edilmiştir. Kontrol (0 gün) ve 14 günlük stres sürelerinden elde edilen değerler ise 1.83 adet bitki⁻¹ ve 1.77 adet bitki⁻¹ şeklinde gözlemlenmiş ve bu değerler arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.14'te çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, steril başakçık sayısı en yüksek Ekinoks (1.99 adet bitki⁻¹), en düşük ise Karatoprak (1.58 adet bitki⁻¹) çeşidinden elde edilmiştir. 1.87 adet bitki⁻¹'lik değerle Meltem, 1.89 adet bitki⁻¹'lik değerle Sönmez ve 1.91 adet bitki⁻¹'lik değerle Altınöz çeşitleri ise su baskını stresine karşı orta toleransta tepkiler sergilemiş ve bu tepki değerleri arasındaki farklar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) steril başakçık sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	1.93 def	1.43 hij	2.47 ab	2.13 b-e	1.99 A	10.34
Meltem	1.67 fgh	2.23 a-d	1.43 hij	2.13 b-e	1.87 AB	28.00
Seri-82	1.40 huj	1.67 fgh	1.37 hij	2.53 a	1.74 BC	80.71
Karatoprak	1.97 c-f	1.30 ij	1.13 j	1.93 def	1.58 C	-1.69
Sönmez	2.05 cde	1.83 efg	2.10 cde	1.57 ghi	1.89 AB	-23.58
Altınöz	1.93 def	1.30 ij	2.10 cde	2.29 abc	1.91 AB	18.45
Ortalama	1.83 B	1.63 C	1.77 B	2.10 A		14.95
LSD süre	0.089					
LSD çeşitler	0.167					
LSD int.	0.334					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi değerlendirildiğinde, en yüksek steril başakçık sayısı değeri, Seri-82 çeşidinde 28 günlük stres koşullarında 2,53 adet bitki⁻¹ olarak kaydedilirken, en düşük değer Karatoprak çeşidinde 14 günlük su baskını uygulaması sırasında 1,13 adet bitki⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki artan steril başakçık sayısı değişimlerinin yüzdesel sıralaması ise çeşitler arasında belirgin farklılıklar göstermiştir. Bu sıralama şu şekilde ortaya çıkmıştır: Seri-82 (%80.71), Meltem (%28.00), Altınöz (%18.45) ve Ekinoks (%10.34).

Beklenenin dışında stres süresi arttıkça Sönmez ve Karatoprak çeşitlerinde steril başakçık sayısında sırasıyla %23.58 ve %1.69 oranlarında azalma gözlemlenmiştir. Bu durumun, bu iki çeşidin su baskını stresine karşı geliştirdiği alternatif fizyolojik veya biyokimyasal uyum mekanizmaları sayesinde tane tutma başarılarını koruyabilmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu verilere dayanarak, su baskını stresine steril başakçık sayısı açısından en duyarlı çeşidin Seri-82, en toleranslı çeşidin ise Sönmez olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca çalışmada incelenen çeşitler, farklı stres sürelerinde steril başakçık sayılarını artırarak tepkilerini ortaya koymuşlardır. Örneğin; Meltem ve Seri-82 çeşitleri 7 günlük stres süresinde steril başakçık sayılarını sırasıyla %33.5 ve %19.3 oranında artırırken, Ekinoks, Sönmez ve Altınöz çeşitleri 14 günlük stres süresinde sırasıyla %72.7, %14.7 ve %61.5 oranlarında artış göstermiştir. 28 günlük stres süresinde ise Meltem, Seri-82, Karatoprak ve Altınöz çeşitleri steril başakçık sayılarını sırasıyla %48.9, %84.7, %70.8 ve %9 oranlarında artırarak tepkilerini sergilemişlerdir.

4.1.1.8. Başak Tane Sayısı (adet bitki⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başakta tane sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından önemli ($p < 0.0001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başak tane sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	1.170	1.2959	
Su Baskını Süresi	3	251.443	278.4420	***
*Hata 1	6	0.903		
Çeşit	5	22.591	18.5781	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	17.471	14.3676	***
Hata 2	40	1.216		
Genel	71			
VK	7.20			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda, başak tane sayısı (adet bitki⁻¹) ortalama değerleri 17.67 ile 9.78 arasında değişim göstermiştir. En yüksek başak tane sayısı, 7 ve 14 günlük su baskını stresine maruz kalan bitkilerde ölçülürken, en düşük değer 28 günlük stres uygulamasında tespit edilmiştir. Yedi ve 14 günlük su baskını süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken, her iki uygulama da kontrol koşullarına kıyasla daha yüksek değerler sergilemişlerdir. Su baskını süresinin başak tane sayısı üzerindeki etkisinin en belirgin şekilde 28 günlük uygulamada ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 1.16).

Çalışmada, kontrol koşullarına göre 7 ve 14 günlük su baskını uygulamalarında başak tane sayısının nispeten yüksek kalması, kısa süreli su baskınına maruz kalan bitkilerin kısmen tolere edici mekanizmalar geliştirebilmesiyle ilişkilendirilebilir. Bitkiler, kısa süreli stres koşullarında anaerobik metabolizma ve aerenkim dokusu oluşumu gibi adaptif mekanizmalar geliştirerek su baskısına karşı belirli bir direnç gösterebilir. Ayrıca, kısa süreli su baskını, abiyotik stres toleransına yönelik bazı adaptif yanıtları tetikleyerek üreme süreçleri üzerinde ciddi bir olumsuz etki yaratmamış olabilir. Buna karşın, 28 günlük su baskını süresinde başak tane sayısının belirgin şekilde azalması, uzun süreli hipoksik koşulların kök sisteminin işlevselliğini büyük ölçüde kısıtlamasıyla açıklanabilir. Uzun süreli oksijen eksikliği, karbonhidrat metabolizmasının düzensizleşmesine, fotosentetik kapasitenin azalmasına ve sonuç olarak generatif gelişimin sekteye uğramasına neden olabilir. Bu durumun başak oluşumunu ve tane tutumunu olumsuz etkileyerek başak tane sayısında önemli bir düşüşe yol açmış

olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Çizelge 4.27 incelendiğinde başak tane sayısı değerleri ile verim ve unsurları arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğu görülmektedir.

Collaku ve Harrison (2002) dokuz farklı buğday genotipine 0, 10, 20 ve 30 gün süreyle su baskını uygulayarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, başak tane sayısının en fazla uzun süreli (30 gün) su baskını uygulanan koşullarda azaldığını belirtmişler ve bu durumu, su baskınının karbonhidrat metabolizmasını düzensizleştirmesi, fotosentetik kapasitenin azalması ve buna bağlı olarak verim kayıplarına yol açmasıyla açıklamışlardır. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlar, çalışma sonuçlarımızı destekler nitelikte olmuş, uzun süreli su baskınının buğdayın fizyolojik süreçlerini olumsuz etkileyerek tane oluşumunu ve dolayısıyla verimi önemli ölçüde düşürdüğünü ortaya koymuştur.

Çizelge 4.16'da çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, başak tane sayısının en yüksek Karatoprak (16.72 adet bitki⁻¹) ve Sönmez (16.81 adet bitki⁻¹) çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir. En düşük başak tane sayısı ise Ekinoks çeşidinde (13.35 adet bitki⁻¹) tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Meltem (15.77 adet bitki⁻¹), Altınöz (14.90 adet bitki⁻¹) ve Seri-82 (14.36 adet bitki⁻¹) çeşitleri benzer grupta yer almıştır.

Çizelge 4.16. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) başakta tane sayısı (adet bitki⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim*
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	(%)
Ekinoks	11.86 gh	15.06 f	16.72 def	9.73 ı	13.35 D	-18.00
Meltem	18.71 bc	17.06 cde	15.15 f	12.18 g	15.77 B	-34.89
Seri-82	12.19 g	18.04 cd	18.31 bcd	8.91 ı	14.36 C	-26.87
Karatoprak	20.11 ab	21.50 a	14.97 f	10.30 hı	16.72 A	-48.80
Sönmez	18.62 bc	18.70 bc	20.98 a	8.94 ı	16.81 A	-51.98
Altınöz	16.67 def	15.69 ef	18.65 bc	8.59 ı	14.90 BC	-48.48
Ortalama	16.36 B	17.67 A	17.46 A	9.78 C		-40.25
VK	11.07					
LSD süre	0.78					
LSD çeşitler	0.91					
LSD int.	1.82					

*) 28 günlük su baskınında başlangıca (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi değerlendirildiğinde, en yüksek başak tane sayısı, Karatoprak çeşidinde 7 günlük stres koşullarında 21.50 adet bitki⁻¹ ve Sönmez çeşidinde 14 günlük stres koşullarında 20.98 adet bitki⁻¹ olarak kaydedilmiş ve bu değerler arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Buna karşın, en düşük değer 28 günlük su baskını uygulaması sırasında Altınöz çeşidinde 8.59 adet bitki⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük su baskını süresi arasındaki başak tane sayısındaki azalma oranları çeşitler arasında belirgin farklılıklar göstermiştir. Bu değişim yüzdesel olarak sırasıyla Sönmez (%51.98), Karatoprak (%48.80), Altınöz (%48.48), Meltem (%34.89), Seri-82 (%26.87) ve Ekinoks (%18.00) olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, başak tane sayısı açısından su baskını stresine en toleranslı tepkiyi Ekinoks çeşidi verirken, en duyarlı tepkiyi Sönmez çeşidi göstermiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında, Ekinoks çeşidi genel olarak su baskınına karşı daha duyarlı bir profil sergilese de uzun süreli stres koşullarına en toleranslı tepkiyi vermiştir. Öte yandan, Sönmez çeşidinin erken dönem su baskınına daha iyi uyum sağlamasına rağmen, stres süresinin uzamasıyla birlikte başak tane sayısında belirgin bir azalma yaşanması, bu çeşidin uzun süreli su baskınına karşı duyarlılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, farklı buğday çeşitlerinin su baskını süresine bağlı olarak değişen tolerans seviyelerine sahip olduğunu ve bu nedenle su baskını stresine dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi için genotipik farklılıkların detaylı olarak incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak, Pais ve ark. (2024) 23 buğday genotipine kontrollü koşullarda 14 gün süre ile su baskını stresi uygulamış ve çalışma sonucunda su baskını stresine çeşitlerin farklı tepkiler ortaya koyduğunu ifade etmiştir.

4.1.1.9. Tek Başak Ağırlığı (mg başak⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak ağırlığı (mg başak⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını stresi koşullarında uygulanan su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından $p < 0.0001$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak ağırlığı (mg başak⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	11960.01	3.71	
Su Baskını Süresi	3	1316400.17	408.29	***
Hata 1	6	3224.18		
Çeşit	5	134384.42	36.50	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	53519.73	14.54	***
Hata 2	40	3681.37		
Genel	71			
VK	6.4			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu tek başak ağırlığı (mg başak⁻¹) ortalama değerinde su baskını uygulama süresine bağlı istatistik olarak kontrol (0 gün) (1070 mg başak⁻¹), 7 günlük (1095 mg başak⁻¹) ve 14 günlük (1085 mg başak⁻¹) süreçlerde önemli farklar sergilenmemiştir. En düşük değer ise 28 günlük uygulamadan (543 mg başak⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak ağırlığı (mg başak⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	898 k	1077 f-1	1206 b-e	581 m	940 C	-35.24
Meltem	1073 ghı	945 jk	888 k	561 m	867 D	-47.70
Seri-82	763 l	1018 ij	1030 hj	391 n	801 E	-48.71
Karatoprak	1289 b	1230 bcd	881 k	600 m	1000 B	-53.43
Sönmez	1143 d-g	1126 e-h	1110 e-ı	542 m	980 BC	-52.56
Altınöz	1257 bc	1174 c-f	1396 a	582 m	1102 A	-53.69
Ortalama	1070 A	1095 A	1085 A	543 B		-49.26
LSD süre	46.31					
LSD çeşitler	50.06					
LSD int.	100.1					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her bir çeşidin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 4.18). En yüksek tek başak ağırlığı Altınöz (1102 g başak⁻¹) çeşidinden elde edilirken, en düşük değer Seri-82 (801 mg başak⁻¹) çeşidinde saptanmıştır.

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek tek başak ağırlığı değeri (1396 mg başak⁻¹) Altınöz çeşidinden ve 14 günlük su baskını stres süresinden elde edilirken, en düşük değer (391 mg başak⁻¹) 28 günlük stres süresinde Seri-82 çeşidinde saptanmıştır. Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki azalan tek başak ağırlığı değişimlerinin yüzdesel sıralaması ise çeşitler arasında farklılık göstermiş ve bu sıralamaya göre, değişim oranları şu şekilde belirlenmiştir: Altınöz (%53.69), Karatoprak (%53.43), Sönmez (%52.56), Seri-82 (%48.71), Meltem (%47.70) ve Ekinoks (%35.24). Bu verilere göre, su baskını stresine tek başak ağırlığı açısından en duyarlı çeşidin Altınöz, en toleranslı çeşidin ise Ekinoks olduğu anlaşılmaktadır.

Kontrol koşulları ile 28 günlük stres süresi arasındaki yüzdesel değişim oranlarının oldukça yüksek olması, incelenen diğer özelliklerde de belirtildiği gibi, bitkilerin uzun süreli su baskını stresine karşı belirgin verim kayıpları yaşadığını göstermektedir. Değişik araştırmacılar (Sairam ve ark., 2009; Pampana ve ark., 2016 ve Kaur ve ark., 2020) tarafından da uzun süreli su baskını stresinin fotosentez kapasitesini ve bitkisel gelişimi önemli ölçüde sınırladığına dair bulgular ortaya konmuştur.

Ayrıca, su baskını stresine verilen tepkilerin çeşitlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, Ekinoks (%19.9 ve %12.0) ve Seri-82 (%33.4 ve %1.2) çeşitlerinin 7 ve 14 günlük, Altınöz (%18.9) çeşidinde ise 14 günlük streste tek başak ağırlık değerleri bakımından beklenilenin aksine oransal artışlar meydana gelmiştir. Bu beklenmedik durumun, kısa süreli su baskını sırasında bitkilerin geçici olarak enerji rezervlerini mobilize etmesi, su stresine karşı osmotik dengenin korunması ve stres sonrası toparlanma kapasitesinin yüksek olması gibi fizyolojik adaptasyon mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumu destekler nitelikte literatürde çalışmalar da mevcuttur (Collaku ve Harrison, 2002).

4.1.1.10. Tek Başak Kavuz Ağırlığı (mg başak⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak kavuz ağırlığı (mg başak⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri ($p<0.001$), çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri ($p<0.0001$) arasındaki farklar istatistik bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak kavuz ağırlığı (mg başak⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	1670.43	1.95	
Su Baskını Süresi	3	9205.94	10.77	**
Hata 1	6	854.69		
Çeşit	5	32393.45	46.86	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	3601.46	5.21	***
Hata 2	40	691.24		
Genel	71			
VK	9.49			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu tek başak kavuz ağırlığı (mg başak⁻¹) ortalama değerinde su baskını uygulama süresine bağlı istatistik olarak kontrol (0 gün) (285 mg başak⁻¹), 7 günlük (283 mg başak⁻¹) ve 14 günlük (280 mg başak⁻¹) süreçlerde önemli farklar sergilenememiştir. En düşük değer ise 28 günlük uygulamadan (238 mg başak⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her bir çeşidin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 4.20). En yüksek tek başak kavuz ağırlığı Altınöz (352 mg başak⁻¹) çeşidinden elde edilirken, en düşük değer Seri-82 (210 mg başak⁻¹) çeşidinde saptanmıştır. Farklı su baskını süreleri ve buğday çeşitleri dikkate alındığında, tek başak kavuz ağırlığı değerleri, başakta tane sayısı ve tek başak ağırlığı değerleri ile pozitif bir ilişki göstermiştir (Çizelge 4.27). Bu bulgu, başak tane sayısı ve tek başak ağırlığının, tek başak kavuz ağırlığı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.20. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak kavuz ağırlığı (mg başak⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	256 fgh	264 e-h	315 cd	235 ghı	267 C	-8.19
Meltem	257 fgh	237 f-ı	242 fgh	198 ıjk	233 D	-23.02
Seri-82	178 k	242 fgh	236 ghı	186 jk	210 E	4.95
Karatoprak	368 ab	332 bc	240 f-ı	303 cde	311 B	-17.72
Sönmez	280 def	263 e-h	250 fgh	228 hij	255 C	-18.54
Altınöz	370 ab	362 ab	399 a	277 d-g	352 A	-25.23
Ortalama	285 A	283 A	280 A	238 B		-16.50
LSD süre	23.85					
LSD çeşitler	21.69					
LSD int.	43.39					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek tek başak kavuz ağırlığı değeri (399 mg başak⁻¹) Altınöz çeşidinden ve 14 günlük su baskını stres süresinden elde edilirken, en düşük değer (178 mg başak⁻¹) beklenmedik şekilde kontrol koşullarında Seri-82 çeşidinde saptanmıştır. Bu durumun, Seri-82 çeşidinin genetik yapısından kaynaklanabilecek bir düşük performans ya da veri toplama sırasında oluşmuş olası bir hata ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki azalan tek başak kavuz ağırlığı değişimlerinin yüzdesel sıralaması şu şekilde belirlenmiştir: Altınöz (%25.23), Meltem (%23.02), Sönmez (%18.54), Karatoprak (%17.72) ve Ekinoks (%8.19). Seri-82 çeşidi, kontrol koşullarından 28 günlük stres sürecine kadar tek başak kavuz ağırlığını %4.95 oranında arttırarak beklenmedik bir sonuç göstermiştir. Bu durumun, deneme sürecindeki çevresel ya da teknik bir etkiden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, su baskını stresine karşı tek başak kavuz ağırlığı açısından en duyarlı çeşidin Altınöz, en toleranslı çeşidin ise Ekinoks olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, su baskını stresine verilen tepkilerin çeşitlere göre belirgin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, 7 günlük su baskını süresinde Ekinoks çeşidinde %3.1'lik bir artış gözlemlenirken, 14 günlük su baskını süresinde Ekinoks,

Meltem ve Altınöz çeşitlerinde sırasıyla %19.3, %2.1 ve %10.2 artışlar meydana gelmiştir. Bununla birlikte, Karatoprak çeşidinde 28 günlük su baskını uygulamasında beklenmedik şekilde %26.2'lik bir artış kaydedilmiştir. Bu beklenmedik durumun, bazı çeşitlerin kısa süreli su baskını sırasında enerji rezervlerini daha etkin şekilde kullanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.1.1.11. Bin Tane Ağırlığı (g)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bin tane ağırlığı (g) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından $p < 0.0001$ hata düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bin tane ağırlığı (g) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	8.96	1.88	
Su Baskını Süresi	3	1139.18	239.10	***
Hata 1	6	4.76		
Çeşit	5	259.60	80.22	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	19.47	6.02	***
Hata 2	40	3.24		
Genel	71			
VK	4.17			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu bin tane ağırlığı (g) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma gözlemlenmiş, birim alandaki en yüksek bin tane ağırlığı değeri kontrol koşullarından (0. Gün) (48.5 g), en düşük değerler 28 günlük su baskını uygulamasından (31.3 g) elde edilmiştir. Yedi ve 14 günlük su baskını sürelerinden ise sırasıyla 46.4 g ve 46.1 g değerlerinde bin tane ağırlığı saptanmış ve bu iki değer arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Ünlü (2005) çalışmasında spesifik olarak 24 farklı buğday çeşidi üzerinde su baskını stresinin etkilerini değerlendirirken, Tian ve ark. (2022) ise geniş çaplı bir meta-analiz yaparak 115 farklı bilimsel çalışmanın sonuçlarını bir araya getirmiş ve her iki çalışma da su baskınının bin tane ağırlığını düşürdüğünü göstermiştir. Ancak Tian ve ark. (2022) bunu daha nicel bir çerçevede değerlendirerek bin tane ağırlığında %13,67 oranında bir düşüş olduğunu saptamışlardır.

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her bir çeşidin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 4.22). En yüksek bin tane ağırlığı Ekinoks (49.4 g) ve Altınöz (48.5 g) çeşitlerinden elde edilmiş ve bu değerler arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük bin tane değeri ise Meltem (39.2 g), Seri-82 (39.4 g) ve Karatoprak (39.9 g) çeşitlerinde saptanırken, Sönmez çeşidi su baskını stresine karşı orta toleransta tepki sergilemiştir.

Çizelge 4.22. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) bin tane ağırlığı (g) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	54.3 a	54.2 a	53.3 a	35.7 f	49.4 A	-34.38
Meltem	43.5 cde	41.5 e	42.7 e	29.2 g	39.2 C	-32.97
Seri-82	48.1 b	43.0 de	43.4 cde	23.0 h	39.4 C	-52.14
Karatoprak	45.9 bcd	41.8 e	42.8 e	29.0 g	39.9 C	-36.77
Sönmez	46.3 bc	46.2 bc	41.0 e	35.1 f	42.1 B	-24.09
Altınöz	53.1 a	51.8 a	53.5 a	35.5 f	48.5 A	-33.13
Ortalama	48.5 A	46.4 B	46.1 B	31.3 C		-35.61
LSD süre	1.78					
LSD çeşitler	1.484					
LSD int.	2.969					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Farklı su baskını süreleri ve buğday çeşitleri verileri dikkate alındığında, bin tane ağırlığı değerleri, aşağıda incelenen birim alan başak ağırlığı ve birim alan tane verimi değerleri ile pozitif ilişki sergilemiştir (Çizelge 4.41). Bu bulgu, birim alan tane verimi ve birim alan başak ağırlığının, bin tane ağırlığı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle, bu parametrelerin birbiriyle yakından ilişkili

olduğu ve bitki verimliliği açısından birlikte değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Ayrıca bu durum, morfolojik ve fizyolojik özellikler arasındaki etkileşimlerin, su baskını gibi çevresel stres koşullarında buğday çeşitlerinin adaptasyon kabiliyetini belirlemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek bin tane ağırlığı değerleri Ekinoks ve Altınöz çeşitlerinin kontrol koşullarında (0 gün), 7 ve 14 günlük su baskını stres sürelerinde elde edilirken, en düşük değerler 28 günlük stres süresinde Meltem ve Karatoprak çeşitlerinde saptanmıştır. Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki azalan bin tane ağırlığı değişimlerinin oransal sıralaması ise çeşitler arasında farklılık göstermiştir. Bu sıralamaya göre, değişim oranları şu şekilde belirlenmiştir: Seri-82 (%52.14), Karatoprak (%36.77), Ekinoks (%34.38), Altınöz (%33.13), Meltem (%32.97) ve Sönmez (%24.09). Bu verilere göre, su baskını stresine bin tane ağırlığı açısından en duyarlı çeşidin Seri-82, en toleranslı çeşidin ise Sönmez olduğu anlaşılmaktadır.

Kontrol koşulları ile 28 günlük stres süresi arasındaki yüzdesel değişim oranlarının oldukça yüksek olması, bitkilerin uzun süreli su baskını stresine karşı belirgin verim kayıpları yaşadığını göstermektedir. Bu kayıpların, su altında oksijen eksikliği, enerji üretimindeki azalma ve karbon metabolizmasının bozulması gibi fizyolojik süreçlerdeki olumsuz etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde de uzun süreli su baskını stresinin fotosentez kapasitesini ve bitkisel gelişimi önemli ölçüde sınırladığına dair bulgular bulunmaktadır.

Pang ve ark. (2004) yapay saksı koşullarında 6 arpa genotipini 3 hafta boyunca su baskınına maruz bırakarak su baskısı süresinin fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmalarında, su baskısı süresi uzadıkça klorofil içeriğinin, CO₂ asimilasyon hızının ve fotosistem II'nin (Fv/Fm) maksimum kuantum verimliliğinin önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir.

Araki ve ark. 2012 yılında başaklanma döneminde 8 gün süre ile su baskı stresi uygulayarak yürüttükleri saksı çalışmalarında, su baskınının buğday kök büyümesi ve solunumu üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkilerini incelemişlerdir. Kısa süreli su baskınına maruz kalan bitkilerde solunum oranlarının anormal derecede yüksek kaldığını ve eski köklerin iyileşme sürecinde yeni kök gelişimini başlatamadığı ifade etmişlerdir. Bu durumun ise, köklerde yüksek şeker birikimine ve oksidatif solunum oranlarının

artmasına yol açtığını ancak, artan solunum oranlarının, kök ve sürgün büyümesini desteklemediğini ve karbonhidrat tüketimi açısından verimsiz bir süreç olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrıca, su baskını stresine verilen tepkilerin çeşitlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, Meltem (%2.9), Karatoprak (%2.4) ve Altınöz (%3.3) çeşitlerinin 14 günlük stres süresinde bin tane ağırlıklarında az da olsa bir artış gözlemlenmiştir. Bu beklenmedik durumun, kısa süreli su baskını sırasında bitkilerin geçici olarak enerji rezervlerini mobilize etmesi, su stresine karşı osmotik dengenin korunması ve stres sonrası toparlanma kapasitesinin yüksek olması gibi fizyolojik adaptasyon mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, uzun süreli su baskını stresinin çeşitler arasında farklı düzeylerde verim kayıplarına neden olduğu, ancak belirli çeşitlerin kısa süreli stres koşullarına karşı geçici avantajlar sağlayabildiği görülmüştür.

4.1.1.12. Tek Başak Verimi (mg başak⁻¹)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak verimi (mg başak⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından $p < 0.0001$ önem seviyesinde farklı olmuştur.

Çizelge 4.23. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak verimi (mg başak⁻¹) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	11640.54	5.49	
Su Baskını Süresi	3	1106382.09	521.96	***
Hata 1	6	2119.67		
Çeşit	5	41417.83	14.42	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	32785.74	11.42	***
Hata 2	40	2872.06		
Genel	71			
VK	7.79			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu tek başak verimi (mg başak⁻¹) ortalama değerinde su baskını uygulama süresine bağlı istatistik olarak kontrol (0 gün) (786 mg başak⁻¹), 7 günlük (812 mg başak⁻¹) ve 14 günlük (805 mg başak⁻¹) süreçlerde önemli farklar tespit edilmemiştir. En düşük değer ise 28 günlük uygulamadan (305 mg başak⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.24).

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her bir çeşidin stres koşullarına farklı tepkiler verdiği görülmektedir (Çizelge 4.24). En yüksek tek başak verimi Altınöz (750 mg başak⁻¹) çeşidinden elde edilirken, en düşük Seri-82 (590 mg başak⁻¹) çeşidinde saptanmıştır. Farklı su baskını süreleri ve buğday çeşitleri dikkate alındığında, tek başak verimi değerleri, tek başak ağırlığı değerleri ve tek başak kavuz ağırlığı değerleri ile pozitif ilişkili sonuçlar göstermiştir (Çizelge 4.27). Bu bulgu, tek başak ağırlığı ve tek başak kavuz ağırlığı değerleri ile tek başak verimi değerleri arasında paralel ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Pampana ve ark. (2016), iki makarnalık buğday çeşidine 3 ve 4 yapraklı dönemde 4, 8, 12, 16, 20, 40 ve 60 gün süreyle su baskını stresi uygulayarak bu stresin etkilerini inceledikleri çalışmada, araştırma sonuçlarımızla uyumlu olarak her iki çeşitte de uzun süreli su baskınlarının (20-40 gün) verim ve verim unsurlarında önemli azalmalara neden olduğunu, özellikle başak sayısının azalmasıyla başaktaki tane sayısı ve kavuz ağırlığında belirgin düşüşlerin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.24. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek başak verimi (mg başak⁻¹) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	642 fg	813 cd	891 bc	347 h	673 CD	-46.01
Meltem	816 cd	708 ef	646 fg	364 h	633 DE	-55.46
Seri-82	586 g	776 de	794 de	205 ı	590 E	-64.97
Karatoprak	922 ab	899 bc	641 fg	298 h	690 BC	-67.67
Sönmez	863 bcd	863 bcd	860 bcd	314 h	725 AB	-63.59
Altınöz	886 bc	812 cd	997 a	305 h	750 A	-65.57
Ortalama	786 A	812 A	805 A	305 B		-61.13
LSD süre	37.55					
LSD çeşitler	44.22					
LSD int.	88.44					

*) 28 günlük su baskını başlangıca (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek tek başak verimi değeri (997 mg başak⁻¹) Altınöz çeşidinden ve 14 günlük su baskını stres süresinden elde edilirken, en düşük değer (205 mg başak⁻¹) 28 günlük stres süresinde Seri-82 çeşidinde saptanmıştır. Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki azalan tek başak verimi değişimlerinin yüzdesel sıralaması ise çeşitler arasında farklılık göstermiş ve bu sıralamaya göre, değişim oranları şu şekilde belirlenmiştir: Karatoprak (%67.67), Altınöz (%65.57), Seri-82 (%64.97), Sönmez (%63.59), Meltem (%55.46) ve Ekinoks (%46.01). Bu verilere göre, su baskını stresine tek başak verimi açısından en duyarlı çeşidin Karatoprak, en toleranslı çeşidin ise Ekinoks olduğu tespit edilmiştir.

Kontrol koşulları ile 28 günlük stres süresi arasındaki yüzdesel değişim oranlarının oldukça yüksek olması, incelenen diğer özelliklerde de belirtildiği gibi bitkilerin uzun süreli su baskını stresine karşı belirgin verim kayıpları yaşadığını göstermektedir. Literatürde de uzun süreli su baskını stresinin fotosentez kapasitesini ve bitkisel gelişimi önemli ölçüde sınırladığına dair bulgular bulunmaktadır (Pampana ve ark., 2016).

Ayrıca, su baskını stresine verilen tepkilerin çeşitlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, Ekinoks (%26.6 ve %9.6) ve Seri-82 (%32.4 ve %2.3) çeşitlerinin 7 ve 14 günlük Altınöz (%22.8) çeşidi de 14 günlük stres sürelerinde tek başak verimi değerleri beklenilenin aksine artışlar göstermiştir. Bu beklenmedik durumun, kısa süreli su baskını sırasında bitkilerin geçici olarak enerji rezervlerini mobilize etmesi, su stresine karşı osmotik dengenin korunması ve stres sonrası toparlanma kapasitesinin yüksek olması gibi fizyolojik adaptasyon mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.1.13. Tek Bitki Kuru Ağırlığı (mg)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek bitki kuru ağırlığı (mg) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, tekerrür $p < 0.05$, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar ise istatistik bakımından $p < 0.0001$ önem seviyesinde farklı olmuştur.

Çizelge 4.25. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek bitki kuru ağırlığı (mg) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	15009.2	5.9721	*
Su Baskını Süresi	3	1985261.1	789.9339	***
Hata 1	6	2513.2		
Çeşit	5	1035149.8	124.1696	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	90308.9	10.8328	***
Hata 2	40	8336.6		
Genel	71			
VK	4.89			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresinin tek bitki kuru ağırlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, en yüksek kuru ağırlık değeri 14 günlük su baskını sürecinde (2051 mg), en düşük değer ise 28 günlük su baskını sürecinde (1371 mg) elde edilmiştir (Çizelge 4.26). Kontrol (2009 mg) ve 7 günlük su baskını sürecinde (2043 mg) ölçülen değerler, 14 günlük süreçten daha düşük olmuş ve bu iki süreç (kontrol ve 7 gün) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.26. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) tek bitki kuru ağırlığı (mg) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	1878 hı	1877 hı	2145 ef	1232 m	1783 D	-34.42
Meltem	1792 ij	1762 ij	1658 jk	1155 m	1592 E	-35.51
Seri-82	1550 kl	1823 ı	1849 hı	931 n	1538 E	-39.94
Karatoprak	2266 cde	2128 efg	1762 ij	1455 l	1902 C	-35.80
Sönmez	2252 def	2559 a	2407 bc	1981 gh	2300 A	-12.04
Altınöz	2316 cd	2109 fg	2484 ab	1473 l	2095 B	-36.40
Ortalama	2009 B	2043 AB	2051 A	1371 C		-31.75
LSD süre	40.9					
LSD çeşitler	75.3					
LSD int.	150.7					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Çeşitlerin su baskınına tepkileri farklılık göstermiş olup, en yüksek tek bitki kuru ağırlığı Sönmez çeşidinde (2300 mg) tespit edilmiştir. En düşük tek bitki kuru ağırlığı ise Meltem (1592 mg) ve Seri-82 (1538 mg) çeşitlerinde kaydedilmiş ve bu iki çeşit arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.26).

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek tek başak verimi değeri (2559 mg) Sönmez çeşidinde ve 7 günlük su baskını süresinde, en düşük değer ise (931 mg) Seri-82 çeşidinde ve 28 günlük su baskını süresinde elde edilmiştir.

Kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük su baskını süresi arasındaki tek bitki kuru ağırlık değişimi çeşitler arasında farklılık göstermiş olup, yüzdesel azalma oranları şu şekilde sıralanmıştır: Seri-82 (%39.94), Altınöz (%36.40), Karatoprak (%35.80), Meltem (%35.51), Ekinoks (%34.42) ve Sönmez (%12.04). Bu bulgular, su baskını stresine tek başak verimi açısından en duyarlı çeşidin Seri-82, en toleranslı çeşidin ise Sönmez olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, uzun süreli su baskını stresinin bitkilerde belirgin verim kayıplarına neden olduğu, bu durumun literatürde de fotosentez kapasitesinin azalması ve bitkisel gelişimin sınırlanması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Pampana ve ark., 2016).

Araştırma sonuçlarımızla uyumlu olarak Jiang ve ark. (2022) tarla koşullarında 28 adet buğday genotipine bitkiler 3 yapraklı dönemdeyken 15 gün süreyle su baskını uygulamış ve çalışma sonucunda stres koşullarının kontrol koşullarına göre bitki kuru ağırlığını olumsuz etkilediğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.27. Tek bitki verim ve öğeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

	BB	USU	ASA	BsB	FBS	SBS	BDS	BDA	TBA	BKA	BsV
USU	.594 ***										
ASA	.805 ***	.024									
BsB	.289 *	.204	.103								
FBS	.306 **	.130	.197	.752 ***							
SBS	.035	-.048	.061	.131	-.001						
BDS	.663 ***	.490 ***	.472 ***	.230	.365 **	-.202					
BDA	.369 **	.598 ***	-.018	.388 **	.322 **	-.264 *	.491 ***				
TBA	.557 ***	.551 ***	.272 *	.365 **	.462 ***	-.188	.881 ***	.787 ***			
BKA	.108	.116	.018	.291 *	.470 ***	.028	.411 ***	.481 ***	.689 ***		
BsV	.619 ***	.609 ***	.311 **	.349 **	.415 ***	-.226	.916 ***	.790 ***	.982 ***	.540 ***	
BsBio	.571 ***	.435 ***	.374 **	.383 **	.504 ***	-.144	.729 ***	.693 ***	.849 ***	.592 ***	.832 ***

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

4.1.2. Birim Alan Değerleri

4.1.2.1. Çıkışta Bitki Sayısı (bitki m⁻²)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) çıkışta bitki sayısı (bitki m⁻²) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri istatistik bakımından önemli bulunmazken çeşit değerleri (p<0.001) ve su baskını süresi x çeşit interaksyon değerleri arasındaki farklar (p<0.05) istatistik bakımdan önemli sonuçlar sergilemiştir.

Çizelge 4.28. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) çıkışta bitki sayısı (bitki m⁻²) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	14048.35	0.7627	
Su Baskını Süresi	3	22596.98	1.2267	
Hata 1	6	18420.38		
Çeşit	5	9476.76	5.2855	***
SxÇ İnteraksyonu	15	3725.15	2.0776	*
Hata 2	40	1792.97		
Genel	71			
VK	6.66			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda, çıkışta bitki sayısı (bitki m⁻²) ortalama değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir. Bununla birlikte, en yüksek çıkışta bitki sayısı değeri (679 bitki m⁻²) 28 günlük stres koşullarında elde edilirken, en düşük değer (593 bitki m⁻²) 14 günlük su baskını uygulamasında kaydedilmiştir.

Çeşitlerin su baskını koşullarına verdikleri yanıtlar değerlendirildiğinde, farklı stres sürelerine karşı benzer tepkiler sergiledikleri gözlemlenmiştir. Su baskınına karşı en düşük çıkışta bitki sayısı değeri Altınöz çeşidinde (597 bitki m⁻²) tespit edilirken, en yüksek toleransı gösteren çeşit Sönmez olmuştur (678 bitki m⁻²). Ayrıca, Ekinoks (616 bitki m⁻²), Meltem (630 bitki m⁻²), Seri-82 (645 bitki m⁻²) ve Karatoprak (649 bitki m⁻²) çeşitleri, stres sürelerine karşı benzer tepkiler ortaya koyarak istatistiksel olarak da benzer gruplar içinde yer almıştır (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) çıkışta bitki sayısı (bitki m⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	595 e-1	568 I	653 b-e	649 b-f	616 BC	9.03
Meltem	613 d-1	586 e-1	646 b-g	675 bcd	630 BC	10.20
Seri-82	628 c-1	678 a-d	599 e-1	675 bcd	645 AB	7.57
Karatoprak	654 b-e	570 I	683 a-d	689 abc	649 AB	5.35
Sönmez	699 Ab	578 gh1	691 abc	745 a	678 A	6.62
Altınöz	593 e-1	580 fi	574 h1	643 b-h	597 C	8.44
Ortalama	630	593	641	679		7.80
LSD süre	40.89					
LSD çeşitler	75.3					
LSD int.	69.88					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi değerlendirildiğinde, en yüksek çıkışta bitki sayısı (745 bitki m⁻²) Sönmez çeşidinde, 28 günlük stres koşullarında elde edilmiştir. Çeşitlerin kontrol koşulu (0. gün) ile en uzun stres süresi (28 gün) arasındaki çıkışta bitki sayısındaki değişim oranları incelendiğinde, sıralamanın Meltem (%10.20), Ekinoks (%9.03), Altınöz (%8.44), Seri-82 (%7.57), Sönmez (%6.62) ve Karatoprak (%5.35) şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu oranlar dikkate alındığında, çıkışta bitki sayısı bakımından su baskını stresine en duyarlı çeşidin Karatoprak, en toleranslı çeşidin ise Meltem olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29'da kontrol koşullarında (0. gün) elde edilen çıkışta bitki sayısı değerlerinin, 28 günlük su baskını stresi altında genel olarak artış eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, belirli buğday çeşitlerinin uzun süreli su baskınına karşı adaptasyon mekanizmaları geliştirebileceğini düşündürmektedir.

4.1.2.2. Birim Alan Başak Sayısı (adet m⁻²)

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak sayısı (adet m⁻²) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin

interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından $p<0.001$ önem seviyesinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.30. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak sayısı (adet m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	2304.13	4.77	
Su Baskını Süresi	3	44280.91	91.68	***
Hata 1	6	482.98		
eşit	5	34329.07	35.10	***
Sx İnteraksiyonu	15	9494.27	9.71	***
Hata 2	40	978.08		
Genel	71			
VK	6.03			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu birim alan başak sayısı (adet m^{-2}) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma saptanmıştır (izelge 4.31). Birim alandaki en yüksek başak sayısı değeri (588 adet m^{-2}) kontrol koşullarından (0. Gün) elde edilirken, en düşük (476 adet m^{-2}) 28 günlük su baskını uygulamasında saptanmıştır. Ayrıca en düşük değer 28 günlük stres uygulamasından elde edilmiş olsa da 14 günlük stres uygulamasından elde edilen değerlerle arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırma sonuçlarımızla uyumlu olarak, Wu ve ark. (2015), buğday bitkisine uygulanan su baskını stresinin kontrol koşullarına kıyasla birim alandaki başak sayısını önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri ele alındığında, her birinin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görölmektedir. Su baskınına karşı birim alan başak sayısı değerleri en düşük Karatoprak (456 adet m^{-2}) ve Sönmez (452 adet m^{-2}) eşitlerinden elde edilirken, en toleranslı tepkiyi Ekinoks (578 adet m^{-2}) ve Seri-82 (565 adet m^{-2}) eşitleri sergilemiştir (izelge 4.31). Çalışmada su baskını koşulları altında birim alandaki başak sayısı değerlerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği sonucuna ulaşılırken, Arguello ve ark. (2016), tarla koşullarında 28 buğday genotipine 14 gün süreyle uygulanan su baskını stresi sonucunda, başak sayısı değerlerinin genotiplere göre farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Pais ve ark. (2024) de 23 buğday

genotipine 14 günlük su baskını stresi uygulamış ve bu stres koşullarında başak sayısı açısından genotiplerin farklı tepkiler sergilediğini ifade etmiştir. Bu bulgular, çalışma sonuçlarımızla uyumlu olup, su baskını stresine karşı buğday çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 4.31. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak sayısı (adet m⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	742 a	529 e-h	503 f-ı	539 d-g	578 A	-27.30
Meltem	596 bc	544 def	452 ij	526 e-h	529 B	-11.75
Seri-82	622 b	556 cde	497 f-ı	585 bcd	565 A	-5.90
Karatoprak	486 hij	443 j	520 e-h	377 k	456 C	-22.47
Sönmez	484 hij	484 hij	491 g-j	348 k	452 C	-28.23
Altınöz	597 bc	567 cde	482 hij	481 hij	531 B	-19.41
Ortalama	588 A	521 B	491 C	476 C		-19.03
LSD süre	17.93					
LSD çeşitler	25.8					
LSD int.	51.61					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi değerlendirildiğinde, en yüksek birim alan başak sayısı değeri (742 adet m⁻²), Ekinoks çeşidinden kontrol koşullarında elde edilmiştir. Ancak bu çeşidin başak sayısı kontrol koşullarından (0. gün) 28. güne (539 adet) kadar belirgin bir düşüş göstererek su baskını stresine oldukça duyarlı tepki (0. Günden 28. Güne birim alan başak sayısı %27.30 azalmıştır) sergilediği görülmüştür. Çeşitlerin kontrol koşulu ile (0 gün) en uzun stres süresi (28 gün) arasındaki azalan birim alan başak sayısı değerlerindeki değişimlerini oransal olarak ifade ettiğimizde sıralamanın Sönmez (%28.23), Ekinoks (%27.30), Karatoprak (%22.47), Altınöz (%19.41), Meltem (%11.75) ve Seri-82 (%5.90) şeklinde olduğu, bu değerlere bakarak da birim alan başak sayısı bakımından su baskını stresine en duyarlı çeşidin Sönmez, en toleranslı çeşidin ise Seri-82 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.31’de kontrol koşullarındaki (0. gün) başak sayısı değerlerinin, 28 günlük su baskını stresinde beklenildiği gibi düşüş eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak

ilginç bir şekilde, 7 ve 14 günlük stres uygulamaları arasında Meltem, Karatoprak ve Sönmez çeşitlerinde başak sayısında artış yaşanmıştır. Bu artışın, bitkilerin su baskını gibi abiyotik stres koşullarında geliştirdiği morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalarla stresle başa çıkmaya yönelik adaptif tepkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Meyer ve Barrs, 1988; Malik ve ark., 2002).

Farklı çeşitlerin stres koşullarına verdikleri tepkiler de belirgin şekilde farklılık göstermiştir. 7 günlük stres uygulamasında genel olarak kontrol koşullarına göre başak sayısında azalma görülmesine rağmen, 14 günlük stres uygulaması sırasında bazı çeşitler (Meltem, Karatoprak, Sönmez) adaptif mekanizmalarını devreye sokarak başak sayısını artırmayı başarmıştır. Buna karşın, Ekinoks, Seri-82 ve Altınöz çeşitleri bu süreçte belirgin bir adaptif tepki geliştirememiştir.

Bu bulgular, stresle başa çıkma mekanizmalarının çeşitlere özgü olduğunu ve stres süresi uzadıkça yalnızca tolerans mekanizmalarını sürdürebilen çeşitlerin başak sayısını artırabildiğini göstermektedir. Bu durumun, çeşitler arasındaki genetik tolerans farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Pais ve ark. (2024) da çalışma sonucuyla uyumlu olarak bitkilerin stres altındaki büyüme stratejilerinin ve genetik adaptasyonlarının farklı sonuçlar sergilediğini belirtmişlerdir.

4.1.2.3. Birim Alan Başak Ağırlığı (g m^{-2})

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak ağırlığı (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını stresi koşullarında uygulanan su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından önemli bulunmuştur ($p < 0.001$ önem seviyesinde).

Çizelge 4.32. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak ağırlığı (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	1976.06	3.42	
Su Baskını Süresi	3	472958.38	8.17.59	***
Hata 1	6	578.54		
Çeşit	5	41105.68	29.71	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	9973.85	7.21	***
Hata 2	40	1383.50		
Genel	71			
VK	7.54			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu birim alan başak ağırlığı (g m^{-2}) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma gözlemlenmiş, birim alandaki en yüksek başak ağırlığı değeri kontrol koşullarından (0. Gün) (617 g m^{-2}), en düşük değerler 28 günlük su baskını uygulamasından (255 g m^{-2}) elde edilmiştir (Çizelge 4.33). Elde edilen değerler incelenen birim alan başak sayısı değerleriyle pozitif ilişki göstermiş birim alan başak sayısındaki azalma birim alan başak ağırlığı değerlerindeki düşüşü de açıklamamıza katkı sağlamıştır (Çizelge 4.40).

Ding ve ark. (2018) saksı koşullarında 14 gün süreyle uyguladıkları su baskını stresi sonucunda, su baskını stresinin başak ağırlık değerlerinde düşüslere neden olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, çalışma sonuçlarımızla uyumlu olup, su baskını stresinin başak verimi üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her birinin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 4.33). Meltem, Seri-82, Karatoprak ve Sönmez çeşitlerinin su baskını stresine karşı birim alan başak ağırlık değerleri düşük seviyelerde seyretmiş olup, bu çeşitler arasındaki farklılık istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Sürece karşı en toleranslı tepkiyi Altınöz çeşidi sergilerken, Ekinoks çeşidi ise orta düzey bir tepki ortaya koymuştur.

Çizelge 4.33. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan başak ağırlığı (g m^{-2}) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	666 bc	570 def	607 cde	313 ı	539 B	-52.94
Meltem	640 bc	510 fg	400 h	295 ı	461 C	-53.91
Seri-82	474 c	566 def	511 fg	229 jk	445 C	-51.67
Karatoprak	624 bcd	546 ef	458 gh	226 jk	464 C	-63.82
Sönmez	552 ef	546 ef	544 fg	188 k	458 C	-65.86
Altınöz	746 a	665 bc	673 b	280 ij	591 A	-62.46
Ortalama	617 A	567 B	532 C	255 D		-58.62
LSD süre	19.62					
LSD çeşitler	30.69					
LSD int.	61.38					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek birim alan başak ağırlığı değeri (746 g m^{-2}), Altınöz çeşidinden kontrol koşullarında elde edilirken, en düşük değer (188 g m^{-2}) Sönmez çeşidinde ve 28 günlük su baskını uygulamasında gözlemlenmiştir. Çeşitlerin kontrol koşulu ile (0 gün) en uzun stres süresi (28 gün) arasındaki azalan birim alan başak ağırlığı değerlerindeki değişimlerini yüzdesel olarak ifade ettiğimizde sıralamanın Sönmez (%65,86), Karatoprak (%63.82), Altınöz (%62.46), Meltem (%53.91), Ekinoks (%52.94) ve Seri-82 (%51.67) şeklinde olduğu ve bu değerler ışığında su baskını stresine birim alan başak ağırlık değerleri nezdinde en duyarlı çeşidin Sönmez, en toleranslı çeşidin ise Seri-82 olduğu görülmektedir.

Kontrol koşullarındaki (0. gün) başak ağırlığı değerlerinin, 28 günlük su baskını stresinde beklenildiği gibi düşüş eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak ilginç bir şekilde, farklı çeşitlerin stres koşullarına verdikleri tepkiler de belirgin şekilde farklılık göstermiştir. Özellikle 7 günlük stres uygulamasında Seri-82 çeşidi %19.4 oranında bir artış sergilerken, 7 ve 14 günlük süreçler arasında da Ekinoks ve Altınöz çeşitlerinde sırasıyla %6.5 ve %1.2 değerlerinde artışlar gerçekleşmiştir. Bu durumun, çeşitler arasındaki genetik tolerans farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu bulgular, stresle başa çıkma mekanizmalarının çeşitlere özgü olduğunu ve stres süresi uzadıkça yalnızca tolerans mekanizmalarını sürdürebilen çeşitlerin başak ağırlığını

artırabildiğini göstermektedir. Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak bitkilerin stres altındaki büyüme stratejilerinin ve genetik adaptasyonlarının farklı sonuçlar sergilediği önceki çalışmalarca da belirtmiştir (Pais ve ark., 2024; Zamani ve ark., 2024).

4.1.2.4. Birim Alan Kavuz Ağırlığı (g m^{-2})

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan kavuz ağırlığı (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından $p < 0.001$ önem seviyesinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.34. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan kavuz ağırlığı (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	98.014	2.9507	
Su Baskını Süresi	3	8956.273	269.6244	***
Hata 1	6	33.218		***
Çeşit	5	9020.314	111.6606	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	771.751	9.5533	
Hata 2	40	80.783		
Genel	71			
VK	6.41			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu birim alan kavuz ağırlığı (g m^{-2}) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma gözlemlenmiş, birim alandaki en yüksek başak ağırlığı değeri kontrol koşullarından (0. Gün) (164 g m^{-2}), en düşük değerler 28 günlük su baskını uygulamasından (111 g m^{-2}) elde edilmiştir (Çizelge 4.35). Elde edilen değerler incelenen birim alan başak sayısı ve birim alan başak ağırlığı değerleriyle pozitif ilişki göstermiş birim alan başak sayısındaki ve ağırlığındaki azalma birim alan kavuz ağırlığı değerlerindeki düşüşü de açıklamamıza katkı sağlamıştır (Çizelge 4.40).

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her birinin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 4.35). Sürece karşı en toleranslı tepkiyi Altınöz (188 g m⁻²) çeşidi sergilerken, en duyarlı tepkiyi Meltem (124 g m⁻²) çeşidi ortaya koymuştur.

Çizelge 4.35. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan kavuz ağırlığı (g m⁻²) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	190 bc	140 efg	158 d	126 ghı	154 B	-33.53
Meltem	153 de	128 ghı	111 jkl	104 l	124 D	-32.21
Seri-82	110 kl	135 fgh	118 ı-l	109 kl	118 DE	-0.63
Karatoprak	178 c	147 def	125 g-j	114 ı-l	141 C	-35.93
Sönmez	135 fgh	128 ghı	123 h-k	79 m	116 E	-41.55
Altınöz	220 a	205 b	193 bc	133 fgh	188 A	-39.41
Ortalama	164 A	147 B	138 C	111 D		-32.51
LSD süre	4.7					
LSD çeşitler	7.42					
LSD int.	14.83					

*) 28 günlük su baskını başlangıca (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek birim alan kavuz ağırlığı değeri (220 g m⁻²), Altınöz çeşidinden kontrol koşullarında elde edilirken, en düşük değer (79 g m⁻²) Sönmez çeşidinde ve 28 günlük su baskını uygulamasında gözlemlenmiştir. Çeşitlerin kontrol koşulu ile (0 gün) en uzun stres süresi (28 gün) arasındaki azalan birim alan kavuz ağırlığı değerlerindeki değişimlerini yüzdesel olarak ifade ettiğimizde sıralamanın Sönmez (%41.55), Altınöz (%39.41), Karatoprak (%35.93), Ekinoks (%33.53), Meltem (%32.21) ve Seri-82 (%0.63) şeklinde olduğu ve bu değerler ışığında su baskını stresine birim alan kavuz ağırlık değerleri nezdinde en duyarlı çeşidin Sönmez, en toleranslı çeşidin ise Seri-82 olduğu görülmektedir.

Kontrol koşullarındaki (0. gün) başak ağırlığı değerlerinin, 28 günlük su baskını stresinde beklenildiği gibi düşüş eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak ilginç bir şekilde, farklı çeşitlerin stres koşullarına verdikleri tepkiler de belirgin şekilde farklılık göstermiştir. Özellikle 7 günlük stres uygulamasında Seri-82 çeşidi %22.73 oranında bir artış sergilerken, 7 ve 14 günlük süreçler arasında da Ekinoks çeşidinde %12.86 değerinde

artış gerçekleşmiştir. Bu durumun, çeşitler arasındaki genetik tolerans farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu bulgular, stresle başa çıkma mekanizmalarının çeşitlere özgü olduğunu ve stres süresi uzadıkça yalnızca tolerans mekanizmalarını sürdürebilen çeşitlerin kavuz ağırlığını artırabildiğini göstermektedir. Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak bitkilerin stres altındaki büyüme stratejilerinin ve genetik adaptasyonlarının farklı sonuçlar sergilediği önceki çalışmalarca da belirtmiştir (Pais ve ark., 2024; Zamani ve ark., 2024).

4.1.2.5. Birim Alan Tane Verimi (g m^{-2})

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan tane verimi (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımından ($p < 0.001$) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan tane verimi (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	962.72	1.85	
Su Baskını Süresi	3	357664.24	687.74	***
Hata 1	6	520.06		***
Çeşit	5	13253.78	15.86	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	6072.83	7.27	
Hata 2	40	835.47		
Genel	71			
VK	8.19			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu birim alan tane verimi (g m^{-2}) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma gözlemlenmiş, birim alandaki en yüksek tane verim değeri kontrol koşullarından (0. Gün) (453 g m^{-2}), en düşük değerler 28 günlük su baskını uygulamasından (144 g m^{-2}) elde edilmiştir (Çizelge 4.37). de San Celedonia ve

arkadaşları (2018) arpa ve buğday genotiplerine saksı ortamında su baskını stresi uygulamış ve çalışma sonucunda, araştırma bulgularımızı destekler nitelikte, su baskını stresinin başak verimini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde, her bir çeşidin stres koşullarına farklı tepkiler ortaya koyduğu görülmektedir (Çizelge 4.37). Birim alandan en yüksek tane verimi Ekinoks (385 g m^{-2}) ve Altınöz (403 g m^{-2}) çeşitlerinden elde edilmiş ve bu değerler arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca Meltem (337 g m^{-2}), Seri-82 (327 g m^{-2}), Karatoprak (323 g m^{-2}) ve Sönmez (341 g m^{-2}) çeşitlerinin su baskını stresine karşı birim alan tane verim değerleri arasındaki farklar da aynı şekilde istatistik olarak önemli olmamıştır. Fraghi ve Galashi (2022) ile Zamani ve ark. (2024) da çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak su baskını koşulları altında birim alandaki tane verimi değerlerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.37. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan tane verimi (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	476 bc	430 c-f	448 bcd	187 k	385 A	-60.71
Meltem	487 ab	382 gh	289 j	191 k	337 B	-60.73
Seri-82	364 hı	431 c-f	393 fgh	120 l	327 B	-67.06
Karatoprak	446 b-e	399 e-h	333 ij	112 l	323 B	-74.92
Sönmez	416 d-g	418 d-g	422 d-g	109 l	341 B	-73.77
Altınöz	526 a	460 bcd	480 ab	147 kl	403 A	-72.10
Ortalama	453 A	420 B	394 C	144 D		-68.11
LSD süre	18.6					
LSD çeşitler	23.85					
LSD int.	47.7					

*) 28 günlük su baskını başlangıcı (sıfırıncı gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, en yüksek birim alan tane verimi değeri (526 g m^{-2}), Altınöz çeşidinden kontrol koşullarında elde edilirken, en düşük değer (109 g m^{-2}) Sönmez çeşidinde, 28 günlük su baskını uygulaması sırasında ölçülmüştür. Bu sonuçlar, daha önce incelenen birim alan başak ağırlığı değerleriyle paralellik göstermektedir (Çizelge 4.40). Ancak kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük

stres süresi arasındaki azalan birim alan tane verimi değişimlerinin yüzdesel sıralaması birim alan başak ağırlık değerleriyle farklılık arz etmiştir. Bu farklılık; başak ağırlığını meydana getiren unsurlarından kavuz+eksen (kavuz) ile tanenin kendi aralarındaki ağırlık oranlarının, genotip ve çevre faktörlerinden farklı düzeylerde etkilenmelerinden kaynaklanmış olabilir. Çeşitler arasındaki kontrol ve 28 günlük su baskını stresi arasındaki tane verimi yüzdesel değişim sıralaması şu şekilde gerçekleşmiştir: Karatoprak (%74.92), Sönmez (%73.77), Altınöz (%72.10), Seri-82 (%67.06), Meltem (%60.73) ve Ekinoks (%60.71). Bu verilere göre, su baskını stresine birim alan tane verimi açısından en duyarlı çeşidin Karatoprak, en toleranslı çeşidin ise Ekinoks olduğu anlaşılmaktadır.

Kontrol koşulları ile 28 günlük stres süresi arasındaki yüzdesel değişim değerlerinin oldukça yüksek olması, bitkilerin uzun süreli su baskını stresine karşı belirgin verim kayıpları yaşadığını göstermektedir. Bu kayıpların, oksijen eksikliği, enerji üretimindeki azalma ve su baskını altında karbon metabolizmasının bozulması gibi fizyolojik süreçlerdeki olumsuz etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çeşitlerin stres koşullarına verdiği tepkilerde belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Örneğin, 7 günlük stres uygulamasında Seri-82 çeşidinde %18.4 oranında artış gözlenirken, 7 ve 14 günlük süreçler arasında Ekinoks ve Altınöz çeşitlerinde sırasıyla %4.2 ve %4.3 oranında artışlar kaydedilmiştir. Bu durumun, çeşitler arasındaki genetik tolerans farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca birim alan başak ağırlığının, birim alan tane verimi ile pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.40). Nitekim Vahamidis ve arkadaşları (2019) da çalışma sonucumuzla uyumlu olarak, iki buğday çeşidi kullanarak kontrollü koşullarda yürüttükleri çalışmalarında, başak ağırlığındaki değişimlerin tane verimini doğrudan etkilediğini ve bu iki özellik arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu vurgulamışlardır.

4.1.2.6. Birim Alan Biyolojik Verimi (g m^{-2})

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan biyolojik verimi (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, su baskını süreleri, çeşitler ve bu faktörlerin interaksiyon değerleri arasındaki farklar istatistik bakımdan $p < 0.001$ önem seviyesinde farklı olmuştur.

Çizelge 4.38. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan biyolojik verimi (g m^{-2}) değerlerine ait varyans analiz değerleri, önem seviyesi ve varyasyon katsayısı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Seviyesi
Tekerrür	2	48943.18	4.93	
Su Baskını Süresi	3	9785443.31	982.63	***
Hata 1	6	995387		
Çeşit	5	1643263.25	91.03	***
SxÇ İnteraksiyonu	15	282753.19	15.64	***
Hata 2	40	18053.24		
Genel	71			
VK	4.41			

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Altı farklı ekmeklik buğday çeşidine farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucu birim alan biyolojik verimi (g m^{-2}) ortalama değerinde su baskını uygulama süresi arttıkça doğrusal bir azalma gözlemlenmiş, birim alandaki en yüksek biyolojik verim değeri kontrol koşullarından (0. Gün) (1162 g m^{-2}), en düşük değerler 28 günlük su baskını uygulamasından (627 g m^{-2}) elde edilmiştir (Çizelge 4.39).

Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak, Tian ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan bir meta-analizde, su baskını stresi altındaki bitkilerde verim kaybının %32,9 oranında olduğu, çimlenme ve vejetatif büyüme aşamalarındaki su baskını stresinin verimi daha fazla azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca, stresin süresi arttıkça ürün veriminde daha büyük düşüşler yaşandığı belirtilmiştir.

Çeşitlerin su baskını koşullarındaki tepkileri incelendiğinde ise birim alandan en yüksek biyolojik verim 1116 g m^{-2} 'lik değerle Altınöz çeşidinden, en düşük verim ise 842 g m^{-2} 'lik değerle Meltem çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4.39). Ayrıca Meltem çeşidini sırasıyla Seri-82 (859 g m^{-2}) ve Karatoprak (876 g m^{-2}) çeşitleri takip etmiş ve bu üç çeşit arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. 1031 g m^{-2} 'lik değerle Ekinoks ve 1042 g m^{-2} 'lik değerle Sönmez çeşitleri ise su baskını stresine karşı orta toleransta tepkiler sergilemiştir.

Çizelge 4.39. Altı farklı ekmeklik buğday çeşidinin değişen su baskını sürelerindeki (gün) birim alan biyolojik verimi (g m^{-2}) değerlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Su Baskını Uygulama Süresi					Değişim* (%)
	0 gün	7 gün	14 gün	28 gün	Ortalama	
Ekinoks	1389 a	993 ef	1079 cd	664 jk	1031 B	-52.19
Meltem	1068 cd	950 efg	744 h	608 jk	842 C	-43.09
Seri-82	963 efg	1013 de	916 g	544 k	859 C	-43.46
Karatoprak	1098 c	943 fg	916 g	548 k	876 C	-50.11
Sönmez	1090 c	1238 b	1181 b	688 hı	1049 B	-36.85
Altınöz	1367 a	1194 b	1194 b	708 hı	1116 A	-48.17
Ortalama	1162 A	1055 B	1005 C	627 D		-46.08
LSD süre	25.74					
LSD çeşitler	35.06					
LSD int.	70.11					

*) 28 günlük su baskınında başlangıca (sıfırinci gün) göre meydana gelen değişim oranı

Su baskını süresi ve çeşit etkileşimi incelendiğinde, bir önceki incelenen birim alan tane verimi değerleri ile paralel olarak en yüksek birim alan biyolojik verimi değeri (1367 g m^{-2}), Altınöz çeşidinden kontrol koşullarında elde edilirken, en düşük değer (544 g m^{-2}) Seri-82 çeşidinde, 28 günlük su baskını uygulaması sırasında ölçülmüştür. Su baskını süresi ve çeşit interaksiyon değerlerinin kontrol koşulları (0 gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki azalan birim alan biyolojik verimi değişimlerinin yüzdesel sıralaması Ekinoks (%52.2), Karatoprak (%50.1), Altınöz (%48.2), Seri-82 (%43.5), Meltem (%43.1) ve Sönmez (%36.9) şeklindedir. Bu verilere göre, su baskını stresine birim alan tane verimi açısından en duyarlı çeşidin Ekinoks, en toleranslı çeşidin ise sönmez olduğu anlaşılmaktadır.

Yine bir önceki çizelgede (Çizelge 4.37) incelenen kontrol koşulları (0. Gün) ile 28 günlük stres süresi arasındaki yüzdesel değişimler gibi birim alan biyolojik verim değerlerindeki değişimlerin de oldukça yüksek olması, bitkilerin uzun süreli su baskını stresine karşı belirgin verim kayıpları yaşadığının göstergesi olmuştur.

Çeşitlerin stres koşullarına verdiği tepkilerde ise belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Örneğin, 7 günlük stres uygulamasında Seri-82 ve Sönmez çeşitlerinde sırasıyla, %5.2 ve %13.6 oranlarında artışlar gözlenirken, 7 ve 14 günlük süreç arasında

Ekinoks çeşitlerinde %8.7 oranında artış kaydedilmiştir. Bu durumun, çeşitler arasındaki genetik tolerans farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca birim alan tane verimi değerleri ile biyolojik verim değerleri arasında pozitif bir ilişki söz konusudur (Çizelge 4.40). Bu durumun, birim alandaki tane veriminin, birim alandaki biyolojik verim açısından belirleyici bir özellik olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.40. Birim alan bitki verim ve öğeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

	CBS	BKS	BasS	BasA	KavA	TV
BKS	-.658 ***					
BasS	-.230	.871 ***				
BasA	-.403 ***	.556 ***	.470 ***			
KavA	-.318 **	.527 ***	.467 ***	.785 ***		
TV	-.396 **	.522 ***	.435 ***	.985 ***	.666 ***	
Bio	-.333 **	.511 ***	.443 ***	.919 ***	.697 ***	.912 ***

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

Çizelge 4.41. Tek bitki ile birim alan bitki verim ve ögeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

	BB	USU	ASA	BsB	FBS	SBS	BDS	BDA	TBA	BKA	BsV	BsBio
CBS	-.098	-.323 **	.148	-.312 **	-.301 *	.123	-.266 *	-.388 **	-.352 **	-.199	-.357 **	-.207
BKS	-.006	.410 ***	-.367 **	.165	.019	.006	.055	.454 ***	.197	.004	.227	-.013
BasS	-.038	.360 **	-.362 **	.020	-.160	.091	-.067	.330 **	.040	-.146	.085	-.165
BasA	.446	.617 ***	.062	.329 **	.338 **	-.150	.721 ***	.856 ***	.892 ***	.559 ***	.891 ***	.692 ***
KavA	.077	.323 **	-.201	.271 *	.332 **	.065	.319 **	.633 ***	.634 ***	.797 ***	.530 ***	.442 ***
TV	.514 ***	.653 ***	.130	.321 **	.314 **	-.199	.779 ***	.854 ***	.898 ***	.451 ***	.925 ***	.710 ***
Bio	.479 ***	.595 ***	.112	.376 **	.374 **	-.096	.617 ***	.851 ***	.804 ***	.474 ***	.811 ***	.797 ***

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

4.2. Ekofizyolojik Özellikler

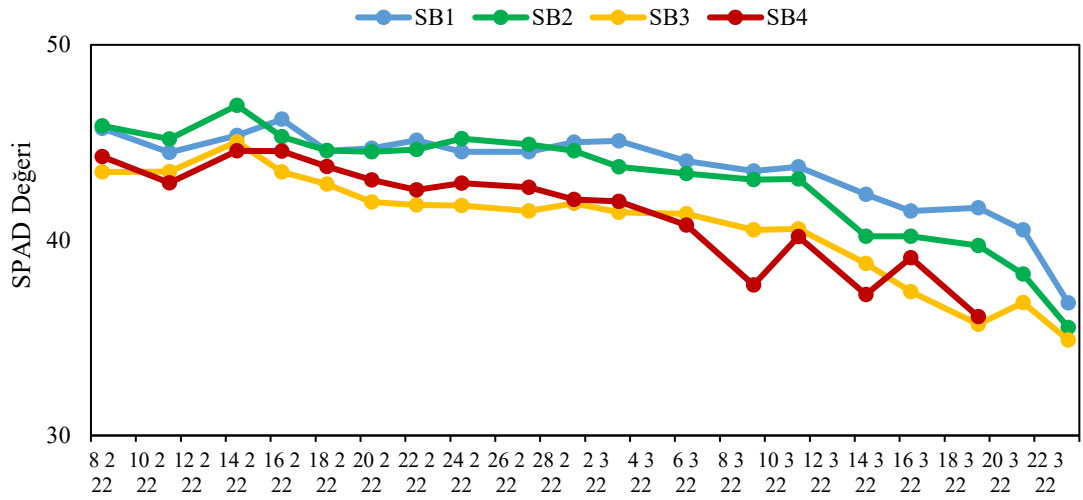
Bu başlık altında çalışmada yer alan altı ekmeklik buğday çeşidinde farklı sürelerle uygulanan su baskını uygulamasının eko-fizyolojik parametrelere olan etkisi incelenmiştir.

4.2.1. Toplam Klorofil Miktarı (SPAD birim)

Şekil 4.2’de yer alan grafik, altı farklı buğday çeşidinin kardeşlenme döneminden fizyolojik olgunluk dönemine kadar, farklı su baskını sürelerinde (0, 7, 14 ve 28 gün) toplam klorofil içeriğini gösteren SPAD değerlerinin değişimini sunmaktadır. Grafikte görüldüğü üzere, tüm stres süreleri içerisinde kontrol (SB1) ve 7 günlük (SB2) koşullarda klorofil içeriği genel olarak yüksek düzeyde sabit kalmış ve zamanla çok az bir düşüş göstermiştir. Bunun aksine, su baskını stresine maruz bırakılan diğer gruplarda (SB3, SB4), klorofil içeriğinde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Özellikle 28 gün boyunca su baskınına maruz bırakılan gruplarda (SB4), SPAD değerlerindeki azalma daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Li ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada, buğday bitkisine üç farklı düzeyde su baskını stresi (kontrol, yarı su baskını ve tam su baskını) uygulanmış ve çalışma sonucunda, uzun süreli su baskını stresinin SPAD değerlerini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, araştırma sonuçlarımızla uyumlu olup, su baskını stresinin bitkilerde klorofil içeriği üzerinde olumsuz etkiler yarattığını desteklemektedir.

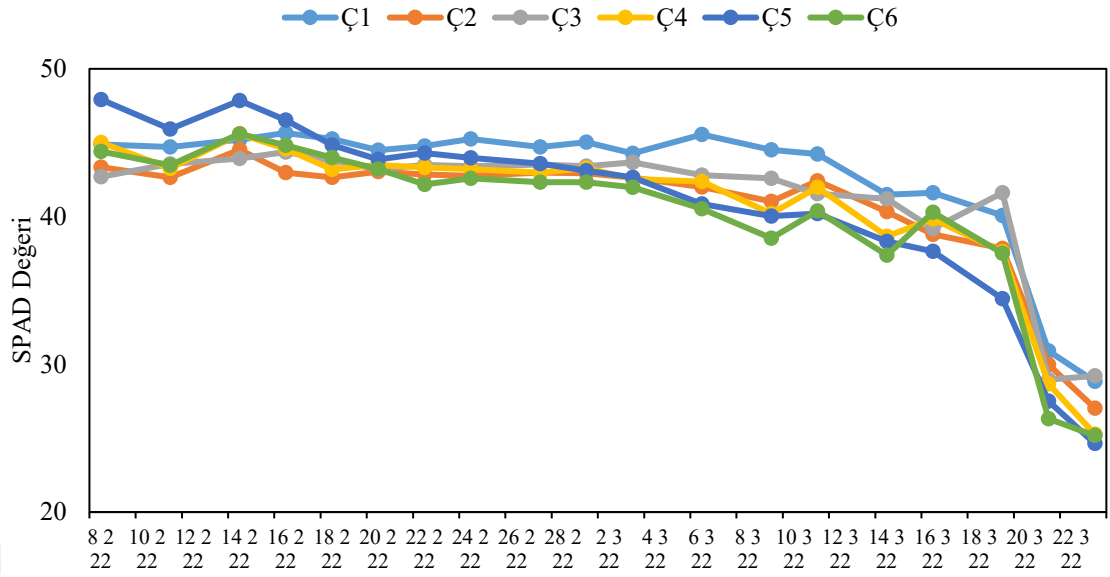
Su baskını stresi süresi arttıkça (özellikle 14 ve 28 gün), klorofil içeriği üzerindeki olumsuz etkiler daha da artmış ve bu durum SPAD değerlerindeki düşüşle somutlaşmıştır. Bu sonuçlar, su baskını stres sürelerinin fizyolojik süreçler üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır.



Ekimden sonraki günler

Şekil 4.2. Altı farklı buğday çeşidinin kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasında değişik su baskını stres sürelerindeki (SB1: kontrol, SB2: 7 gün, SB3: 14 gün, SB4: 28 gün) SPAD değişim seyri

Şekil 4.3' te, farklı tolerans seviyelerine sahip altı buğday çeşidinin (toleranslı: Ç1-Ekinoks, Ç2-Meltem; orta toleranslı: Ç3-Seri-82, Ç4-Karatopak; duyarlı: Ç5-Sönmez, Ç6-Altınöz) su baskını stresine karşı SPAD değerlerindeki değişimini göstermektedir. Grafikte genel olarak su baskını süresinin uzamasıyla birlikte SPAD değerlerinin azaldığı görülmektedir. Ekinoks (Ç1) ve Seri-82 (Ç3) çeşitleri, diğer çeşitlere kıyasla SPAD değerlerini daha uzun süre yüksek seviyede tutmayı başarmıştır. Meltem (Ç2) ve Karatoprak (Ç4) çeşitleri ise, Sönmez (Ç5) ve Altınöz (Ç6) çeşitlerine göre daha az düşüş göstermiştir. Sönmez ve Altınöz çeşitleri ise (Ç5, Ç6) su baskını stresine en yüksek tepkiyi vererek SPAD değerlerinde belirgin bir düşüş sergilemişlerdir.



Ekimden sonra günler

Şekil 4.3. Değişik su baskını stres sürelerindeki altı farklı buğday çeşidinin (Ç1: Ekinoks, Ç2:Meltem, Ç3:Seri-82, Ç4: Karatoprak, Ç5: Sönmez, Ç6: Altınöz) kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasındaki SPAD değişim seyri

Özellikle ilerleyen günler itibarıyla SPAD değerlerinin, stresin şiddeti ve süresine bağlı olarak tüm çeşitlerde belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, su baskını stresinin fotosentez kapasitesini olumsuz etkilediğini ve bu etkilerin, çeşitlerin tolerans seviyelerine göre farklılık gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak, Franghi ve Galeshi (2022) tarafından tarla koşullarında yürütülen bir çalışmada, 20 farklı buğday çeşidine 15 gün süreyle su baskını uygulanmış ve su baskını stresinin kontrol koşullarına kıyasla SPAD değerlerinde önemli ölçüde azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Jiang ve ark. (2022) tarla koşullarında 28 buğday genotipine, bitkiler üç yapraklı dönemdeyken 15 gün süreyle su baskını uygulamış ve SPAD değerlerinin su baskını stresinden olumsuz etkilendiğini bildirmiştir. Çalışma bulgularımızla benzer olarak, her iki araştırmada da SPAD değerlerinin genotiplere göre farklılık gösterdiği vurgulanmıştır.

Bununla birlikte, araştırma sonuçlarımızdan farklı olarak, Ma ve ark. (2021) tarafından kontrollü koşullarda yürütülen saksı denemesinde, iki buğday çeşidine çiçeklenme döneminde 7 gün süreyle su baskını uygulanmış ve her iki çeşitte de SPAD

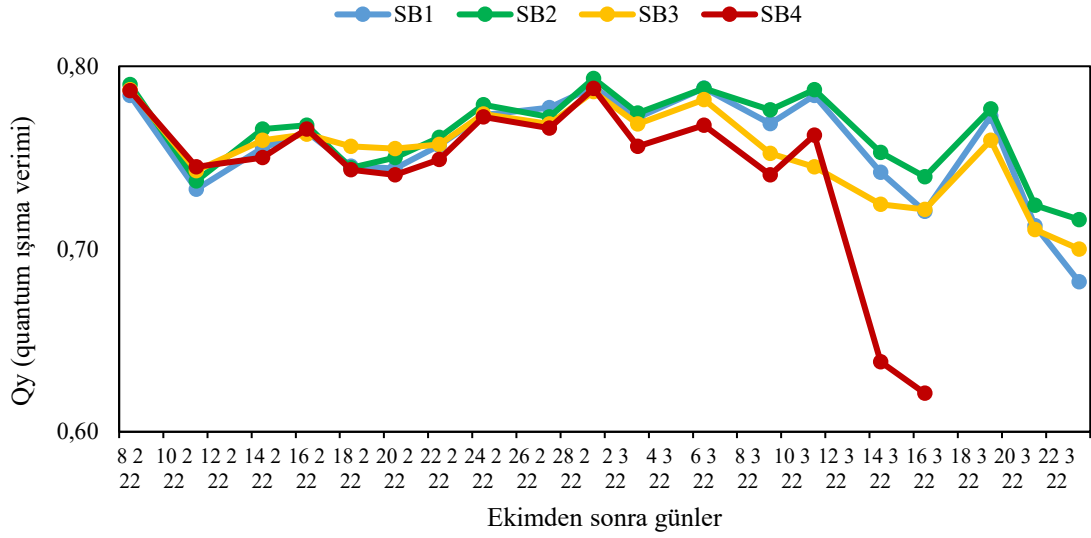
içeriğinde benzer azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Bu çalışmada, su baskını stresinin SPAD değerlerini kontrol koşullarına kıyasla belirgin şekilde düşürdüğü rapor edilmiştir. Bu farklılığın, yetiştirme koşullarındaki değişkenlikler, su baskını süresi ve genotiplerin stres tepkileri gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.2.2. Klorofil Işıma Verimi (Qy)

Şekil 4.4'te yer alan grafik, farklı su baskını stres sürelerinin klorofil ışımaya verimi (Qy = quantum yield) üzerindeki etkilerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde kontrol (SB1) ve 7 günlük stres uygulamalarında (SB2), klorofil ışımaya veriminde herhangi bir düşüş gözlemlenmemiş ve değerler istikrarlı bir seyir izlemiştir. Bu, su baskını stresinin olmadığı veya kısa süreli uygulandığı koşullarda fotosentetik mekanizmanın sorunsuz bir şekilde işlediğini göstermektedir. Ancak 7 günlük su baskını stresine maruz kalan grupta (SB2), klorofil ışık veriminde hafif bir azalma gözlemlenmiş, ancak bu süre, fotosentez kapasitesi üzerinde belirgin bir baskı oluşturacak kadar uzun olmamıştır.

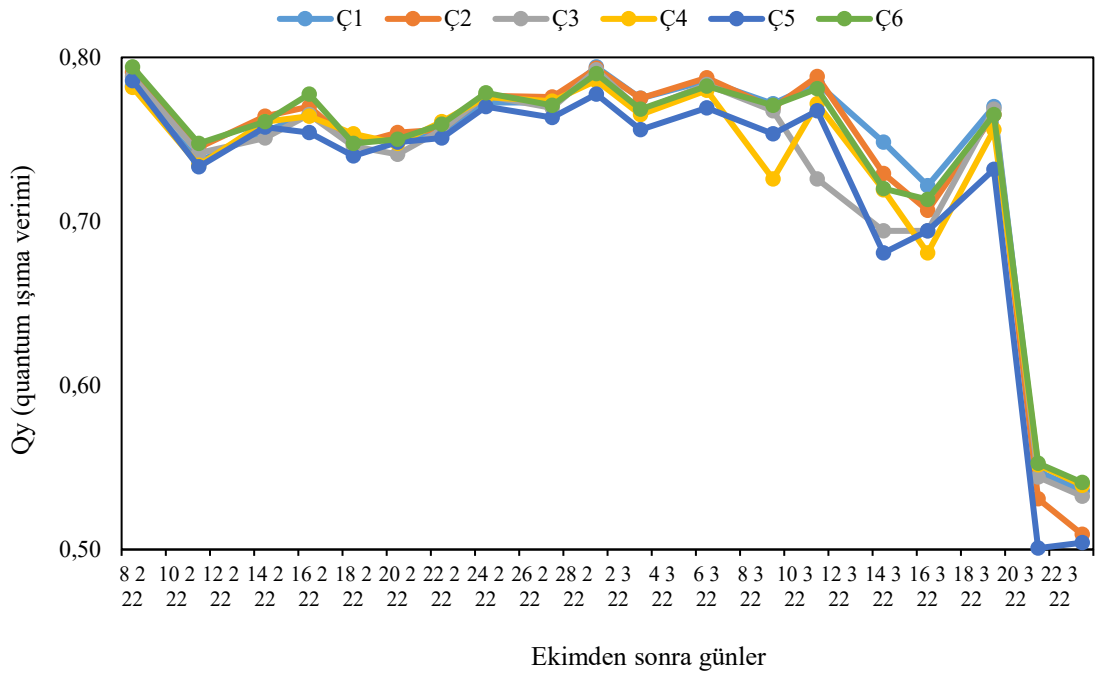
14 günlük su baskını stresine maruz kalan grupta (SB3), Qy değerlerinde daha belirgin bir azalma görülmüştür. Bu düşüş, stres süresinin uzamasına bağlı olarak fotosentetik etkinliğin baskılandığını göstermektedir.

Klorofil ışımaya veriminde en ciddi azalmalar ise 28 günlük su baskını stresine maruz kalan grupta (SB4) gözlemlenmiştir. Uzun süreli stres, fotosentetik mekanizmaların işlevselliğini önemli ölçüde azaltmış ve Qy değerlerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. Bu sonuç, uzun süreli su baskınının fotosentez kapasitesini olumsuz etkileyerek bitkinin yaşam fonksiyonlarını ciddi şekilde tehdit ettiğini göstermektedir. Bu durum stresin şiddeti ile doğrudan ilişkili olarak fotosentetik performansı olumsuz etkilemiştir.



Şekil 4.4. Altı farklı buğday çeşidinin kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasında değişik su baskını stres sürelerindeki (SB1: kontrol, SB2: 7 gün, SB3: 14 gün, SB4: 28 gün) klorofil ışınım verimi değişim seyri

Şekil 4.5. altı farklı buğday çeşidinin su baskını stresine karşı klorofil ışınım verimi (Qy) değerlerindeki değişimleri göstermektedir. Altınöz (Ç6) çeşidi, su baskını stresine karşı Qy değerlerini diğer çeşitlere kıyasla daha iyi korumuş ve fotosentetik performanslarını büyük ölçüde sürdürmeyi başarmıştır. Bu çeşit, stres koşullarına maruz kalmasına rağmen fotosentez kapasitesinde daha az bir azalma sergileyerek dayanıklılık göstermiştir. Ekinoks (Ç1), Meltem (Ç2) ve Seri-82 (Ç3) çeşitleri, Qy değerlerinde Altınöz (Ç6) çeşidine kıyasla daha fazla düşüş göstermişlerdir. Ancak bu düşüş, Sönmez (Ç5) çeşidine kıyasla daha sınırlı kalmıştır.

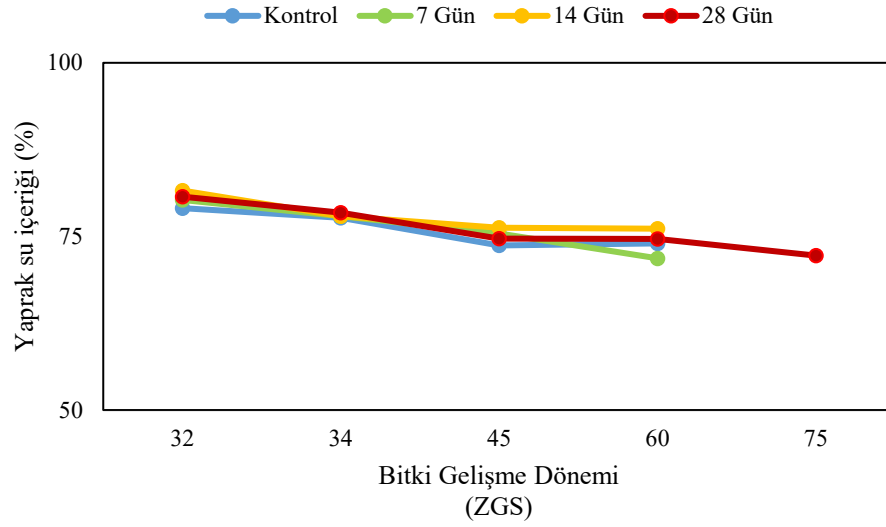


Şekil 4.5. Değişik su baskını stres sürelerindeki altı farklı buğday çeşidinin (Ç1: Ekinoks, Ç2:Meltem, Ç3:Seri-82, Ç4: Karatoprak, Ç5: Sönmez, Ç6: Altınöz) kardeşlenme dönemi başlangıcından fizyolojik olum dönemleri arasındaki klorofil ışım verimi değişim seyri

Bu durum, bu çeşitlerin su baskını stresine orta düzeyde direnç gösterebildiğini işaret etmektedir. Sönmez (Ç5) çeşidi ise, klorofil ışım verimi değerinde en belirgin azalmayı sergilemiştir. Bu çeşit, su baskını stresi altında fotosentetik mekanizmalarını yeterince koruyamamış ve Qy değerlerinde önemli düşüşler yaşamıştır. Özellikle stresin şiddetinin artmasıyla birlikte fotosentetik performansı ciddi şekilde etkilenmiştir.

4.2.3. Yaprak Su İçeriği (%)

Farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda ekmeklik buğdayda yaprak su içeriğindeki (YSİ) değişim seyri Şekil 4.6'da yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde gerek kontrol gerekse farklı süre ile su baskını uygulanmış parsellerden elde edilen değerler zamana bağlı sürekli azalmıştır. Azalış tüm uygulamalarda birbirine benzer olmuştur. Bu azalış farklı su baskını sürelerinden ziyade süreç boyunca bitkilerde meydana gelen büyüme ve gelişmeye bağlı doku olgunlaşması ve yaşlanmasından kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.6. Değişik su baskını sürelerine göre altı farklı buğday çeşidinin yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%)

Su baskını uygulamasının başlaması öncesinde tespit edilmiş olan yaprak su içeriği (YSİ) değerleri başlangıç olarak kabul edilerek, farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilmiş YSİ değerlerinin zamana bağlı değişimleri farklı açıdan karşılaştırıp zaman içindeki değişimlerinin oransal olarak gösterildiği değerler Çizelge 4.42’de yer almaktadır. YSİ ile ilgili ilk örnekleme yapıldığı dönemdeki (ZGS 32) değerler sıfır (A sütunu) kabul edilmiş, yine ZGS 32’deki C sununda ise bu kez 7, 14 ve 28 gün su baskını uygulanacak parsel değerleri kontrol değerine göre oransal farklılıkları ortaya konmuştur. Aynı işlemler ilerleyen dönemlerde (ZGS 34, 45 ve 60) tespit edilen değerlere de uygulanmıştır. ZGS 45 ve ZGS 60 döneminde yer alan B Sütunu değerleri ise kendi dönemsel değerlerinin ZGS 32 dönemindeki değerine göre oransal değişimini vermektedir. Bu durumda; A sütununda her bir örnekleme döneminde bir önceki döneme göre gerçekleşen değişimi, B sütunları her bir uygulamada zamana bağlı toplam değişimini, C sütununda ise her bir örnek alım dönemindeki değerin kontrole göre değişimini ortaya koymuştur. Sonuç olarak su baskını uygulamasının ilk günler YSİ değerini azalttığını (ZGS 32), ilerleyen günlerde yaprakların YSİ düzeyinin stres öncesi burumdan daha yüksek düzeye çıktığı görülmektedir (ZGS 34 ve ZGS 45 C sütunları).

Çizelge 4.42. Değişik su baskını sürelerine göre altı farklı buğday çeşidinin yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%)

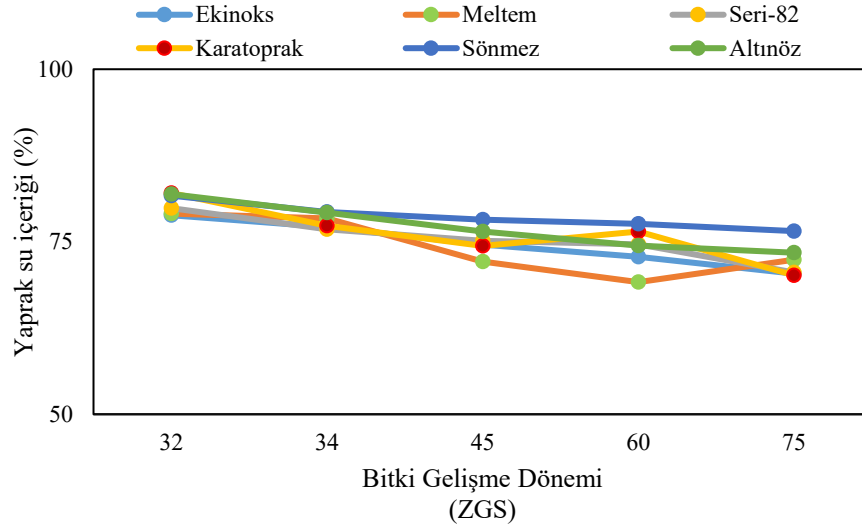
Su Baskını Süresi	ZGS	32		34		45			60		
		A	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Kontrol		0.0	0.0	-1.8	0.0	-5.1	-6.8	0.0	0.4	-6.4	0.0
7 Gün		0.0	1.5	-2.9	0.3	-3.2	-6.0	2.4	-4.8	-10.5	-2.9
14 Gün		0.0	3.2	-4.5	0.3	-2.1	-6.6	3.5	-0.2	-6.7	2.9
28 Gün		0.0	2.1	-2.9	1.0	-4.7	-7.5	1.3	-0.1	-7.6	0.9

A: Her bir değerin kendisinden bir önceki değere göre değişim oranı (%)

B: Başlangıç (sıfırinci gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

C: Örnekleme zamanındaki her bir değerin kendi örnek alım zamanındaki kontrol değeri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmada yer alan çeşitlerde de zamana bağlı YSİ içerikleri azalma göstermiş olmakla birlikte, söz konusu azalış başlangıçta çeşitler arasında benzer seyretmesine karşın, özellikle ilk örneklemeden 7 gün sonra farklılaşmalar başlamış, farklılık zamana bağlı gittikçe artmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%)

Çeşitlerde YSİ içeriğindeki zamana bağlı değişimin mukayeseli izlenebildiği Çizelge 4.43 incelendiğinde, değişimin Meltem çeşidi hariç diğerlerinde su baskını uygulamasının 7. gününde (ZGS 34) ortalama %2.2 ile %5.8 aralığında gerçekleştiği, 14.

günde (ZGS 45) ise tüm çeşitlerde değişen oranlarda da olsa azalma eğiliminin devam ettiği görülmektedir. Ancak söz konusu bu dönemde Meltem çeşidinin davranışı diğerlerinden oldukça ayrılmış olup azalma bir önceki döneme (ZGS 34) göre %8.0 düzeyinde gerçekleşmiştir. Meltemdeki bu hızlı azalma bir sonraki dönemde de devam etmiş (%4.1) ve diğer çeşitlerden negatif ayrışma göstermiştir.

Çizelge 4.43. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak su içeriğindeki değişim oranları (%)

Çeşitler	ZGS	32	34	45		60	
		A	A	A	B	A	B
Ekinoks		0.0	-2.2	-3.3	-5.4	-2.3	-7.6
Meltem		0.0	-0.9	-8.0	-8.8	-4.1	-12.6
Seri-82		0.0	-3.8	-2.2	-5.9	-0.6	-6.5
Karatoprak		0.0	-5.8	-3.8	-9.4	2.9	-6.8
Sönmez		0.0	-2.9	-1.4	-4.2	-0.8	-5.0
Altınöz		0.0	-3.3	-3.5	-6.6	-2.7	-9.1

A: Her bir değerin kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

B: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

28 günün sonunda (ZGS 60) YSİ içeriğinde en fazla azalma %12.6 ile Meltem çeşidinde gerçekleşmiş, onu %9.1 ile Altınöz, %7.6 ile Ekinoks takip etmiş, en düşük azalma ise %5.0 ile Sönmez’de kaydedilmiştir.

Yang ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, saksı koşullarında buğday bitkilerine kontrol grubu ile birlikte 5, 10 ve 15 gün süreyle su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışmada üç farklı buğday çeşidi kullanılmış olup, elde edilen bulgular çalışma sonuçlarımızla uyumluluk göstermektedir. Araştırmada, su baskını süresinin artmasının yaprak su içeriğinde belirgin bir azalmaya neden olduğu ve bu değişimin çeşitler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgu, su baskını süresinin uzamasının bitkilerin fizyolojik dengesini olumsuz yönde etkilediğini ve bu etkilerin genotiplere bağlı olarak çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

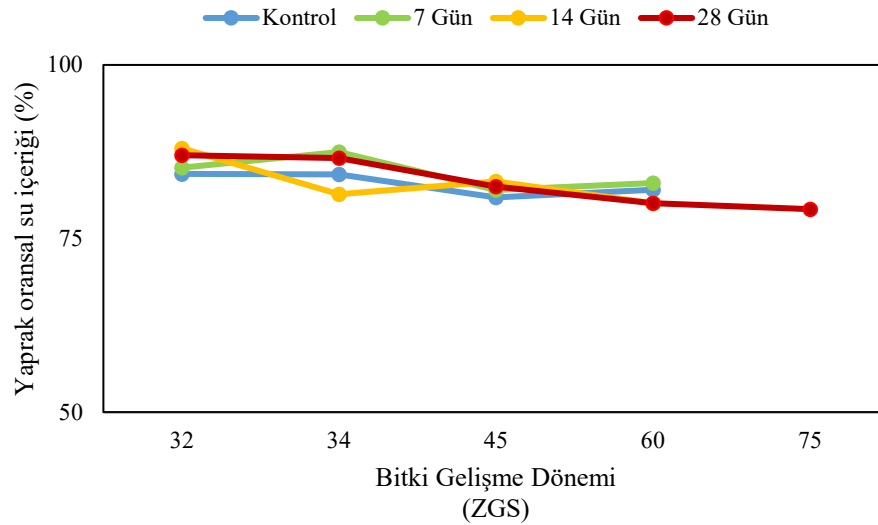
Kara (2016) tarafından yürütülen saksı denemesinde, farklı gelişme dönemlerindeki (kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma) iki buğday çeşidine 0, 10, 20 ve 30 gün süreyle su baskını uygulanmıştır. Araştırma bulgularımızdan farklı olarak, çalışma sonucunda, kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 10 gün süren kısa süreli su baskınının yaprak

su içeriğini artırdığı, ancak 20 ve 30 gün süren uzun süreli su baskınının ise azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Başaklanma döneminde uygulanan tüm stres sürelerinin yaprak su içeriğini düşürdüğü ve bu değişimlerin çeşitler arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu bulgular, su baskını stresine verilen tepkilerin gelişme dönemine bağlı olarak değiştiğini ve uzun süreli su baskınının fizyolojik süreçler üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Özellikle başaklanma döneminde yaprak su içeriğinde meydana gelen azalma, bu gelişim aşamasının su baskınına karşı daha duyarlı olabileceğini göstermektedir.

4.2.4. Yaprak Oransal Su İçeriği (%)

Farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda ekmeklik buğdayda yaprak oransal su içeriğindeki (YOSİ) değişim seyri Şekil 4.8’de yer almaktadır. Grafik incelendiğinde gerek kontrol gerekse farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilen değerler zamana bağlı sürekli azalmıştır. Azalış tüm uygulamalarda birbirine benzer olmuştur. Bu azalış farklı su baskını sürelerinden ziyade süreç boyunca bitkilerde meydana gelen büyüme ve gelişmeye bağlı doku olgunlaşması ve yaşlanmasından kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.8. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%)

Su baskını uygulamasının başlaması öncesinde tespit edilmiş olan yaprak oransal su içeriği (YOSİ) değerleri başlangıç olarak kabul edilerek, farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilmiş YOSİ değerlerinin zamana bağlı değişimleri farklı açıdan karşılaştırıp zaman içindeki değişimlerinin oransal olarak gösterildiği değerler Çizelge 4.44'te yer almaktadır. Farklı süreler su baskını uygulamalarının tümünde başlangıç zamanına (ZGS 32) göre YOSİ düzeyi zamana bağlı azalma göstermiş (ZGS 34 ve ZGS 45), ZGS 60'a gelindiğinde 14 ve 28 günlük su baskını uygulamalarında devam etmesine karşın, kontrol ve 7 günlük uygulamalarda aksine artış tespit edilmiştir (A sütunları). Farklı su baskını uygulamalarına ait değişik bitki gelişme dönemlerindeki YOSİ değerlerinin (ZGS 34, 45 ve 60) başlangıç değeri (ZGS 32) ile mukayese edildiği B sütunu değerlerine bakıldığında, tüm uygulamalarda başlangıca göre zamana bağlı YOSİ değerlerinin azaldığı, ancak azalmanın özellikle 14 ve 28 günlük su baskınlarında daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum; su baskını süresindeki uzamanın incelenen çeşitlerde YOSİ değerlerinde daha fazla düşüşe yol açtığını göstermektedir. Ölçümlerin yapıldığı her bir gelişme dönemi değerlerinin kendi içindeki kontrol değeri ile karşılaştırmasının yapıldığı C sütunu değerlerine bakıldığında, ZGS 60 döneminde 7 günlük uygulama değeri kontrole göre önemli değişiklik göstermezken, 14 ve 28 gün süreyle su baskını uygulamalarında önemli azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 4.44. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%)

Su Baskını Süresi	ZGS 32		34		45			60		
	A	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Kontrol	0.0	0.0	-0.1	0.0	-4.0	-4.0	0.0	1.4	-2.7	0.0
7 Gün	0.0	1.1	2.7	3.8	-6.3	-3.8	1.3	1.2	-2.6	1.2
14 Gün	0.0	4.4	-10.9	-6.9	6.2	-5.4	2.9	-3.8	-9.0	-2.4
28 Gün	0.0	3.2	-0.5	2.8	-4.8	-5.2	1.9	-2.9	-7.9	-2.4

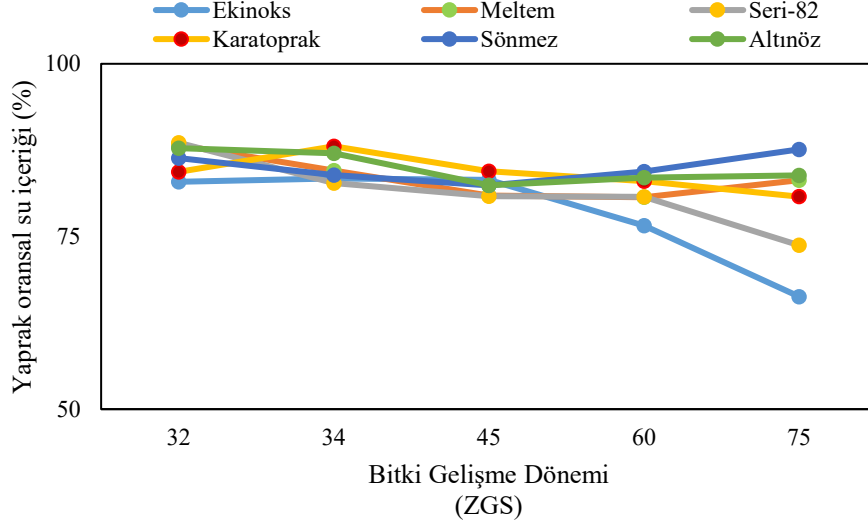
A: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değerin kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değerin kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmada yer alan çeşitlerde de zamana bağlı YOSİ içerikleri azalma göstermiş olmakla birlikte, söz konusu azalış başlangıçta çeşitler arasında benzer seyretmesine

karşın, özellikle ilk örneklemeden 14 gün sonra farklılaşmalar başlamış, farklılık zamana bağlı gittikçe artmıştır (Şekil 4. 9).



Şekil 4.9. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%)

Çeşitlerin YOSİ içeriğindeki zamana bağlı değişimin karşılaştırmalı izlenebildiği (Çizelge 4.45) incelendiğinde, her bir dönem değerlerinin bir önceki dönemindeki ile kıyaslaması A sütunu, her bir dönem değerlerinin başlangıça göre değişiminin izlenmesi B sütununda yer almaktadır. A sütunu değerleri incelendiğinde, değişimin su baskını uygulamasının 7. gününde (ZGS 34) başlangıça (ZGS 32) göre Karatoprak ve Ekinoks çeşidi hariç diğerlerinde ortalama %2.8 ile %5.9 aralığında azalma şeklinde gerçekleştiği, 14. günde (ZGS 45) ise tüm çeşitlerde değişen oranlarda da olsa azalma eğiliminin devam ettiği ancak Meltem ve Karatoprak'taki azalmanın şiddetli olduğu saptanmıştır. B sütunu değerleri incelendiğinde başlangıça (ZGS 32) göre 28 günün sonunda (ZGS 60) YOSİ içeriğinde en fazla azalma sırasıyla Seri-82 (%8.8), Meltem (%8.6) ve Ekinoks (%7.7) şeklinde gerçekleşirken en az düşüş Karatoprak (%1.6) ve Sönmez'de kaydedilmiştir.

Çizelge 4.45. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre yaprak oransal su içeriğindeki değişim oranları (%)

Çeşitler	ZGS	32	34	45		60	
		A	A	A	B	A	B
Ekinoks		0.0	0.6	-0.2	0.4	-8.0	-7.7
Meltem		0.0	-4.2	-4.3	-8.3	-0.3	-8.6
Seri-82		0.0	-6.6	-2.3	-8.7	-0.1	-8.8
Karatoprak		0.0	4.4	-4.1	0.1	-1.7	-1.6
Sönmez		0.0	-2.8	-1.8	-4.6	2.4	-2.3
Altınöz		0.0	-5.9	-0.2	-6.1	1.4	-4.8

A: Başlangıç (sıfıncı gün) değeri ile o anki değeri arasındaki ağırlık değeri oranı (%)

B: Her bir değeri kendisinde önceki değeri göre değeri oranı (%)

C: O anki her bir değeri kendi kontrol değeri ile arasındaki değeri oranı (%)

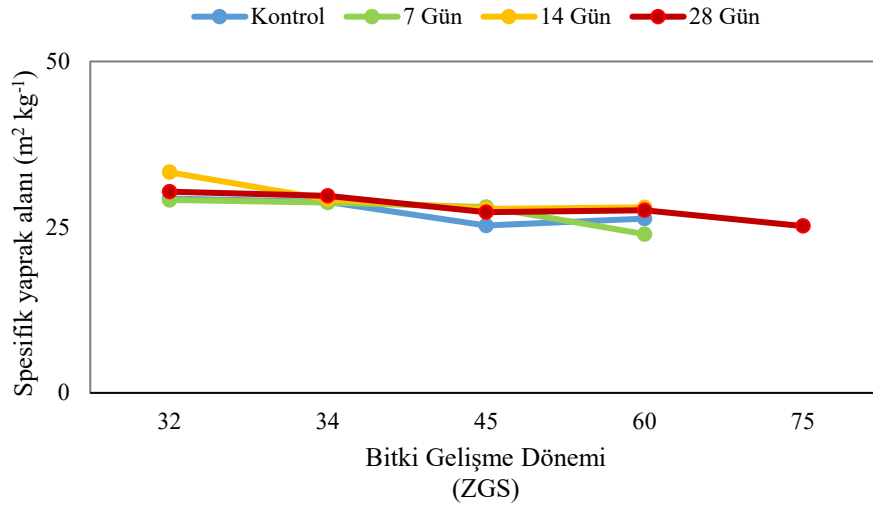
Kara (2016) tarafından yürütülen saksı denemesinde, farklı gelişme dönemlerindeki (kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma) iki buğday çeşidine 0, 10, 20 ve 30 gün süreyle su baskını uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 10 gün süren kısa süreli su baskınının yaprak oransal su içeriğini artırdığı, ancak 20 ve 30 gün süren uzun süreli su baskınının azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Başaklanma döneminde uygulanan tüm stres sürelerinin yaprak oransal su içeriğini düşürdüğü ve bu değişimlerin genotiplere bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu bulgular, su baskını stresine karşı bitkinin verdiği fizyolojik tepkilerin gelişme dönemine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Araştırma sonuçlarımızdan farklı olarak, kısa süreli su baskınının erken gelişim dönemlerinde yaprak oransal su içeriğinde artışa neden olması, bitkinin belirli büyüme aşamalarında suyu daha etkin kullanma kapasitesine sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, başaklanma döneminde tüm stres sürelerinin yaprak oransal su içeriğini azalttığı tespit edilmiş olup, bu durum buğdayın generatif büyüme aşamasında su baskınına karşı daha hassas olduğunu ortaya koymaktadır.

4.2.5. Spesifik Yaprak Alanı ($m^2 kg^{-1}$)

Farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda ekmeklik buğdayda spesifik yaprak alanı ($m^2 kg^{-1}$) değeri seyri Şekil 4.10'da yer almaktadır. Grafik incelendiğinde,

kontrol grubu ve farklı sürelerde su baskını uygulanan bitkilerde spesifik yaprak alanı zamanla azalmıştır. Tüm uygulamalar benzer bir azalış eğilimi göstermiştir. Başlangıçta 14 Gün grubunun spesifik yaprak alanı kontrol grubuna kıyasla biraz daha yüksek olduğu görülmekte, ancak ilerleyen dönemlerde gruplar arasındaki fark azalmaktadır. Bu azalışın, farklı su baskını sürelerinden ziyade, bitkilerde süreç boyunca meydana gelen büyüme, gelişim ve doku olgunlaşması ile yaşlanmaya bağlı olarak gerçekleştiği düşünülebilir.



Şekil 4.10. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak alan değişim oranları ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$)

Su baskını uygulamasının başlaması öncesinde tespit edilmiş olan spesifik yaprak alanı (SYA) değerleri başlangıç olarak kabul edilerek, farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilmiş SYA değerlerinin zamana bağlı değişimleri farklı açılardan değerlendirilmiş ve oransal değişim oranları Çizelge 4.46'da gösterilmiştir. SYA ile ilgili ilk örnekleme yapıldığı dönemdeki (ZGS 32) değerler sıfır (A sütunu) olarak kabul edilmiş, yine ZGS 32'deki C sütununda 7, 14 ve 28 gün su baskını uygulanmış parsellerin kontrol grubuna kıyasla oransal farklılıkları belirtilmiştir. Aynı yöntem ilerleyen dönemlerde (ZGS 34, 45 ve 60) belirlenen değerler için de uygulanmıştır.

ZGS 45 ve ZGS 60 dönemlerinde yer alan B sütunu değerleri, her bir uygulamanın ZGS 32'ye kıyasla toplam oransal değişimini göstermektedir. A sütununda ise her bir

örnekleme döneminde bir önceki döneme kıyasla meydana gelen değişimler belirtilmiştir. C sütunu, her bir zaman diliminde uygulama gruplarının kontrol grubuna göre farkını ortaya koymaktadır.

Genel olarak, su baskını uygulamalarının başlangıçta spesifik yaprak alanında azalmaya neden olduğu (ZGS 34 A sütunu), ancak ilerleyen dönemlerde bu azalmanın kontrol grubuna yakın seviyelere geldiği görülmektedir. Özellikle ZGS 45 ve ZGS 60 dönemlerinde, su baskınına maruz kalan gruplarda SYA değerlerinde kontrol grubuna göre belirgin farkların devam ettiği ancak tüm gruplarda zaman içinde azalma eğiliminin benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.46. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak alan değişim oranları (%)

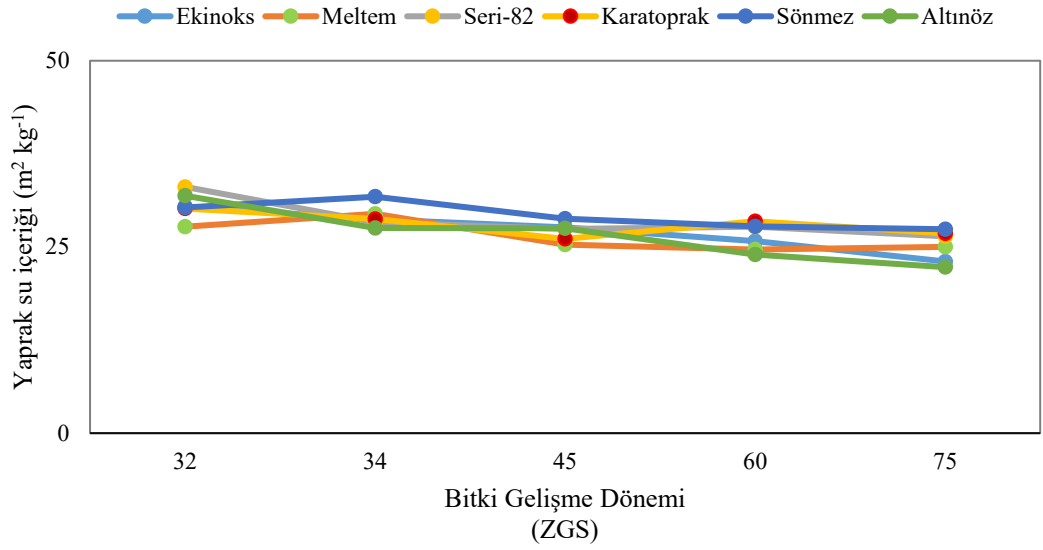
Su Baskını Süresi	ZGS	32		34		45			60		
		A	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Kontrol		0.0	0.0	-1.7	0.0	-12.4	-13.8	0.0	4.1	-10.3	0.0
7 Gün		0.0	-0.7	-1.3	-0.3	-2.4	-3.6	11.1	-14.6	-17.7	-8.9
14 Gün		0.0	13.5	-12.3	1.3	-4.9	-16.6	9.9	0.9	-15.8	6.5
28 Gün		0.0	3.6	-2.1	3.1	-8.2	-10.2	8.0	1.1	-9.2	4.9

A: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değer kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değer kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmada yer alan buğday çeşitlerinde zamana bağlı olarak yaprak su içeriği (YSİ) azalmış olmakla birlikte, bu azalış başlangıçta çeşitler arasında benzer bir seyir izlemiştir. Ancak ilerleyen dönemlerde, özellikle ilk örneklemeden itibaren 14 gün sonra, bazı çeşitler arasında farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Bu farklılık, özellikle ZGS 45 ve sonrası dönemlerde daha belirgin hale gelmiş, bazı çeşitlerde YSİ daha hızlı azalırken (Ekinoks, Sönmez), bazıları (Seri-82, Karatoprak) daha stabil bir seyir izlemiştir. Genel olarak, tüm çeşitlerde zamanla YSİ’de bir düşüş söz konusu olmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine spesifik yaprak alan değişim oranları ($m^2 kg^{-1}$)

Çeşitlerin spesifik yaprak alanı (SYA) içeriğindeki zamana bağlı değişimin karşılaştırmalı olarak izlenebildiği Çizelge 4.47 incelendiğinde, her bir dönem değerlerinin başlangıça kıyasla değişimini gösteren A sütunu ve her bir dönem değerlerinin kendisinden önceki döneme göre değişimini gösteren B sütunu yer almaktadır.

A sütunu değerleri incelendiğinde, su baskını uygulamasının 7. gününde (ZGS 34), başlangıça (ZGS 32) göre Meltem ve Sönmez çeşitlerinde SYA artarken, diğer çeşitlerde azalma gözlenmiştir. Özellikle Seri-82 ve Altınöz çeşitlerinde sırasıyla %14.3 ve %13.6 oranında azalma meydana gelmiştir. 14. günde (ZGS 45) ise tüm çeşitlerde azalma eğilimi devam etmiş, en yüksek düşüş Seri-82 (%17.1) ve Meltem (%8.6) çeşitlerinde olmuştur.

B sütunu değerleri incelendiğinde, başlangıça (ZGS 32) göre 28 günün sonunda (ZGS 60), SYA içeriğinde en fazla azalma sırasıyla Altınöz (%24.7), Seri-82 (%16.2) ve Meltem (%11.0) çeşitlerinde gerçekleşmiştir. Buna karşın, Karatoprak (%5.6) ve Sönmez (%8.5) çeşitlerinde daha düşük oranlarda bir azalma gözlenmiştir. Genel olarak, su baskını süresi uzadıkça tüm çeşitlerde SYA değerlerinde azalma eğilimi görülmekte, ancak bu azalışın şiddeti çeşide bağlı olarak değişmektedir.

Çizelge 4.47. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre spesifik yaprak alan değişim oranları (%)

Çeşitler	ZGS	32	34	45		60	
		A	A	A	B	A	B
Ekinoks		0.0	-5.7	-3.7	-9.2	-6.8	-15.3
Meltem		0.0	6.3	-14.0	-8.6	-2.6	-11.0
Seri-82		0.0	-14.3	-3.2	-17.1	1.1	-16.2
Karatoprak		0.0	-4.7	-9.3	-13.5	9.1	-5.6
Sönmez		0.0	4.7	-9.3	-5.0	-3.7	-8.5
Altınöz		0.0	-13.6	-0.2	-13.8	-12.7	-24.7

A: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değerin kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

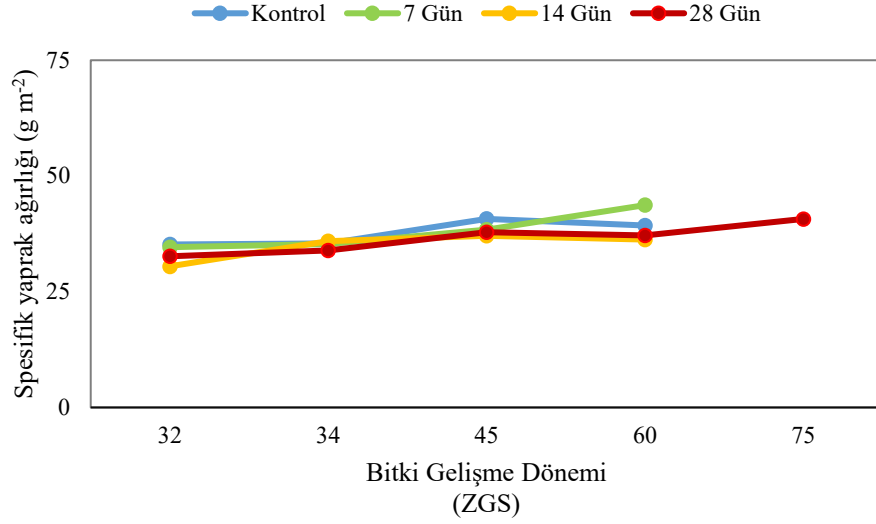
C: O anki her bir değerin kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Kara (2016) tarafından gerçekleştirilen saksı denemesinde, farklı gelişme dönemlerinde (kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma) bulunan iki buğday çeşidine (Gönen-98 ve Meta 2002) 0, 10, 20 ve 30 gün süreyle su baskını uygulanmış ve çalışma sonucunda, kardeşlenme döneminde spesifik yaprak alanı değerlerinin buğday çeşidine ve su baskını süresine bağlı olarak farklılık gösterdiği, özellikle Gönen-98 çeşidinde sürekli bir artış eğilimi sergilediği, Meta 2002 çeşidinde ise su baskını süresine göre dalgalı bir seyir izlediği belirtilmiştir. Araştırmada bulgularımız ise spesifik yaprak alanı değerlerinin tüm gelişme dönemleri boyunca sürekli bir azalma eğiliminde olduğunu ifade etmektedir. Bu farklılık, çalışmalarda kullanılan buğday çeşitleri, yetiştirme koşulları ve su stresine karşı çeşitlerin gösterdiği fizyolojik tepkilerden kaynaklanabilir. Özellikle uzun süreli su baskını altında bitkilerin adaptasyon mekanizmalarındaki farklılıklar, yaprak alanındaki değişimleri farklı yönlerde etkilemiş olabilir.

4.2.6. Spesifik Yaprak Ağırlığı (g m^{-2})

Farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda ekmeklik buğdayda spesifik yaprak ağırlığı (g m^{-2}) değişim seyri Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde hem kontrol grubunda hem de farklı sürelerde su baskını uygulanan gruplarda spesifik yaprak ağırlığının zamanla arttığı görülmektedir. Bu artış tüm uygulamalarda benzer bir seyir izlemiş olup, özellikle ZGS 45 ve sonrası dönemlerde değerlerde belirgin bir yükselme kaydedilmiştir. Artışın, su baskını süresinden bağımsız olarak süreç boyunca

bitkilerde meydana gelen büyüme ve gelişmeye bağlı doku kalınlaşması ve olgunlaşmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.12. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak ağırlık değişim oranları (g m^{-2})

Su baskını uygulamasının başlaması öncesinde tespit edilmiş olan spesifik yaprak ağırlığı değerleri başlangıç olarak kabul edilerek, farklı sürelerde su baskını uygulamalarından elde edilen spesifik yaprak ağırlığı değerlerinin zamana bağlı değişimleri oransal olarak Çizelge 4.48’de gösterilmiştir. İlk örnekleme dönemi olan ZGS 32’deki değerler sıfır (A sütunu) kabul edilmiş ve aynı zamanda bu dönemde C sütunu, 7, 14 ve 28 gün süresince su baskınına maruz kalan parsellerin kontrol grubu ile olan oransal farklarını göstermektedir. Benzer şekilde ilerleyen örnekleme dönemlerinde (ZGS 34, 45 ve 60) de aynı yöntem izlenmiştir.

ZGS 45 ve ZGS 60 dönemlerinde yer alan B sütunu, her bir su baskısı süresine ait spesifik yaprak ağırlığı değerinin, başlangıç dönemi olan ZGS 32’ye kıyasla toplam değişimini ortaya koymaktadır. A sütunu incelendiğinde, spesifik yaprak ağırlığında ilk dönemde (ZGS 34) (14 günlük stres süresi hariç) genellikle küçük oranlı değişimler görülürken, ZGS 45’te belirgin bir artış meydana gelmiş ve ZGS 60’ta bazı uygulamalarda azalma eğilimi başlamıştır. C sütunu değerlendirildiğinde, özellikle 7 ve 14 gün su baskınına maruz kalan uygulama alanlarının ilerleyen dönemlerde kontrol grubuna

kıyasla belirgin oranda farklılık gösterdiği görülmektedir. Sonuç olarak, su baskını uygulamalarının başlangıçta spesifik yaprak ağırlığı değerlerinde düşüşe neden olduğu (ZGS 32), ancak ilerleyen günlerde özellikle ZGS 45 döneminde bu değerlerin artış gösterdiği, ZGS 60'ta ise kısmi düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.48. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin spesifik yaprak ağırlık değişim oranları (%)

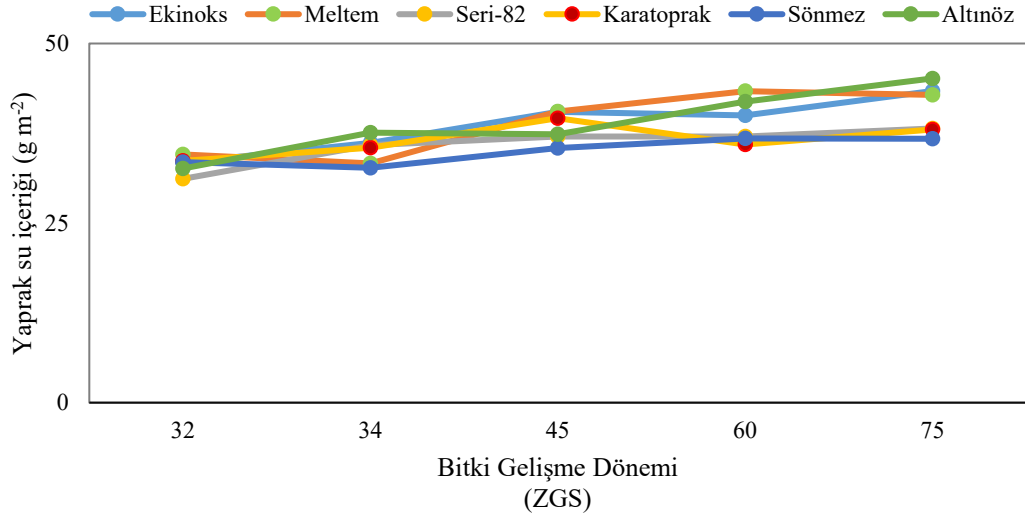
Su Baskını Süresi	ZGS	32		34		45			60		
		A	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Kontrol		0.0	0.0	0.7	0.0	14.9	15.7	0.0	-3.5	11.6	0.0
7 Gün		0.0	-1.7	2.0	-0.3	8.7	10.9	-5.7	13.8	26.2	11.2
14 Gün		0.0	-13.4	17.8	1.4	3.2	21.6	-9.0	-2.1	19.0	-7.7
28 Gün		0.0	-7.2	4.0	-4.2	11.5	15.9	-7.1	-1.8	13.8	-5.4

A: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değerin kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değerin kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmada yer alan çeşitlerde zamana bağlı olarak spesifik yaprak ağırlığı değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Başlangıç döneminde (ZGS 32) çeşitler arasındaki değerler birbirine oldukça yakın seyrederken, ilerleyen dönemlerde özellikle ZGS 45 ve ZGS 60'tan itibaren çeşitler arasında belirgin farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Grafik değerlerindeki genel eğilim, çeşitlerin spesifik yaprak ağırlığının zamanla artış göstermesi yönünde olmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre spesifik yaprak ağırlık değişim oranları (g m^{-2})

Çeşitlerin spesifik yaprak ağırlığındaki zamana bağlı değişim oranlarının karşılaştırmalı olarak izlenebildiği Çizelge 4.49 incelendiğinde, her bir dönem değerlerinin bir önceki döneme kıyaslanması A sütununda, başlangıç (ZGS 32) değerlerine göre toplam değişim oranları ise B sütununda verilmiştir. A sütunu incelendiğinde, ZGS 34 döneminde başlangıca kıyasla Meltem ve Sönmez çeşitlerinde azalma gözlenirken, diğer çeşitlerde ise artış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.49. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre spesifik yaprak ağırlık değişim oranları (%)

Çeşitler	ZGS	32	34	45		60	
		A	A	A	B	A	B
Ekinoks		0.0	8.2	12.0	21.1	-1.2	19.6
Meltem		0.0	-3.6	21.7	17.3	7.0	25.5
Seri-82		0.0	15.0	3.4	18.9	0.1	19.0
Karatoprak		0.0	5.5	11.5	17.7	-9.3	6.7
Sönmez		0.0	-2.3	8.4	5.9	3.7	9.8
Altınöz		0.0	15.2	-0.5	14.6	12.2	28.6

A: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değer kendi içinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değer kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

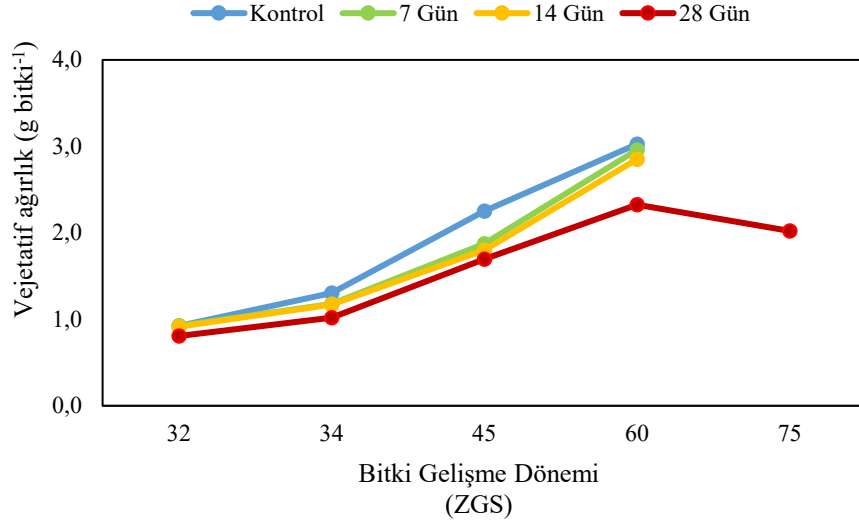
ZGS 45 döneminde ise tüm çeşitlerde artış eğilimi devam etmiş, özellikle Meltem (%21.7) ve Ekinoks (%12.0) çeşitlerinde belirgin bir artış kaydedilmiştir. B sütunu incelendiğinde, başlangıca kıyasla ZGS 60 döneminde en yüksek artış sırasıyla Altınöz (%28.6), Meltem (%25.5) ve Ekinoks (%19.6) çeşitlerinde gözlemlenirken, en düşük artış Karatoprak (%6.7) çeşidinde kaydedilmiştir.

Kara (2016) tarafından gerçekleştirilen saksı denemesinde, farklı gelişme dönemlerinde (kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma) bulunan iki buğday çeşidine (Gönen-98 ve Meta 2002) 0, 10, 20 ve 30 gün süreyle su baskını uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde spesifik yaprak ağırlığı değerlerinin genel olarak stabil kaldığı, ancak başaklanma döneminde belirgin bir azalma eğilimi gösterdiği rapor edilmiştir. Buna karşın, araştırmamızda spesifik yaprak ağırlığı değerlerinin tüm gelişme dönemleri boyunca sürekli bir artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın, çalışmalarda kullanılan buğday çeşitleri, yetiştirme koşulları ve su stresine karşı fizyolojik yanıt mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.7. Vejetatif Ağırlık (g bitki⁻¹)

Farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda ekmeklik buğdayda vejetatif ağırlıktaki değişim seyri Şekil 4.14'te yer almaktadır. Grafik incelendiğinde gerek kontrol gerekse farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilen değerler zamana bağlı sürekli artış göstermiştir. Söz konusu artış su baskını sonrasında tüm uygulamalarda benzer seyir izlememiş olup, 7 ve 14 günlük su baskını uygulamasında söz konusu değerler kontrole göre uygulama başlangıcından sonraki 7 ve 14 güne kadar gittikçe daha düşük artış şeklinde gerçekleşmiş olmakla birlikte 28 günün sonunda her iki uygulama değerleri kontrol değerlerine oldukça yaklaşmıştır. Bu sonuçta her iki su baskını uygulamalarında uygulama sonrası iyileşme süresinin net bir yansımalarının olduğu düşünülmektedir. Verim ve verim öğeleri ile ilgili bulgular da bu düşüncemizi kuvvetlendirmektedir. 28 günlük su baskını uygulamasında ise su baskınının süresinin uzamasına bağlı gerek kontrol gerekse diğer uygulamalardan gittikçe geriye düşmüştür. Bu sonuçların oluşmasında su baskını süresine bağlı bitki gelişiminin gittikçe

yavaşlaması, sonrasında su baskını uygulamasının sonlandırılmasına rağmen bitkinin kendini toparlayamadığını göstermektedir.



Şekil 4.14. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin vejetatif ağırlıktaki değişim miktarları (g bitki⁻¹)

Su baskını uygulamasının başlaması öncesinde tespit edilmiş olan bitki vejetatif ağırlık değerleri başlangıç olarak kabul edilerek, farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilmiş değerlerinin zamana bağlı değişimleri farklı açıdan karşılaştırıp, zaman içindeki değişimlerinin oransal olarak gösterildiği değerlere Çizelge 4.50’de yer verilmiştir. Farklı süreler su baskını uygulamalarının tümünde başlangıç zamanına (ZGS 32) göre vejetatif ağırlığı zamana bağlı artış göstermiş (ZGS 34 ve ZGS 45), ZGS 60’a gelindiğinde artışın 7 günlük uygulamalarda aynı şekilde devam ettiği, 14 ve 28 günlük su baskını uygulamasında ise önceki dönemler kadar olmasa da bir miktar sürdüğü saptanmıştır. Diğer taraftan, kontrol uygulamasında ise aksine bir miktar azalma tespit edilmiştir (A sütunları). Farklı su baskını uygulamalarına ait değişik bitki gelişme dönemlerindeki vejetatif ağırlıktaki değerlerinin (ZGS 34, 45 ve 60) başlangıç değeri (ZGS 32) ile mukayese edildiği B sütunu değerlerine bakıldığında, ZGS 45 döneminde (ilk örneklemeden 14 gün sonra) tüm uygulamalarda başlangıca göre önemli oranda artışın gerçekleştiği, ancak ZGS 60 (ilk örneklemeden 28 gün sonra) döneminde söz konusu artışın sadece 7 günlük su baskını uygulamasında devam ettiği, diğer uygulamalarda ise hemen hemen durduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç; 7 günlük su baskını

uygulamasının bitkide stresten çok büyümeyi teşvik ettiği sonucunu doğurmaktadır. Kontroldeki az da olsa düşüş ise bu dönemde yaprakta yer alan ve yapı oluşturmayan asimilatların başağa transfer edilmiş olabileceğini göstermektedir. Ölçümlerin yapıldığı her bir gelişme dönemi değerlerinin kendi içindeki kontrol değeri ile karşılaştırmasının yapıldığı C sütunu değerlerine bakıldığında, ZGS 60 dönemine gelindiğinde her üç su baskını uygulamasında başlangıç dönemi (ZGS 32) kontrol değerlerine göre vejetatif ağırlığın oransal değerlerini arttırdıkları tespit edilmiştir. Bu artışın -7 günlük uygulama hariç- diğerlerinde bir yandan fotosentezle üretilen asimilatların taşınacağı yeni organların teşekkülünün kontrol uygulamasına göre yavaş gerçekleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 7 günlük uygulamada ise, bir yandan kısa süreli su baskınına bağlı bitki gelişiminin kontrole göre daha yüksek gerçekleşmesi, diğer taraftan yaşlanmanın daha geç başlaması (Şekil 4.1) yaprakta daha fazla asimilat birikmesine neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.50. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin bitki vejetatif ağırlık değişim oranları (%)

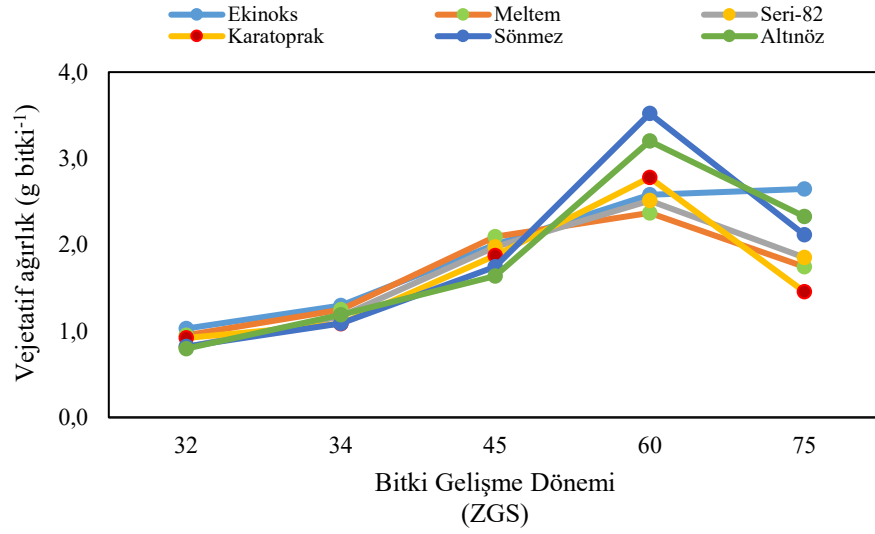
Su Baskını Süresi	ZGS	32		34		45			60		
		A	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Kontrol		0.0	0.0	41.2	0.0	72.8	144	0.0	34.4	228	0.0
7 Gün		0.0	0.2	27.4	-9.5	59.0	103	-16.7	57.8	220	-2.2
14 Gün		0.0	-1.0	28.1	-10.2	53.9	97	-20.0	58.2	212	-5.8
28 Gün		0.0	-12.6	26.1	-21.9	66.5	110	-24.7	37.2	188	-23.1

A: Başlangıç (sıfırcı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değer kendi içinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değer kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmada yer alan çeşitlerde de zamana bağlı bitki vejetatif ağırlık miktarı artış göstermiş olmakla birlikte, söz konusu artış başlangıçta çeşitler arasında benzer seyretmesine karşın, özellikle ilk örneklemeden 14 gün sonra farklılaşmalar başlamış ve 28. Günde en üst düzeye ulaşmıştır. Sonraki süreçte ise tüm çeşitlerde azalma meydana gelmiştir. Söz konusu azalma, tüm çeşitlerde dane dolum döneminin başladığı dönem olduğu için bitki vejetatif aksamındaki kuru maddenin daneye taşınmasından kaynaklanmıştır. (Şekil 4. 15.).



Şekil 4.15. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre bitki vejetatif ağırlıktaki değişim (g bitki⁻¹)

Çeşitlerin vejetatif ağırlık miktarının zamana bağlı değişimin karşılaştırmalı izlenebildiği Çizelge 4.51 incelendiğinde, her bir dönem değerlerinin bir önceki dönemindeki ile kıyaslaması A sütunu, her bir dönem değerlerinin başlangıca göre değişiminin izlenmesi B sütununda yer almaktadır. A sütunu değerleri incelendiğinde, değişimin su baskını uygulamasının 7. gününde (ZGS 34) başlangıca (ZGS 32) göre ortalama %49.1 ile %17.8 aralığında artış şeklinde gerçekleştiği, 14. günde (ZGS 45) ise tüm çeşitlerde değişen oranlarda artış eğiliminin hızlanarak devam ettiği ancak Altınöz'deki artışın daha yavaş olduğu, ancak söz konusu çeşidin asıl artışı Sönmez ile birlikte 28. günde gerçekleştirdiği saptanmıştır. B sütunu değerleri incelendiğinde başlangıca (ZGS 32) göre 28 günün sonunda (ZGS 60) yaprak kuru madde miktarında en fazla artış sırasıyla Sönmez (%329), Altınöz (%302), Seri-82 (%208) ve Karatoprak (%202) şeklinde gerçekleşirken, en az artış Meltem (%149) ve Ekinoks'da (%150) kaydedilmiştir.

Çizelge 4.51. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre vejetatif ağırlık miktarları değişim oranları (%)

Çeşitler	ZGS	32	34	45		60	
		A	A	A	B	A	B
Ekinoks		0.0	25.9	54.3	94	28.9	150
Meltem		0.0	31.1	67.7	120	13.2	149
Seri-82		0.0	43.8	68.8	143	27.1	208
Karatoprak		0.0	17.8	73.1	104	48.2	202
Sönmez		0.0	32.6	60.2	112	101.9	329
Altınöz		0.0	49.1	37.9	106	95.5	302

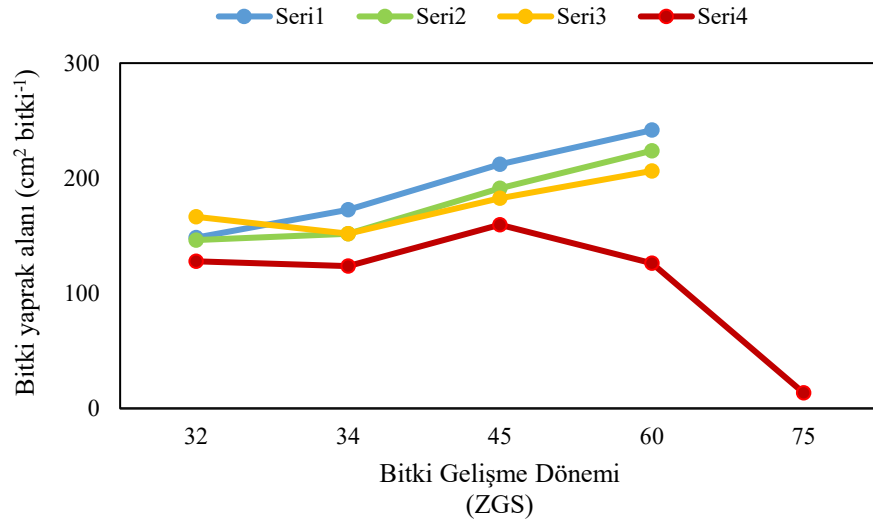
A: Başlangıç (sıfıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değerin kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değerin kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

4.2.8. Bitki Yaprak Alanı (cm² bitki⁻¹)

Farklı sürelerle uygulanan su baskını stresi sonucunda ekmeklik buğdayda bitki yaprak alanı değişim seyri Şekil 4.16'da yer almaktadır. Şekil incelendiğinde gerek kontrol gerekse farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilen değerler zamana bağlı sürekli artış göstermiş olmakla birlikte kontroldeki artış genel olarak daha yüksek ve daha istikrarlı gerçekleşmiştir. Diğer su baskını uygulamalarında 7. günde yaprak alan değerleri başlangıç değerlerine göre herhangi bir değişim göstermemişken, 7. günden sonra kontrol ile aynı oranda artış değerleri sergilemişlerdir. Söz konusu artış değerleri 7 günlük su baskını uygulamasında 14 günlüğe göre daha hızlı gerçekleşmiştir. 28 günlük su baskını uygulamasında ise uygulama sona erdiğinde bitki başaklanma dönemine geldiğinden ve ayrıca setresin süresi uzunluğuna bağlı bitki alt yapraklarında kurumaların diğer uygulamalara göre daha hızlı gerçekleşmesine bağlı 14 günden sonra yaprak alanında düşüş meydana gelmiştir. Yirmi sekiz günlük su baskını uygulamasındaki bu sonuç gerek vejetatif ağırlık ve gerekse bitki dane verimi özelliklerindeki verilerle oldukça benzerlik göstermiştir.



Şekil 4.16. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin bitki yaprak alanı değişimi (cm² bitki⁻¹)

Su baskını uygulamasının başlaması öncesinde tespit edilmiş olan bitki yaprak alanı değerleri başlangıç olarak kabul edilerek, farklı süreler su baskını uygulamalarından elde edilmiş değerlerinin zamana bağlı değişimleri farklı açıdan karşılaştırıp, zaman içindeki değişimlerinin oransal olarak gösterildiği değerlere Çizelge 4.52’de yer verilmiştir. Farklı süreler su baskını uygulamalarının tümünde başlangıç zamanına (ZGS 32) göre bitki yaprak alanı zamana bağlı artış göstermiş (ZGS 34 ve ZGS 45), ZGS 60’a gelindiğinde artışın 28 günlük su baskını uygulaması dışında azalan hızda da olsa devam ettiği saptanmıştır. 28 günlük su baskını uygulamasında ise 14. Günü sonunda bitki yaprak alanında azalma meydana gelmeye başlamış, azalış 28. Günden sonra daha da hızlanmıştır (A sütunları).

Farklı su baskını uygulamalarına ait değişik bitki gelişme dönemlerindeki bitki yaprak alanı değerlerinin (ZGS 34, 45 ve 60) başlangıç değeri (ZGS 32) ile mukayese edildiği B sütunu değerlerine bakıldığında, ZGS 45 döneminde (ilk örneklemeden 14 gün sonra) tüm uygulamalarda başlangıca göre değişen oranlarda da olsa önemli artışın gerçekleştiği, ancak ZGS 60 (ilk örneklemeden 28 gün sonra) döneminde söz konusu artışın sadece 28 günlük su baskını uygulamasında devam etmediği gibi, ciddi oranda azalmanın meydana geldiği, diğer uygulamalarda ise artışın devam ettiği tespit edilmiştir. Bu sonuç; 28 günlük su baskını uygulamasının bitkide çok ciddi strese neden olduğu ve buna bağlı bir yandan yeni yaprak oluşturma ve oluşan yaprağın büyümesinin

sınırlandığı, diğer yandan strese bağlı yaşlanmanın tetiklenmesi ve bunun sonucunda özellikle alt yapraklarda yaşlanma ve sararmanın hızlanması ve buna bağlı kurumanın meydana gelmesini tetiklemiştir. Ölçümlerin yapıldığı her bir gelişme dönemi değerlerinin kendi içindeki kontrol değeri ile karşılaştırmasının yapıldığı C sütunu değerlerine bakıldığında, ZGS 60 dönemine gelindiğinde her üç su baskını uygulamasında başlangıç dönemi (ZGS 32) kontrol değerlerine göre bitki yaprak alanı değerlerinde oransal olarak önemli düşüşlerin, yani kısacası bitki yeşil alan gelişiminin yavaşlamasının söz konusu olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.52. Değişik su baskını sürelerine göre altı buğday çeşidinin bitki yaprak alanı değişim oranları (%)

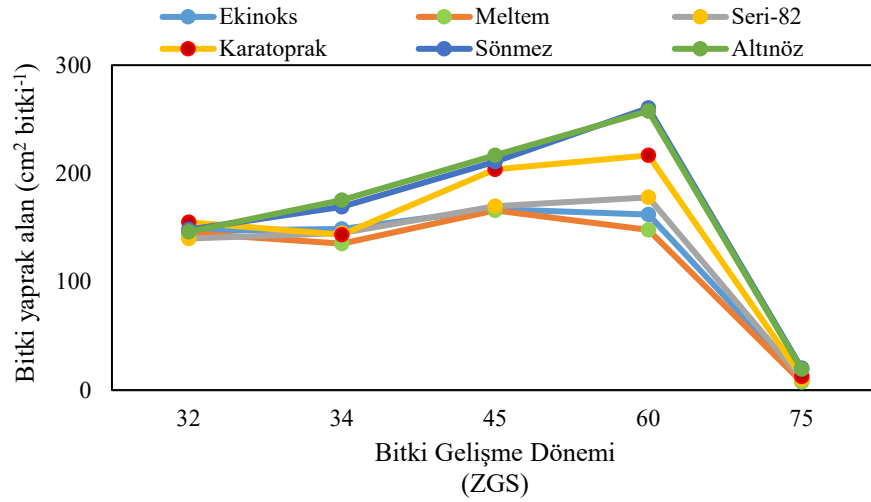
Su Baskını Süresi	ZGS	32		34		45			60		
		A	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Kontrol		0.0	0.0	16.4	0.0	22.8	42.9	0.0	14.0	62.9	0.0
7 Gün		0.0	-1.4	3.8	-12.1	25.9	30.7	-9.8	17.1	53.1	-7.4
14 Gün		0.0	12.1	-8.7	-12.1	20.3	9.8	-13.9	13.0	24.0	-14.6
28 Gün		0.0	-14.0	-3.2	-28.4	29.1	25.0	-24.8	-21.0	-1.3	-47.9

A: Başlangıç (sıfıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değerin kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değerin kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmada yer alan çeşitlerde de zamana bağlı bitki yaprak alanında artış meydana gelmiş olmakla birlikte, söz konusu artış başlangıçtan itibaren önemli düzeyde farklılaşarak ZGS 60'a (başaklanma) kadar devam etmiştir. Sonraki dönemlerde ise tüm çeşitlerde sürekli azalma saptanmıştır (Şekil 4. 17).



Şekil 4.17. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre bitki yaprak alanı değişimi ($\text{cm}^2 \text{bitki}^{-1}$)

Çeşitlerin yaprak alanının zamana bağlı değişimin karşılaştırmalı izlenebildiği Çizelge 4.53 incelendiğinde, her bir dönem değerlerinin bir önceki dönemindeki ile kıyaslaması A sütunu, her bir dönem değerlerinin başlangıca göre değişiminin izlenmesi B sütununda yer almıştır. A sütunu değerleri incelendiğinde, değişimin su baskını uygulamasının 7. gününde (ZGS 34) başlangıca (ZGS 32) göre Karatoprak ve Meltem çeşidi hariç- ortalama %20.1 ile %1.2 aralığında artış şeklinde gerçekleştiği, 14. günde (ZGS 45) ise tüm çeşitlerde değişen oranlarda da olsa artış eğiliminin devam ettiği ancak Meltem'deki artışın (%42.0) şiddetli olduğu saptanmıştır. B sütunu değerleri incelendiğinde başlangıca (ZGS 32) göre 28 günün sonunda (ZGS 60) bitki yaprak alanında en fazla artış sırasıyla Altınöz (%76.3), Sönmez (%75.6), Karatoprak (%39.8) ve Seri-82 (%27.0) şeklinde gerçekleşirken, en az artış Meltem (%1.9) ve Ekinoks'ta (%10.1) kaydedilmiştir. Son iki çeşidin söz konusu dönemde strese bağlı yüksek oranda yeşil alan kaybı yaşadığı, dolayısıyla dane dolum dönemine oldukça olumsuz koşullarda girdikleri tespit edilmiştir. Gerçekten de bunun olumsuz yansıması tek başak dane verimi değerlerine bakıldığında çok net anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.53. Altı farklı buğday çeşidinin değişik su baskını sürelerine göre bitki yaprak alanı değişim oranları (%)

Çeşitler	ZGS	32	34	45		60	
		A	A	A	B	A	B
Ekinoks		0.0	1.2	12.2	13.5	-3.0	10.1
Meltem		0.0	-6.8	22.7	14.4	-10.9	1.9
Seri-82		0.0	3.5	17.2	21.3	4.7	27.0
Karatoprak		0.0	-7.4	42.0	31.5	6.3	39.8
Sönmez		0.0	14.0	24.6	42.1	23.6	75.6
Altınöz		0.0	20.1	23.5	48.3	18.9	76.3

A: Başlangıç (sıfırıncı gün) değerleri ile o anki değerler arasındaki ağırlık değişim oranı (%)

B: Her bir değer kendisinde önceki değere göre değişim oranı (%)

C: O anki her bir değer kendi kontrol değerleri ile arasındaki değişim oranı (%)

Çalışmamızın sonuçlarından farklı olarak, Fraghi ve Galeshi (2022) tarafından tarla koşullarında yürütülen çalışmada, 20 farklı buğday çeşidine 15 gün süreyle su baskını stresi uygulanmış ve stres koşullarında yaprak alanı değerlerinin kontrol koşullarına kıyasla belirgin bir şekilde azaldığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Jiang ve ark. (2022) tarafından gerçekleştirilen bir başka tarla denemesinde, 28 buğday çeşidine bitkiler üç yapraklı dönemdeyken 15 gün süreyle su baskını stresi uygulanmış ve yaprak alanı değerlerinin stres koşullarından olumsuz etkilendiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.54. Bazı ekofizyolojik özellikler ile verim ve öğeleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

	BsV	BsBio	TV	Bio	QyCi	YSİ	YOSİ	SYAL	SYAg	VEJA	ByAl	YKM
BsBio	.832 ***											
TV	.925 ***	.710 ***										
Bio	.811 ***	.797 ***	.912 ***									
QyCi	.252 *	.149	.281 *	.228								
YSİ	.032	.152	-.086	-.027	-.079							
YOSİ	.146	.185	.102	.094	.039	.436 ***						
SYAL	-.160	-.121	-.252 *	-.265 *	-.101	.797 ***	.157					
SYAg	.098	.064	.197	.193	.109	-.896 ***	-.185	-.899 ***				
VEJA	.580 ***	.771 ***	.512 ***	.638 ***	.085	.166	.298 *	-.174	.098			
ByAl	.685 ***	.808 ***	.657 ***	.763 ***	.117	.168	.305 **	-.130	.070	.871 ***		
YKM	-.047	-.209	.080	.029	.144	-.732 ***	-.429 ***	-.682 ***	.540 ***	-.233 *	-.224	
SPAD	.233 *	.093	.291 *	.205	.463 ***	-.012	.113	-.028	.058	.212	.130	.055

***): 0.0001; **): 0.001 ve *): 0.05 seviyesinde önemli

4.3. Biyokimyasal Analizler

Çalışmada altı adet buğday çeşidine su baskını stresi, 7, 14 ve 28 gün süreyle uygulanmıştır. Yedi günlük stres grubunda, deneme planına uygun olarak yedinci günün sonunda su tahliye edilmiştir. Benzer şekilde, 14 ve 28 günlük stres gruplarında da 14. ve 28. günün sonunda tahliye işlemi gerçekleştirilmiştir.

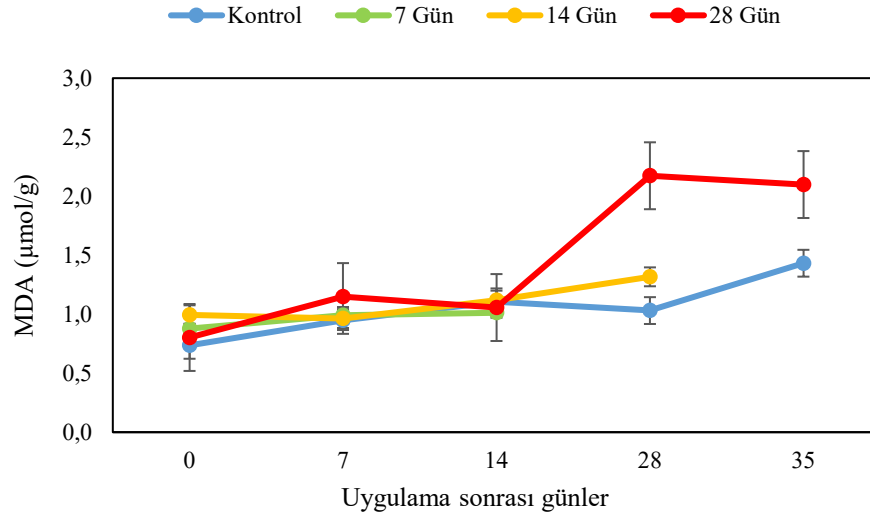
Nicel verilerin eldesi için yapılan bitki örneklemeleri, kontrol gruplarında ve tüm stres sürelerinde düzenli olarak alınmış, ayrıca her stres grubunda suyun tahliyesinden sonraki yedinci günde de örnekleme yapılmıştır. Suyun tahliyesi sonrası yapılan örneklemeler, stresin ortadan kalkmasının ardından bitkilerde herhangi bir toparlanma olup olmadığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında yürütülen tüm biyokimyasal analizlerde, altı adet buğday çeşidine 0 (kontrol), 7, 14 ve 28 gün süreyle uygulanan su baskını stresinin etkileri ile stres süreleri tamamlandıktan sonraki yedinci gün elde edilen toparlanma verileri değerlendirilmiştir.

4.3.1. Oksidatif Stres Göstergeleri

4.3.1.1. Malondialdehit (MDA) ($\mu\text{mol g}^{-1}$)

Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Malondialdehit (MDA) miktarının değişim seyri Şekil 4.18’de gösterilmiştir. MDA, oksidatif stresin bir göstergesi olup lipid peroksidasyon ürünlerinden biridir ve stres koşulları altında hücresel zarar düzeyini yansıtmaktadır.



Şekil 4.18. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Malondialdehit (MDA) aktivitesinin değişim seyri

Kontrol ve 7 günlük stres grubunda malondialdehit (MDA) seviyeleri, stres süresi boyunca düşük ve istikrarlı bir seyir izlemiştir. 14 günlük stres grubunda ise MDA içeriğinin, kontrol grubuna kıyasla hafif bir artış gösterdiği ancak genellikle tolerans sınırları içinde kaldığı belirlenmiştir. En dikkat çekici değişimin ise 28 günlük stres grubunda meydana geldiği ve bu grupta MDA seviyesinin maksimum düzeye ulaştığı ve oksidatif stresin lipid peroksidasyonu üzerindeki etkisinin en yüksek seviyeye çıktığı tespit edilmiştir. Bu durum, uzun süreli su baskını stresine karşı oksidatif savunma mekanizmalarının yetersiz kaldığının ve hücrel zarar düzeyinin önemli ölçüde arttığının bir ifadesidir.

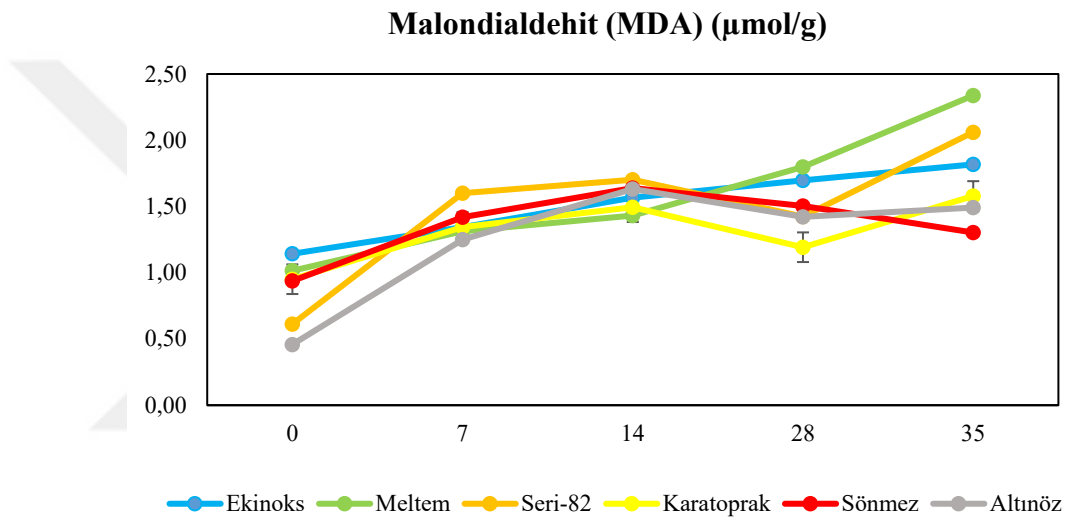
Çalışma bulguları, su baskını süresinin uzamasıyla birlikte oksidatif stresin biyokimyasal bir göstergesi olan MDA seviyesinin özellikle uzun süreli stres gruplarında belirgin şekilde arttığını ortaya koymuştur.

Katerova ve ark. (2021) tarafından sera koşullarında yürütülen bir çalışmada, 17 günlük buğday bitkilerine 7 gün süreyle su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, stres koşullarında MDA aktivitesinin kontrol koşullarına kıyasla arttığı belirlenmiş olup, bu durum araştırma bulgularımızla uyumlu olmuştur.

Ayrıca, Li ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada, buğday bitkilerine biri kontrol olmak üzere yarı ve tam su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, tam su baskını koşullarında MDA aktivitesinin, yarı su baskını ve kontrol koşullarına kıyasla

önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, araştırma sonuçlarımızla uyumlu olup, su baskını şiddetinin oksidatif stres seviyesini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı olarak Malondialdehit (MDA) seviyelerindeki değişim Şekil 4.19’da sunulmuştur. Su baskını süresine bağlı olarak MDA seviyelerinde gözlemlenen farklılıklar, lipid peroksidasyonu yoluyla hücresel zar hasarını yansıtmakta ve buğday çeşitlerinin oksidatif strese karşı geliştirdiği yanıtların değerlendirilmesi açısından önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır.



Şekil 4.19. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Malondialdehit (MDA) aktivitesi değişim seyri

Grafikte, altı farklı buğday çeşidinin artan su baskını sürelerine bağlı olarak Malondialdehit (MDA) aktivitesinde meydana gelen değişimler görülmektedir. MDA, hücresel zar hasarının bir göstergesi olup, oksidatif stresin artışıyla birlikte genellikle yükselmektedir.

Çeşitler su baskınına benzer tepkiler vermelerine rağmen belirli noktalarda farklı eğilimler göstermiştir. Seri-82 ve Altınöz başlangıçta düşük MDA seviyelerine sahipken, 7. güne kadar belirgin bir artış sergilemiş, 14. gün itibarıyla plato eğilimi göstermiş ve 28. ile 35. günlerde tekrar yükselmiştir. Bu durum, uzun süreli su baskınına karşı oksidatif stresin arttığını göstermektedir. Karatoprak ise 14. günde zirve noktasına ulaştıktan sonra

28. gün itibarıyla hafif bir düşüş eğilimi sergileyerek diğer çeşitlerden farklı tepki sergilemiştir. Altınöz, en düşük başlangıç seviyesine sahip olmasına rağmen 7. ve 14. günlerde diğer çeşitlerle benzer bir artış göstermiş, ancak 14. günden sonra belirgin bir düşüş sergileyerek 28. ve 35. günlerde sınırlı bir yükseliş göstermiştir. Bu durum, Altınöz'ün uzun süreli su baskını stresine karşı nispeten daha toleranslı olabileceğini düşündürmektedir.

Genel olarak, 0-7. günler arasında tüm çeşitlerde MDA seviyelerinde belirgin bir artış görülmüş, 14. günde bazı çeşitler zirve yaparken bazıları plato eğilimi göstermiştir. 28. günde farklılaşmalar daha belirgin hale gelmiş, Karatoprak, Sönmez ve Altınöz'de hafif bir düşüş gözlenirken diğer çeşitlerde artış eğilimi devam etmiştir. 35. günde ise Ekinoks, Meltem ve Seri-82 en yüksek MDA seviyelerine ulaşırken, diğer çeşitlerde görece daha düşük seviyelerde artış kaydedilmiştir.

Sonuç olarak, uzun süreli su baskını tüm çeşitlerde oksidatif stresi artırmış, ancak çeşitler arasında farklı duyarlılık seviyeleri gözlenmiştir. Ekinoks, Meltem ve Seri-82, en yüksek MDA seviyelerine ulaşarak daha fazla oksidatif stres belirtisi gösterirken, Sönmez nispeten daha düşük MDA seviyeleriyle görece toleranslı bir tepki sergilemiştir. Bu farklılıklar, çeşitlerin su baskını stresine karşı genetik olarak farklı oksidatif stres yanıtları verebildiğini göstermektedir.

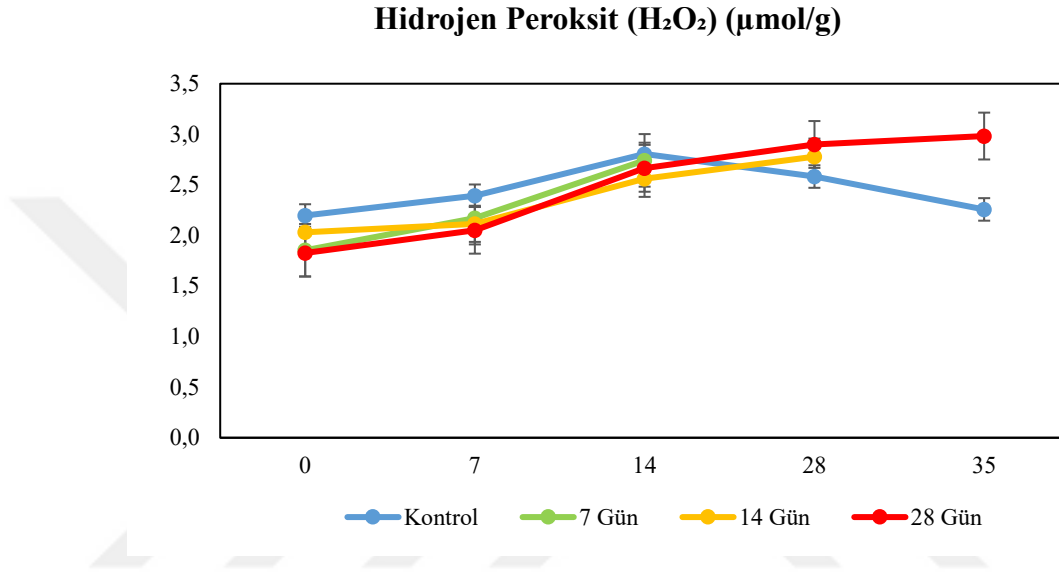
Yu ve ark. (2017) biri duyarlı diğeri toleranslı olmak üzere iki buğday çeşidine saksı koşullarında 7 gün süreyle su baskını stresi uygulamış ve araştırma bulgularımızdan farklı olarak MDA aktivitesinin her iki çeşitte de benzer şekilde arttığını belirtmişlerdir.

Ma ve ark. (2022) ise saksı denemesinde, çiçeklenme döneminde iki buğday çeşidine 7 gün süreyle su baskını uygulamış ve çalışmaları sonucunda, araştırma bulgularımızla uyumlu olarak stres koşullarında MDA içeriğinin kontrol koşullarına göre arttığını ve bu artışın çeşitlere göre farklılık gösterdiğini saptamışlardır.

Benzer şekilde, Xu ve ark. (2022) su baskını stresinin tahıllar üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, arpa ve buğday bitkilerine saksı koşullarında 15 gün süreyle su baskını uygulamış ve stresin her iki türde de MDA içeriğini önemli düzeyde artırdığını ifade etmişlerdir.

4.3.1.2. Hidrojen Peroksit (H₂O₂) (μmol g⁻¹)

Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Hidrojen peroksit (H₂O₂) aktivitesinin değişim seyri Şekil 4.20’de sunulmuştur. H₂O₂, oksidatif stresin önemli bir belirteci olup, bitkilerin stres koşulları altında reaktif oksijen türleri (ROS) üretimini ve buna bağlı olarak geliştirdiği savunma yanıtlarını yansıtmaktadır.



Şekil 4.20. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarının değişim seyri

Stres gruplarının H₂O₂ seviyelerindeki değişimler incelendiğinde, 14. güne kadar tüm stres gruplarının benzer tepkiler verdiği ve bu süreçte H₂O₂ aktivitesinde sürekli bir artış meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durum, stres gruplarında 14. güne kadar su baskınına karşı etkin bir tolerans mekanizması geliştirilemediğini göstermektedir. 14. günden itibaren kontrol grubunun stres koşullarına karşı bir tolerans mekanizması geliştirdiği ve bu mekanizmanın ilerleyen günlerde de korunduğu belirlenmiştir. Ancak 14 ve 28 günlük stres gruplarında H₂O₂ aktiviteleri artmaya devam etmiş ve bu durum, uzun süreli stres koşulları altında hücrel oksidatif stresle mücadelede yetersizlik yaşandığını ortaya koymuştur.

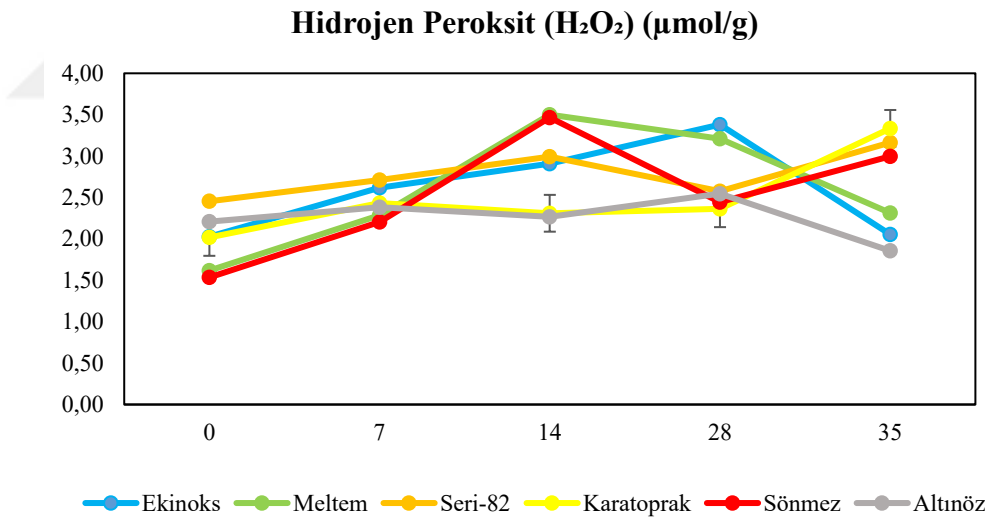
H₂O₂ içeriğindeki değişimler, su baskını stresine maruz kalma süresine bağlı olarak oksidatif stres yanıtlarının dinamik bir süreç izlediğini göstermektedir.

Katerova ve ark. (2021) tarafından sera koşullarında yürütülen bir çalışmada, 17 günlük buğday bitkilerine 7 gün süreyle su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışma

sonucunda, stres koşullarında H_2O_2 aktivitesinin kontrol koşullarına kıyasla arttığı belirlenmiş olup, bu durum araştırma bulgularımızla uyumlu olmuştur.

Ayrıca, Li ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada, buğday bitkilerine biri kontrol olmak üzere yarı ve tam su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, tam su baskını koşullarında H_2O_2 aktivitesinin, yarı su baskını ve kontrol koşullarına kıyasla önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, araştırma sonuçlarımızla uyumlu olup, su baskını şiddetinin oksidatif stres seviyesini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı olarak hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarındaki değişim seyri Şekil 4.21’de sunulmuştur. Çalışma bulguları, su baskını stresinin incelenen buğday çeşitlerinde H_2O_2 seviyelerinde önemli farklılıklara yol açtığını ortaya koymaktadır. H_2O_2 , oksidatif stresin temel belirteçlerinden biri olup, bitkilerin çevresel stres koşullarına karşı geliştirdiği yanıtların değerlendirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.



Şekil 4.21. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Hidrojen peroksit (H_2O_2) aktivitesi değişim seyri

Grafikte, altı farklı buğday çeşidinin artan su baskını süresine bağlı olarak hidrojen peroksit (H_2O_2) aktivitesinde meydana gelen değişim gösterilmektedir. Genel olarak,

tüm çeşitlerde su baskını süresinin artmasıyla birlikte H₂O₂ seviyelerinde bir artış gözlemlenmiştir. Ancak, bu değişim çeşide bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Ekinoks ve Seri-82 çeşitleri benzer bir tepki vererek, su baskını stresinin başlangıcında H₂O₂ aktivitelerinde kademeli bir artış göstermiş ve 14. günde maksimum seviyeye ulaşmıştır. Bu noktadan sonra, özellikle 28. gün itibarıyla değerlerde azalma eğilimi görülmüştür. Karatoprak ve Meltem çeşitleri ise benzer bir trend sergileyerek başlangıçta daha keskin bir artış göstermiş, ancak yine 14. gün itibarıyla en yüksek seviyeye ulaştıktan sonra düşüş eğilimine girmiştir. Meltem ve Sönmez çeşitlerinin H₂O₂ seviyelerindeki dalgalanma daha belirgin olurken, Altınöz çeşidinde daha dengeli bir azalma gözlenmiştir.

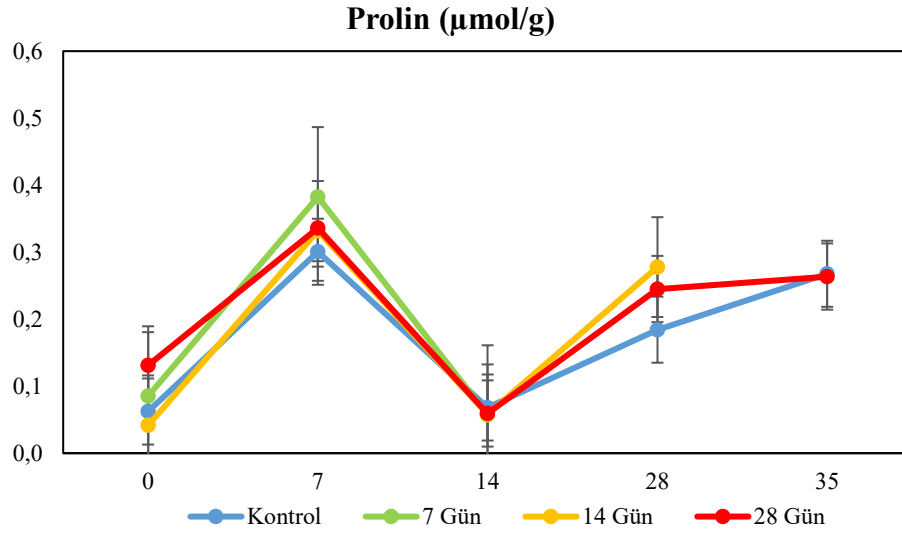
Genel olarak değerlendirildiğinde, tüm çeşitlerde (Karatoprak ve Altınöz hariç) su baskını süresinin uzamasıyla birlikte 14. güne kadar H₂O₂ seviyelerinde bir artış meydana gelmiş, ardından bazı çeşitlerde (Sönmez, Seri-82) belirgin bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durum, 14. gün itibarıyla antioksidan savunma mekanizmalarının devreye girdiğini ve bazı çeşitlerin daha etkin bir şekilde H₂O₂ seviyelerini düşürebildiğini göstermektedir. Çeşitler arasında görülen farklılıkların, su baskını stresine karşı çeşitlerin sahip olduğu farklı metabolik ve fizyolojik tepkilerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Yu ve ark. (2017) biri duyarlı diğeri toleranslı olmak üzere iki farklı buğday çeşidini kullanarak saksı koşullarında 7 gün boyunca su baskını stresi uygulamış ve araştırma bulgularımızla uyumlu olarak, H₂O₂ aktivitesinin her iki çeşitte farklı seviyelerde arttığını tespit etmişlerdir.

4.3.2. Antioksidan Savunma Sistemleri

4.3.2.1. Prolin (μmol g⁻¹)

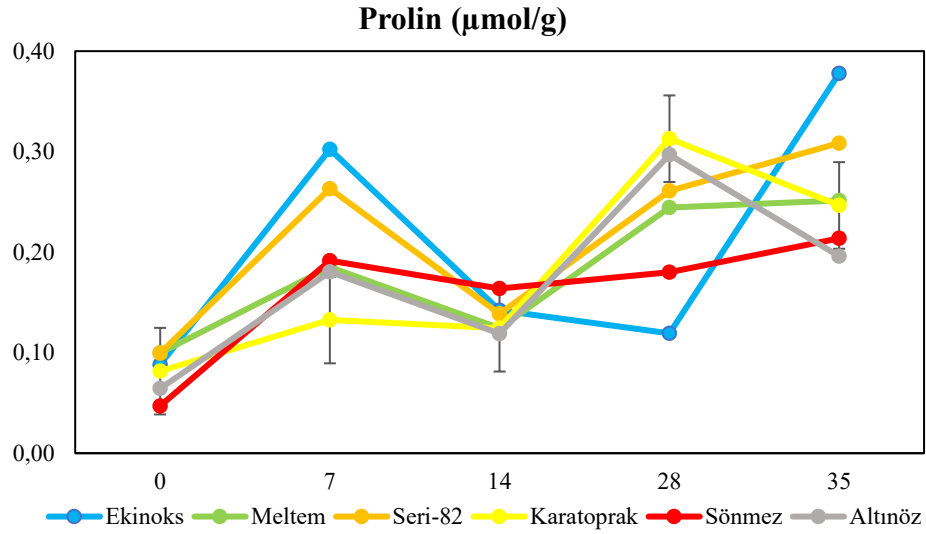
Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Prolin miktarının değişim seyri Şekil 4.22’de sunulmuştur. Prolin, bitkilerde abiyotik stres koşullarına karşı osmotik düzenleyici ve stres belirteci olarak görev yapmakta olup, stres toleransının artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 4.22. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Prolin miktarının değişim seyri

Grafik verileri incelendiğinde, tüm stres gruplarının artan stres sürelerine karşı benzer tepkiler sergilediği görülmektedir. Tüm gruplarda, 7. günde prolin miktarlarında hızlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, strese karşı erken dönemde bir tolerans mekanizması geliştiğini düşündürmektedir. Ancak, 14. günde prolin miktarlarında ani düşüşler meydana gelerek artan su baskını süresinin adaptasyon kapasitesini zorladığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, 28. günde tüm stres gruplarında prolin seviyelerinin yeniden arttığı tespit edilmiştir, bu da stres faktörüne karşı uzun vadeli bir tolerans mekanizmasının geliştiğini göstermektedir.

Çalışma sonuçları, su baskını stresinin süresi ve şiddetine bağlı olarak bitkilerin osmotik düzenleme kapasitelerinde önemli değişiklikler meydana geldiğini açıkça ortaya koymaktadır. Alizadeh-Vaskasi ve ark. (2018), üç farklı buğday çeşidinde kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 0, 7, 14 ve 21 gün süreyle su baskını stresi uygulamış ve araştırma bulgularımızdan farklı olarak, stres süresinin artmasıyla birlikte prolin miktarının doğrusal bir artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Katerova ve ark. (2021) tarafından sera koşullarında yürütülen bir çalışmada, 17 günlük buğday bitkilerine 7 gün süreyle su baskını stresi uygulanmış ve sonuçlar, stres koşullarında prolin miktarının kontrol grubu ile karşılaştırıldığında arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, araştırma sonuçlarımızla uyumlu bir eğilim sergilemektedir.



Şekil 4.23. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Prolin miktarı değişim seyri

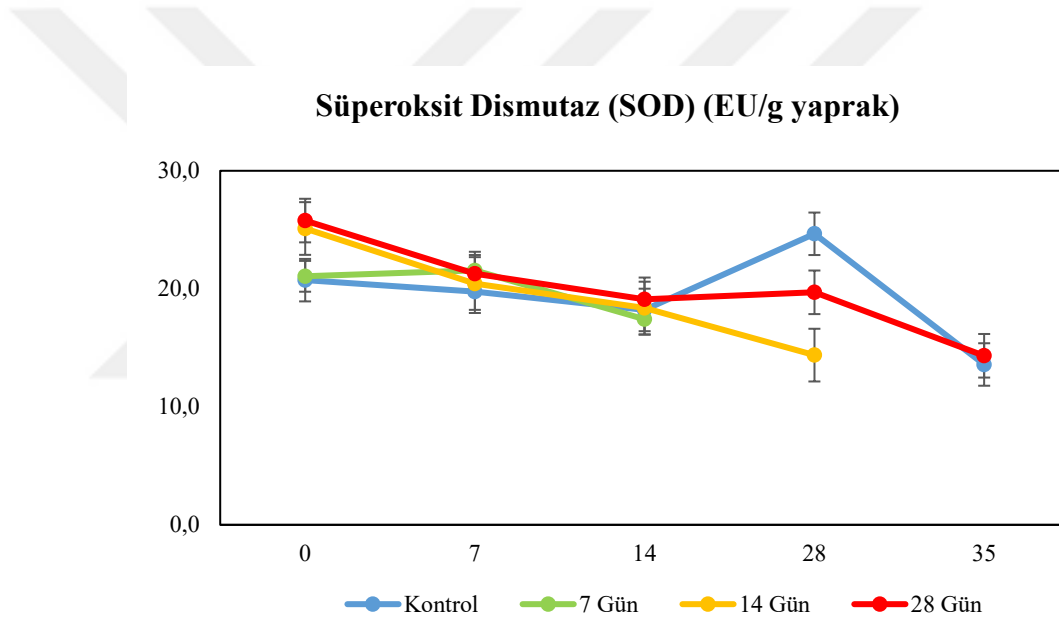
Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Prolin miktarı değişim seyri Şekil 4.23'te verilmiştir. Prolin, bitkilerin su baskını gibi abiyotik stres koşullarına karşı geliştirdiği önemli bir osmoregülatör ve antioksidan bileşiktir. Bitki dokularında birikimi, hücrel osmotik dengenin korunmasına ve serbest radikallere karşı savunma mekanizmalarının güçlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Çalışmada, su baskınına maruz kalan buğday çeşitleri arasında prolin birikimi açısından Ekinoks ve Sönmez çeşitleri hariç diğer tüm çeşitlerde benzer dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Tüm çeşitlerde 7. günde artan prolin miktarının, 14. günde ani bir düşüş sergilediği belirlenmiştir. 28. günde ise prolin miktarının tekrar arttığı, ancak stres süresinin uzamasıyla birlikte azalma eğilimi gösterdiği saptanmıştır.

Tüm buğday çeşitlerinde su baskını stresi nedeniyle 7. günden itibaren belirgin bir prolin artışı meydana gelmiştir. Ancak 14. gün itibarıyla bu birikimde azalma gözlenmiş, ilerleyen süreçte ise prolin seviyelerinin tekrar yükseldiği belirlenmiştir. Bu bulgular, bitkilerin stresin erken dönemlerinde prolin sentezini artırarak hücrel osmoregülasyon ve antioksidan savunma mekanizmalarını devreye soktuğunu göstermektedir. Bununla birlikte, stres süresinin uzamasıyla birlikte adaptasyon süreçlerinin etkisiyle prolin seviyelerinin çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiği ve dalgalı bir seyir izlediği tespit edilmiştir.

Yu ve ark. (2017) biri su baskını stresine duyarlı, diğeri ise toleranslı olmak üzere iki farklı buğday çeşidini saksı koşullarında 7 gün süreyle su baskını stresine maruz bırakmış ve prolin miktarı nezdinde her iki çeşidin de strese bağlı olarak farklı tepkiler sergilediğini belirtmişlerdir. Bu bulgu, araştırma sonuçlarımızla uyumlu olup, farklı buğday genotiplerinin su baskını stresine karşı farklı adaptasyon mekanizmaları geliştirdiğini göstermektedir.

4.3.2.2. Süperoksit Dismutaz (SOD) (EU g yaprak⁻¹)

Grafikte, farklı su baskını sürelerinin (kontrol, 7 gün, 14 gün, 28 gün) süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi üzerindeki etkisi gösterilmektedir.



Şekil 4.24. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi değişim seyri

Kontrol grubunda, enzim aktivitesi 14. güne kadar hafif bir azalma eğilimi göstermiş, ancak 14. günden 28. güne kadar ani bir artış sergilemiştir. 28. günün ardından ise enzim aktivitesinde belirgin bir düşüş yaşanmış ve minimum seviyelere ulaşmıştır.

Yedi günlük su baskınına maruz bırakılan gruplarda, stresin başlangıcında hızlı bir artış saptanırken, ilerleyen süreçte enzim aktivitesi hızla azalmış ve en düşük seviyelere gerilemiştir. 14 ve 28 günlük su baskınına maruz kalan gruplarda ise 14. güne kadar benzer ve sürekli bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Ancak 28. gün itibarıyla bu benzerlik

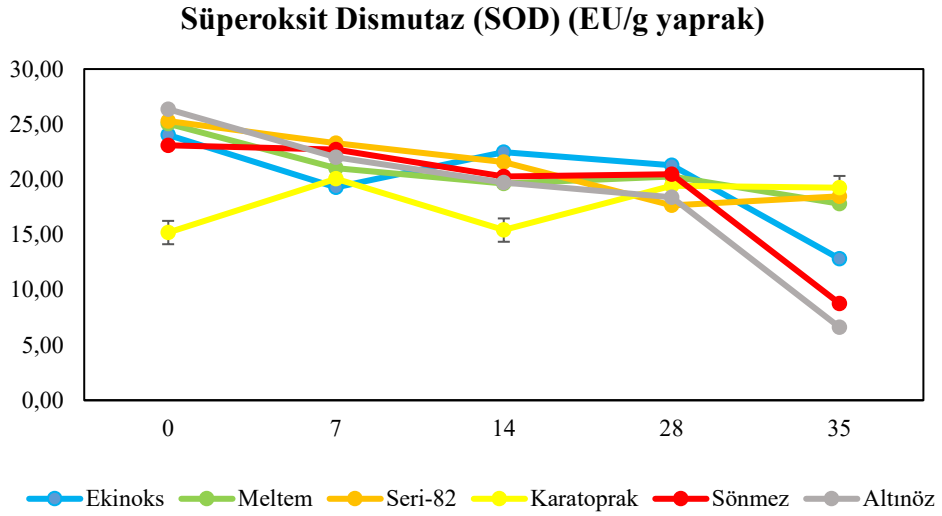
farklılaşmış; 14 günlük grupta azalma eğilimi devam ederken, 28 günlük grupta hafif bir artışın ardından enzim aktivitesinde bir durağanlık gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, SOD enzim aktivitesinin su baskını süresine bağlı olarak farklı tepkiler sergilediğini ve uzun süreli stres koşullarında enzim dinamiklerinde belirgin değişiklikler meydana geldiğini göstermektedir.

Balakhnina ve ark. (2010) bakla bitkisine 13 ve 27 gün süreyle su baskını stresi uygulamış ve araştırma sonuçlarının bulgularımızla uyumlu olarak, kısa süreli (13 gün) stres koşullarında SOD aktivitesinde belirli düzeyde artışlar meydana gelirken, uzun süreli (27 gün) stres koşullarında enzim aktivitesinde ciddi azalmaların gerçekleştiğini rapor etmişlerdir.

Alizadeh-Vaskasi ve ark. (2018) ise üç farklı buğday çeşidine kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 0, 7, 14 ve 28 gün süreyle su baskını stresi uygulamışlardır. Araştırma bulgularımızdan farklı olarak, bu çalışmada artan stres süresiyle birlikte SOD aktivitesinin sürekli bir artış eğilimi gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Malik ve ark. (2020) sera koşullarında üç farklı buğday çeşidine, bitkiler 15 günlükken 6 gün süreyle su baskını stresi uygulamışlardır. Stres periyodunun sonunda, bitkiler stres ortamından çıkarılarak 8. günde iyileşme kapasiteleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, SOD aktivitesinin stres koşullarında 2,27 EU g yaprak⁻¹ seviyesinde olduğu, ancak stresin ortadan kaldırılmasının ardından 3,15 EU g yaprak⁻¹ seviyesine yükseldiği rapor edilmiştir. Bu bulgu, SOD enziminin bitkilerin iyileşme sürecinde aktif rol oynadığını ve su baskını stresinden sonra enzim aktivitesinde artış gözlemlenebileceğini ortaya koymaktadır.

Katerova ve ark. (2021) tarafından sera koşullarında yürütülen bir başka çalışmada, 17 günlük buğday bitkilerine 7 gün süreyle su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, stres altındaki bitkilerde SOD aktivitesinin kontrol koşullarına kıyasla arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, SOD aktivitesinin su baskınına karşı bitkisel savunma mekanizmalarında önemli bir rol oynadığını ve bu yanıtın genotip ve stres süresine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.25. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi değişim seyri

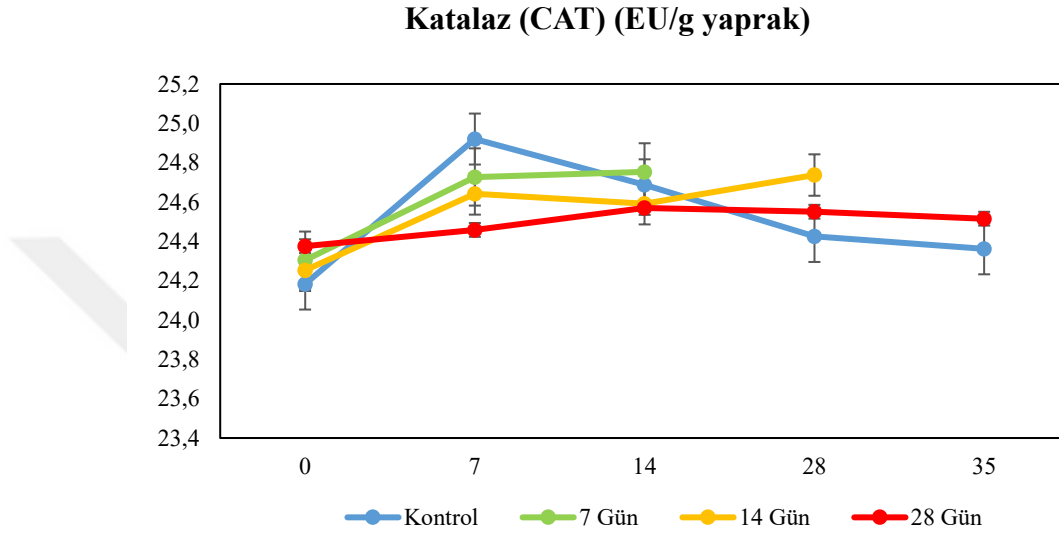
Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı olarak Süperoksit Dismutaz (SOD) enzim aktivitesi değişim seyri Şekil 4.25'te sunulmuştur. Su baskınının 7. gününde, Ekinoks, Meltem ve Altınöz çeşitleri, başlangıç değerlerine göre hızlı bir azalma göstererek benzer tepkiler sergilemişlerdir. Ekinoks ve Karatoprak çeşitleri hariç, diğer çeşitler 7. ve 14. gün arasında birbirine yakın tepkiler vermiş ve minimal bir azalma eğilimi göstermiştir.

Su baskınının 28. gününde, çeşitlerin SOD enzim aktivite miktarlarında belirgin kırılmalar gözlemlenmiş ve stres etkilerinin ortadan kaldırılmasına rağmen çeşitlerde adaptif tepki sağlanamamıştır. Stres süresi boyunca SOD enzim aktivitesinde en fazla dalgalanma Karatoprak çeşidinde yaşanmış; ancak stres süresinin sonunda en yüksek SOD enzim aktivitesi bu çeşitten elde edilmiştir.

Yu ve ark. (2017) biri su baskını stresine duyarlı, diğeri ise toleranslı olmak üzere iki farklı buğday çeşidini saksı koşullarında 7 gün süreyle su baskını stresine maruz bırakmışlardır. Çalışma sonucunda, her iki çeşitte de stres koşullarına bağlı olarak SOD aktivitesinde farklı seviyelerde azalmaların meydana geldiği belirlenmiştir. Bu bulgu, su baskını stresinin antioksidan savunma mekanizmaları üzerindeki olumsuz etkisini ortaya koymakta ve SOD aktivitesindeki değişimlerin genotipik farklılıklara bağlı olarak çeşitlere göre farklılık gösterebileceğini düşündürmektedir.

4.3.2.3. Katalaz (CAT) (EU g yaprak⁻¹)

Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Katalaz (CAT) enzim aktivitesi değişim seyri Şekil 4.26'da sunulmuştur. Su baskını sürelerinin CAT enzim aktivitelerinde belirgin farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.26. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Katalaz (CAT) enzim aktivitesi değişim seyri

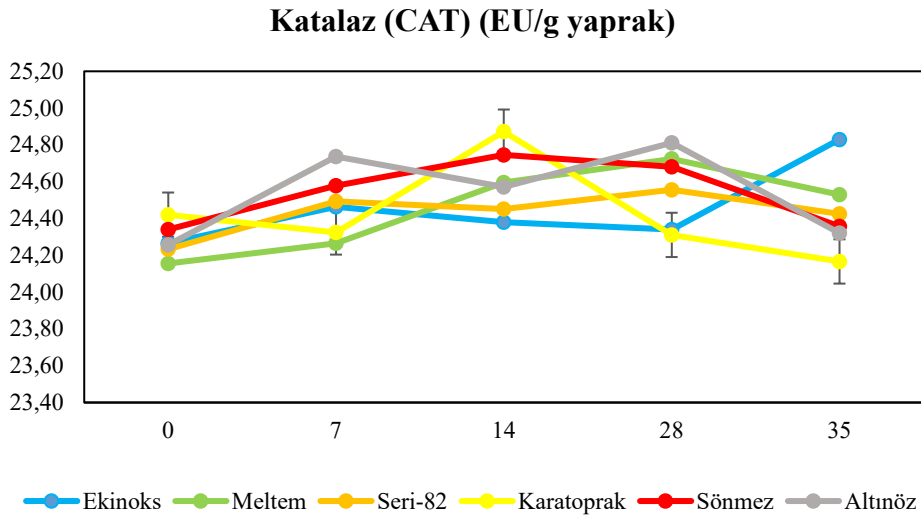
Stresin 7. gününde, 28 günlük stres grubu hariç tüm gruplarda ani bir artış belirlenmiştir (Şekil 4.26). 28 günlük stres süresinde CAT enzim aktivitesi 14. güne kadar minimal bir artış sergilemiş ve sonraki süreçte stabil bir seyir izlemiştir.

Kontrol ve 14 günlük stres gruplarında ise 7. günden itibaren CAT enzim aktivitelerinde hızlı bir düşüş meydana gelmiş, ancak 14 günlük stres grubunda ilerleyen süreçlerde tekrar artış kaydedilmiştir. Stres süresinin uzamasıyla en belirgin düşüş kontrol grubunda yaşanırken, bu azalmaların hiçbirinin başlangıç değerlerinin altına düşmediği kaydedilmiştir. Bu da bitkilerin belirli bir düzeyde savunma mekanizmalarını sürdürebildiğini ortaya koymaktadır.

Alizadeh-Vaskasi ve ark. (2018), üç farklı buğday çeşidinde kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 0, 7, 14 ve 28 gün süreyle su baskını stresi uygulamışlardır. Araştırma bulgularımızdan farklı olarak, bu çalışmada stres süresinin artmasıyla birlikte katalaz (CAT) aktivitesinde sürekli bir azalma eğilimi gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Malik ve ark. (2020) ise sera koşullarında üç farklı buğday çeşidini, bitkiler 15 günlük olduğunda 6 gün süreyle su baskını stresine maruz bırakmışlardır. Stres periyodunun sonunda bitkiler normal koşullara alınarak, 8. günde iyileşme kapasiteleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, CAT aktivitesinin stres koşullarında 1.63 EU g^{-1} yaprak seviyesinde olduğu, ancak stresin kaldırılmasının ardından 2.32 EU g^{-1} yaprak seviyesine yükseldiği belirlenmiştir. Bu bulgu, CAT enziminin bitkilerin iyileşme sürecinde aktif rol oynadığını ve su baskını stresinin sona ermesiyle birlikte enzim aktivitesinde artış gözlemlenebileceğini ortaya koymaktadır.

Buna ek olarak, Li ve ark. (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, buğday bitkilerine biri kontrol olmak üzere yarı ve tam su baskını stresi uygulanmıştır. Çalışma bulgularına göre, tam su baskını koşullarında CAT aktivitesinin, yarı su baskını ve kontrol gruplarına kıyasla önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, bitkilerin aşırı stres koşullarına karşı oksidatif savunma mekanizmalarını daha güçlü bir şekilde aktive ettiğini göstermektedir.



Şekil 4.27. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Katalaz (CAT) enzim aktivitesi değişim seyri

Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Katalaz (CAT) enzim aktivitesi değişim seyri Şekil 4.27’de sunulmuştur.

Çalışmada, su baskını stresine maruz bırakılan buğday çeşitlerinin strese karşı farklı adaptasyon mekanizmaları geliştirdiği belirlenmiştir. Karatoprak çeşidi, 7 günlük su baskınına karşı CAT enzim aktivitesinde azalma göstererek duyarlı bir tepki sergilemiş, ancak 14. günde en yüksek aktivite seviyesine ulaşarak en toleranslı yanıtı vermiştir. Bununla birlikte, stres süresinin uzamasıyla tekrardan azalan bir seyr izleyerek stres süresi sonunda en düşük CAT enzim aktivitesi değerine sahip olmuştur. Öte yandan, uzun süreli stres koşullarında en yüksek CAT enzim aktivitesini Ekinoks çeşidi sergilemiştir.

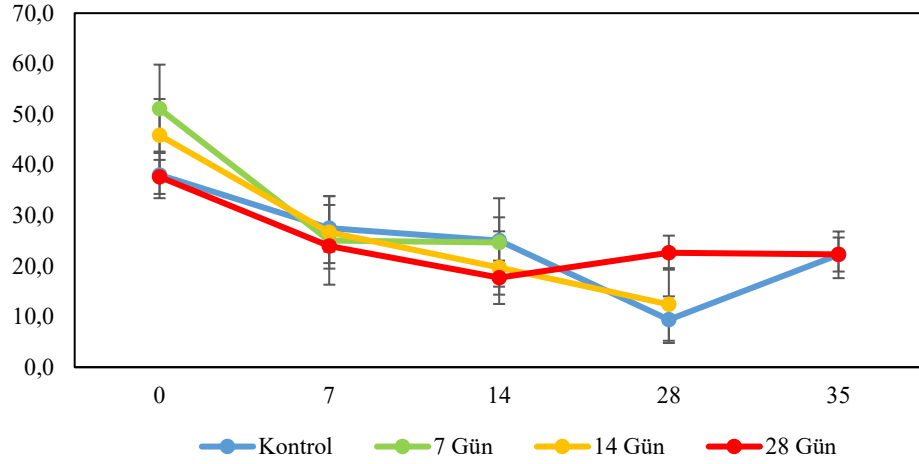
Çalışma bulguları, değişik buğday çeşitlerinin su baskınına karşı Katalaz (CAT) enzim aktivitesinde farklı yanıtlar verdiğini ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar, genetik yapıya bağlı olarak antioksidan savunma mekanizmalarının çeşitler arasında değişkenlik gösterebileceğini ifade etmektedir.

Yu ve ark. (2017) biri duyarlı diğeri toleranslı olmak üzere iki buğday çeşidine saksı koşullarında 7 gün süreyle su baskını stresi uygulamış ve araştırma bulgularımızdan farklı olarak CAT aktivitesinin her iki çeşitte de benzer şekilde arttığını belirtmişlerdir.

4.3.2.4. Peroksidaz (POD) (EU g yaprak⁻¹)

Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi değişim seyri Şekil 4.28’de sunulmuştur. Çalışma bulgularına göre, POD enzim aktivitesi 14. güne kadar tüm su baskını uygulamalarında benzer değişim göstermiştir (Şekil 4.28). 14. günden itibaren, 28 günlük stres süresinde diğer gruplardan farklı olarak belirgin bir artış gözlemlenmiştir. POD enzimi, bitkilerde oksidatif stresle mücadelede önemli rol oynayan temel antioksidan savunma sistemlerinden biridir. Çalışma sonuçları, su baskını stresinin artmasıyla birlikte POD enzim aktivitesinde genel bir düşüş akabinde kısmi artışlar olduğunu ortaya koymuştur (Şekil4.28). Bu durum, su baskını stresinin bitkilerde hücresel düzeyde önemli değişimlere yol açarak antioksidan mekanizmaları baskılayabileceğini düşündürmektedir. Ancak, stres süresinin uzamasıyla enzim aktivitesinde gözlemlenen kısmi artışlar, bitkilerin uzun süreli stres koşullarına karşı adaptasyon mekanizmalarını harekete geçirerek oksidatif dengeyi yeniden sağlamaya çalıştıklarını göstermektedir.

Peroksidaz (POD) (EU/g yaprak)



Şekil 4.28. Farklı su baskını sürelerinde (kontrol, 7gün, 14 gün, 28 gün) Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi değişim seyri

Çalışmadan elde edilen bulgular, POD enzim aktivitesinin su baskını stresine karşı tepkisinin dinamik bir süreç olduğunu ve stresin şiddeti ile süresine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, mevcut çalışma bulguları, literatürde bildirilen bazı araştırmalarla farklılık göstermektedir.

Alizadeh-Vaskasi ve ark. (2018) üç farklı buğday çeşidine kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 0, 7, 14 ve 28 gün süreyle su baskını stresi uygulamışlardır. Çalışma bulgularına göre, stres süresinin artmasıyla birlikte peroksidaz (POD) aktivitesinde sürekli bir artış eğilimi söz konusu olmuştur.

Benzer şekilde, Malik ve ark. (2020) sera koşullarında üç farklı buğday çeşidini, bitkiler 15 günlük olduğunda 6 gün süreyle su baskını stresine maruz bırakmışlardır. Stres periyodunun sonunda bitkiler normal koşullara alınarak, 8. günde iyileşme kapasiteleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, POD aktivitesinin stres koşullarında $1,71 \text{ EU g}^{-1}$ yaprak seviyesinde olduğu, ancak stresin kaldırılmasının ardından $2,39 \text{ EU g}^{-1}$ yaprak seviyesine yükseldiği belirlenmiştir.

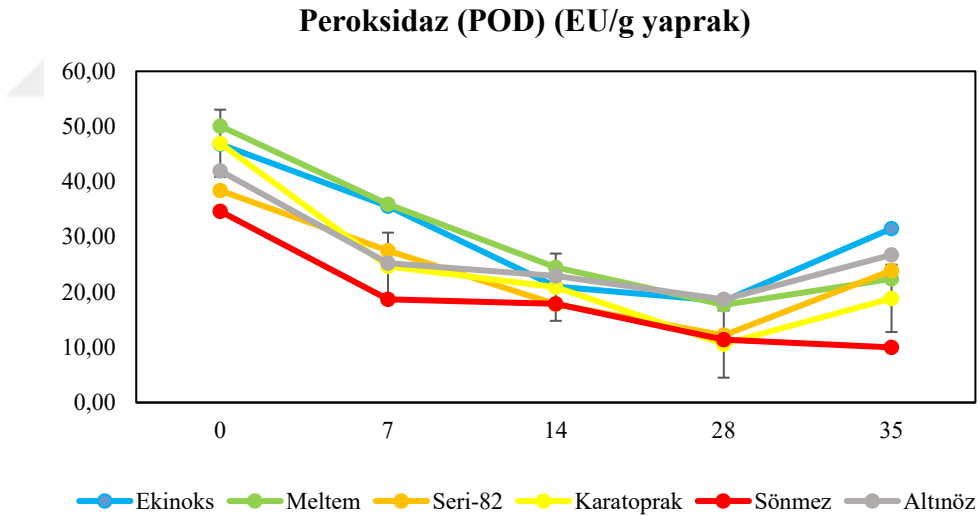
Katerova ve ark. (2021) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, 17 günlük buğday bitkilerine 7 gün süreyle su baskını stresi uygulanmış ve araştırma sonucunda, stres koşullarında POD aktivitesinin kontrol koşullarına kıyasla arttığı rapor edilmiştir.

Ayrıca, Li ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, buğday bitkilerine biri kontrol olmak üzere yarı ve tam su baskını stresi uygulanmıştır. Bulgular,

tam su baskını koşullarında POD aktivitesinin, yarı su baskını ve kontrol gruplarına kıyasla önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur.

Bu farklılığın, kullanılan buğday çeşitlerinin genetik özelliklerinden, deneme koşullarından veya stres tolerans mekanizmalarındaki çeşitlilikten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını stres sürelerine bağlı Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi değişim seyri Şekil 4.29’da gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm buğday çeşitleri artan su baskını stres sürelerine benzer tepkiler ortaya koymuştur (Şekil 4.29). Başlangıç aşamasında tüm çeşitlerde yüksek seviyede POD enzim aktivitesi tespit edilirken, stres süresinin ilerlemesiyle bu aktivitede kademeli bir düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, çalışmada kullanılan buğday çeşitlerinde su baskını stresinin antioksidan savunma mekanizmaları üzerinde baskılayıcı bir etki oluşturduğu ve POD enzim seviyelerinin bu strese duyarlı bir biyokimyasal yanıt verdiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.29. Altı farklı buğday çeşidinin (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez, Altınöz) artan su baskını sürelerine bağlı Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi değişim seyri

Bununla birlikte, 28. günden sonraki süreçte yine tüm çeşitlerin belirli bir toparlanma eğilimi sergileyerek su baskını stresine karşı nispeten daha dayanıklı bir profil çizdiği görülmektedir. Çalışmada, POD enzim aktivitesinin buğday çeşitleri arasında

anlamalı bir farklılık ortaya koymadığı belirlenmiş olup, bu sonuçlar literatürde bildirilen bazı çalışmalarla farklılık göstermektedir.

Yu ve ark. (2017) biri duyarlı diğeri toleranslı olmak üzere iki buğday çeşidine saksı koşullarında 7 gün süreyle su baskını stresi uygulamış ve çalışma sonucunda POD aktivitesinin her iki çeşitte de benzer şekilde arttığını belirtmişlerdir.

Xu ve ark. (2022) su baskını stresinin tahıllar üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, arpa ve buğday bitkilerine saksı koşullarında 15 gün süreyle su baskını uygulamış ve stresin her iki türde de POD içeriğini önemli düzeyde artırdığını ifade etmişlerdir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma, bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin farklı süreyle su baskını stresine maruz bırakılarak verdikleri tepkileri agronomik, eko-fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından değişimleri belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Altı farklı buğday çeşidi (Ekinoks, Meltem, Seri-82, Karatoprak, Sönmez ve Altınöz), dört farklı su baskını süresine (Kontrol, 7. gün, 14. gün ve 28. gün) maruz bırakılmıştır.

Su baskını süresi uzadıkça, bitki başına kardeş sayısı azalmıştır. Kontrol grubunda en yüksek kardeş sayısı ölçülürken, en düşük değer 28 günlük su baskını uygulamasında görülmüştür. Her bir çeşidin stres sürelerine farklı tepkiler verdiği ve en düşük kardeş sayısına sahip iki çeşidin Ekinoks ve Sönmez olduğu belirlenmiştir.

Bitki boyu, su baskınına göre değişiklik göstermiş ve kısa süreli su baskınlarında çok az artışlar meydana gelse de sonuçlar istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Çeşitlerin strese karşı farklı tepkiler verdiği belirlenirken, en uzun bitki boyunun Sönmez çeşidinden, en kısa bitki boyunun ise Karatoprak çeşidinden elde edildiği belirtilmiştir.

Su baskını süresi arttıkça üst sap uzunluğunda anlamlı değişiklikler olmuştur. Ekinoks, Sönmez ve Altınöz çeşitlerinde kısa süreli su baskını ile önemli artışlar ölçülürken, 28 günlük su baskını süresinde Karatoprak çeşidinde önemli azalmalar meydana gelmiştir.

Sönmez çeşidi en uzun, Altınöz ve Seri-82 en kısa değerlere sahip olmuştur. 7 günlük su baskını bazı çeşitlerde alt sap uzunluğunu artırmış, ancak 28 günlük su baskını sonunda Karatoprak, Meltem ve Ekinoks çeşitlerinde artış gözlemlenmiştir. Uzun süreli su baskını bitki büyümesi üzerinde karmaşık ve çeşide özgü etkiler yaratmıştır.

Su baskını süresi başak uzunluğu üzerinde oldukça önemli sonuçlar ortaya koymuş, en uzun başaklar 7 günlük stres koşullarında, en kısa başaklar ise 28 günlük stres koşullarında kaydedilmiştir. Ekinoks çeşidi en uzun başaklara sahipken, Meltem çeşidi en kısa başaklara sahip çeşit olmuştur.

Su baskını süresi, fertil başakçık sayısında önemli bir değişime yol açmamıştır. En yüksek başakçık sayısı 14 günlük, en düşük ise 28 günlük stres uygulamasından elde edilmiştir. Karatoprak çeşidi en yüksek başakçık sayısına sahipken, Meltem çeşidi en düşük değeri göstermiştir.

En yüksek steril başakçık sayısı ise 28 günlük stresle görülmüştür. Ekinoks çeşidi en az steril başakçık sayısına sahipken, Seri-82 çeşidi stresle en fazla artışı göstermiştir.

Meltem ve Karatoprak çeşitlerinde ise stres süresi arttıkça steril başakçık sayısı azalmıştır.

Yedi ve 14 günlük su baskını sürelerinde başak ağırlığında belirgin değişiklikler gözlemlenmemiş, ancak 28 günlük stres uygulamasında önemli bir azalma yaşanmıştır. Altınöz çeşidi en yüksek başak ağırlığını gösterirken, Ekinoks en toleranslı çeşit olarak belirlenmiştir. Uzun süreli su baskını stresine karşı Altınöz çeşidinin duyarlı, Ekinoks Çeşidinin ise toleranslı tepkiler sergilediği söylenebilir.

Su baskını süresi arttıkça bin tane ağırlığı azalmıştır, ancak kısa süreli stresle bazı çeşitlerde artışlar gözlemlenmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Ekinoks ve Altınöz çeşitlerinde, en düşük ise Meltem ve Seri-82 çeşitlerinde kaydedilmiştir.

Yedi ve 14 günlük su baskını sürelerinde bazı çeşitlerde başak kavuz ağırlığında artışlar gözlemlenmiş, ancak 28 günlük stres uygulamasında genel olarak azalma yaşanmıştır. Altınöz çeşidi en yüksek kavuz ağırlığını gösterirken, Seri-82 çeşidi en düşük değeri göstermiştir.

Yirmisekiz günlük su baskını süresinde başak veriminde büyük bir düşüş gözlemlenirken, 7 ve 14 günlük sürelerde verim genellikle sabit kalmıştır. Altınöz çeşidi en yüksek verim değerlerine sahip olurken, Seri-82 en düşük verim değerlerine sahip olmuştur.

Su baskını süresi arttıkça birim alan başak sayısında doğrusal bir azalma gözlemlenmiştir. Ekinoks ve Seri-82 çeşitleri su baskınına karşı en toleranslı tepkileri sergilerken, Sönmez en duyarlı çeşit olmuştur. 28 günlük su baskını süresi ile başak sayısında %27,4 oranında bir azalma yaşanmıştır.

Su baskını stresi altında birim alan başak ağırlığı zamanla azalmıştır. En yüksek birim alan başak ağırlığı kontrol koşullarında 617 g m^{-2} iken, en düşük değer 28 günlük stres koşulunda 255 g m^{-2} olmuştur. En toleranslı tepkileri veren çeşidin Altınöz, en duyarlı tepkileri ortaya koyan çeşidin ise Sönmez olduğu saptanmıştır.

En yüksek birim alan tane verimi Altınöz çeşidinde kontrol koşullarında (526 g m^{-2}) elde edilirken, en düşük verim Sönmez çeşidinde 28 günlük stres uygulamasında tespit edilmiştir (109 g m^{-2}).

Birim alan biyolojik verim, su baskını süresi arttıkça doğrusal olarak azalmıştır. En yüksek biyolojik verim Altınöz çeşidinde kontrol koşullarında (1162 g m^{-2}) bulunurken, en düşük değer Seri-82 çeşidinde (544 g m^{-2}) 28 günlük stres uygulamasında

kaydedilmiştir. Ekinoks, Karatoprak ve Altınöz çeşitlerinde sırasıyla %52.2, %50.1 ve %48.2 verim kaybı yaşanmıştır.

Su baskını süresi arttıkça klorofil içeriği azalmış, özellikle 28 günlük stres uygulamasında bu azalma belirginleşmiştir. Ekinoks ve Seri-82 çeşitleri, diğer çeşitlere göre klorofil içeriğini daha uzun süre yüksek tutmuştur.

Su baskını süresi arttıkça Qy değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. 28 günlük stresle fotosentetik mekanizmalar önemli ölçüde bozulmuş ve Qy değerlerinde büyük bir azalma yaşanmıştır. Altınöz çeşidi Qy değerlerini daha iyi korurken, Sönmez çeşidi en belirgin Qy düşüşünü göstermiştir.

Su baskını süresi arttıkça YSI'de düşüş gözlemlenmiştir. Meltem çeşidi, 28 günlük stres koşulunda en yüksek azalmayı (%12.6) gösterirken, Sönmez çeşidi en düşük azalmayı (%5.0) yaşamıştır.

MDA seviyeleri su baskını süresi ile artmıştır. 28 günlük stres sonrası MDA seviyeleri en yüksek düzeye ulaşmış ve oksidatif stresin arttığını göstermiştir. Meltem çeşidi en yüksek MDA seviyelerini, Sönmez çeşidi ise en düşük seviyeleri sergileyerek oksidatif strese karşı en yüksek tolerans gösteren çeşit olmuştur.

H₂O₂ seviyeleri, 14. güne kadar artmış ve ardından bazı çeşitlerde düşüş başlamıştır. Bu, stresin başlangıcında bitkilerin daha duyarlı olduğunu ancak zamanla adaptasyon sağladığını işaret etmektedir.

Prolin seviyeleri, su baskını süresiyle artmıştır. Başlangıçta artış, bitkilerin tolerans mekanizmalarının geliştiğini, 14. günden sonra düşüş, adaptasyon kapasitesinin zorlandığını ve 28. günde tekrar artış, uzun vadeli toleransın geliştiğini göstermektedir.

SOD aktivitesi, 7. günde artmış ancak uzun süreli stresle birlikte azalma göstermiştir. Karatoprak çeşidi, en fazla SOD aktivitesi gösteren çeşit olmuştur.

CAT aktivitesinde uzun stres sürelerinde dalgalanma gözlemlenmiştir. Karatoprak çeşidi 7. günde azalma göstererek duyarlı tepki vermiş, 14. günde ise yüksek aktivite göstererek en toleranslı yanıt sergilemiştir.

POD aktivitesi, 28. günde belirgin bir artış göstermiştir. Bu, bitkilerin stresle başa çıkabilmek için adaptif mekanizmaları devreye soktuğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen buğday çeşitleri, değişik su baskını sürelerine karşı farklı tepkiler sergilemiştir. Özellikle kısa süreli su baskını koşullarında bazı çeşitler (Meltem, Seri -82) olumlu yönde yanıt verirken, uzun süreli su baskını tüm çeşitlerde

belirgin kayıplara yol açmıştır. Bu kayıplar bazı çeşitlerde nispeten sınırlı düzeyde kalmış olsa da (Ekinoks), genel olarak istatistiksel açıdan anlamlı ve tarımsal üretim açısından önemli kayıplar meydana gelmiştir.

Çalışmanın bulgularına göre, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen ve yüksek verimli olarak nitelendirilen Karatoprak, Sönmez ve Altınöz çeşitleri su baskını stresine karşı yüksek derecede duyarlılık göstermiştir. Bu durum, özellikle su baskını riskinin yüksek olduğu bölgelerde söz konusu çeşitlerin yetiştiriciliği sürdürülebilirlik açısından önemli bir sınırlayıcı faktör oluşturmaktadır.

Bu bağlamda, su baskını stresinin sıklıkla görülebileceği riskli alanlarda, hâlihazırda yaygın olarak kullanılan yüksek verimli çeşitlerin yanı sıra, bu tür alanlara önerilebilecek çeşitlerin de uzun süreli su baskınına karşı tepkilerinin detaylı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu bölgeler için uygun çeşitlerin geliştirilmesi çalışmalarında su baskınına toleranslı çeşitlerin melezleme programlarına alınması büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Afreen, F., Zobayed, S. M. A., Armstrong, J., and Armstrong, W., 2007. Pressure gradients along whole culms and leaf sheaths, and other aspects of humidity-induced gas transport in *Phragmites australis*. **Journal of Experimental Botany**. 58(7), 1651-1662.
- Akpoveta, V. O., Osakwe, S. A., Ize-Iyamu, O. K., Medjor, W. O. and Egharevba, F., 2014. Post flooding effect on soil quality in Nigeria: The Asaba, Onitsha experience. **Journal of Soil Science**. 4(2), 1-9.
- Aktaş, H., Özberk, F., Oral, E., Baloch, F. S., Doğan, S., Kahraman, M. ve Çığ, F., 2018. Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinin buğday genetik kaynakları bakımından potansiyeli ve sürdürülebilir olarak korunması. **Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi**. 7(2), 47-54.
- Alızadeh-Vaskası, F., Pirdashti, H., Araei, A. C. and Saadatmand, S. 2018. Waterlogging effects on some antioxidant enzymes activities and yield of three wheat promising lines. **Acta Agriculturae Slovenica**, 111(3), 621-631.
- Amri, M., El Ouni, M. H. and Salem, M. B., 2014. Waterlogging affect the development, yield and components, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence of six bread Wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**. 20(3), 647-657.
- Angelini, R. and Federico, R., 1989. Histochemical evidence of polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall. **Journal of Plant Physiology**. 135(2), 212-217.
- Angelini, R., Manes, F. and Federico, R. 1990. Spatial an functional correlation between daimine- oxidase and peroxidase activities and their dependence upon deetilation and wounding in chick-pea. **Planta**. 182, 89-96.
- Anjum, N. A., Gill, S. S., Gill, R., Hasanuzzaman, M., Duarte, A. C., Pereira, E. and Tuteja, N., 2014. Metal/metalloid stress tolerance in plants: role of ascorbate, its redox couple, and associated enzymes. **Protoplasma**. 251, 1265-1283.
- Arguello, M. N., Mason, R. E., Roberts, T. L., Subramanian, N., Acuna, A., Addison, C. K. and Gbur, E., 2016. Performance of soft red winter wheat subjected to field soil waterlogging: grain yield and yield components. **Field Crops Research**. 194, 57-64.
- Arslan, B., 2006. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin su baskını stresine dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesi. **Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 40 s.
- Asada, K., 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. **Plant physiology**. 141(2), 391-396.
- Ayrancı, R., 2012. Farklı kuraklık tiplerinde ekmeklik buğday genotiplerinin fizyolojik, morfolojik, verim ve kalite özellikleri yönüyle ıslahta kullanılabilecek uygun parametrelerin belirlenmesi. **Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, 326s.
- Bagge, M., Xia, X. and Lübberstedt, T., 2007. Functional markers in wheat. **Current Opinion in Plant Biology**. 10 (2), 211–216.
- Bailey-Serres, J., and Voesenek, L. A. C. J., 2008. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annu. Rev. Plant Biol**. 59(1), 313-339.
- Balakhnina, T. I., Bennicelli, R. P., Stępniewska, Z., Stępniewski, W. and Fomina, I. R., 2010. Oxidative damage and antioxidant defense system in leaves of *Vicia faba*

- major L. cv. Bartom during soil flooding and subsequent drainage. **Plant and soil.** 327, 293-301.
- Barrett-Lennard, E. G. and Shabala, S. N., 2013. The waterlogging/salinity interaction in higher plants revisited—focusing on the hypoxia-induced disturbance to K⁺ homeostasis. **Functional Plant Biology.** 40(9), 872-882.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. A. and Teare, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil.** 39, 205-207.
- Baxter, A., Mittler, R. and Suzuki, N., 2014. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of experimental botany.** 65(5), 1229-1240.
- Blom, C. W. P. M. and Voesenek, L. A. C. J., 1996. Flooding: the survival strategies of plants. **Trends in ecology and evolution.** 11(7), 290-295.
- Burgos, S., Stamp, P. and Schmid, J. E., 2001. Agronomic and physiological study of cold and flooding tolerance of spelt (*Triticum spelta* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science.** 187(3), 195-202.
- Carocho, M. and Ferreira, I. C., 2013. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and chemical toxicology.** 51, 15-25.
- Ceylan, H., 2010. Türkiye Orijinli Bazı Buğday Çeşitlerinde Peroksidaz Gen Polimorfizminin Belirlenmesi. **Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri,** 87 s.
- Chandrasekhar, K., Nashef, K. and Ben-David, R., 2017. Agronomic and genetic characterization of wild emmer wheat (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccoides*) introgression lines in a bread wheat genetic background. **Genetic Resources and Crop Evolution.** 64(8), 1917-1926.
- Charmet, G., 2011. Wheat domestication: lessons for the future. **Comptes rendus biologies.** 334(3), 212-220.
- Collaku, A. and Harrison, S. A., 2002. Losses in wheat due to waterlogging. **Crop Science.** 42(2), 444-450.
- Colmer, T. D., 2003. Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. **Plant. Cell & Environment.** 26(1), 17-36.
- Conrath, U., Beckers, G. J., Flors, V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F. and Mauch-Mani, B., 2006. Priming: getting ready for battle. **Molecular plant-microbe interactions.** 19(10), 1062-1071.
- Daly, K. R., Keyes, S. D., Masum, S. and Roose, T., 2016. Image-based modelling of nutrient movement in and around the rhizosphere. **Journal of experimental botany.** 67(4), 1059-1070.
- Das, K. and Roychoudhury, A., 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in environmental science.** 2, 53.
- de San Celedonio, R. P., Abeledo, L. G. and Miralles, D. J., 2018. Physiological traits associated with reductions in grain number in wheat and barley under waterlogging. **Plant and Soil.** 429, 469-481.
- de San Celedonio, R. P., Abeledo, L. G., Brihet, J. M. and Miralles, D. J., 2016. Waterlogging affects leaf and tillering dynamics in wheat and barley. **Journal of Agronomy and Crop Science.** 202(5), 409-420.

- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S. and Rillig, M. C., 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. **Global change biology**. 24(4), 1405-1416.
- Demirbaş, H. ve Dursun, İ., 2007. Buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğiyle belirlenmesi. **Tarım Bilimleri Dergisi**. 13 (3), 176-185.
- Demirel, F., 2020. Genetic diversity of Emmer wheats using iPBS markers. **Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi**. (20), 640-646.
- Ding, J., Liang, P., Wu, P., Zhu, M., Li, C., Zhu, X. and Guo, W., 2020. Effects of waterlogging on grain yield and associated traits of historic wheat cultivars in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. **Field Crops Research**. 246, 107695.
- Dos Reis, G. B., Andrade-Vieira, L. F., de Campos Moraes, I., César, P. H. S., Marcussi, S. and Davide, L. C., 2017. Reliability of plant root comet assay in comparison with human leukocyte comet assay for assessment environmental genotoxic agents. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 142, 110-116.
- Drew, M. C., 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Annual review of plant biology**. 48(1), 223-250.
- Dudziak, K., Zapalska, M., Börner, A., Szczerba, H., Kowalczyk, K. and Nowak, M., 2019. Analysis of wheat gene expression related to the oxidative stress response and signal transduction under short-term osmotic stress. **Scientific Reports**. 9(1), 2743.
- El-Assal, S. and Gaber, A., 2012. Discrimination capacity of rapd, ıssr and ssr markers and of their effectiveness in establishing genetic relationship and diversity among egyptian and saudi wheat cultivars. **American Journal of Applied Sciences**. 9 (5), 724-735.
- Fahad, S., Nie, L., Chen, Y., Wu, C., Xiong, D., Saud, S., and Huang, J., 2015. Crop plant hormones and environmental stress. **Sustainable Agriculture Reviews**. 15, 371-400.
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/home/en> (15.11.2024).
- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/statistics/en/> (15.11.2024).
- Farkas, Z., Varga-László, E., Anda, A., Veisz, O. and Varga, B., 2020. Effects of waterlogging, drought and their combination on yield and water-use efficiency of five Hungarian winter wheat varieties. **Water**. 12(5), 1318.
- Feng, K., Wang, X., Zhou, Q., Dai, T., Cao, W., Jiang, D. and Cai, J., 2022. Waterlogging priming enhances hypoxia stress tolerance of wheat offspring plants by regulating root phenotypic and physiological adaption. **Plants**. 11(15), 1969.
- Fotopoulos, V., Ziogas, V., Tanou, G. and Molassiotis, A., 2010. Involvement of AsA/DHA and GSH/GSSG ratios in gene and protein expression and in the activation of defence mechanisms under abiotic stress conditions. **Ascorbate-glutathione pathway and stress tolerance in plants**. 265-302.
- Foyer, C. H. and Noctor, G., 2008. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. **New phytologist**. 146(3), 359-388.
- Froghi, L. and Galeshi, S., 2022. Evaluation of morphological and physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under Flooding stress conditions and its relationship with grain yield. **Environmental Stresses in Crop Sciences**. 15(3), 831-846.

- Gao, M., Liu, Y. and Song, Z., 2019. Effects of polyethylene microplastic on the phytotoxicity of di-n-butyl phthalate in lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *ramosa* Hort). **Chemosphere**. 237, 124482.
- Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C. and Laurent, G., 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. **Functional ecology**. 15(5), 688-695.
- Ghobadi, M. E., Ghobadi, M. and Zebarjadi, A., 2011. The response of winter wheat to flooding. **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**. 5(6), 333-335.
- Ghobadi, M. E., Ghobadi, M. And Zebarjadi, A., 2017. Effect of waterlogging at different growth stages on some morphological traits of wheat varieties. **International Journal of Biometeorology**. 61(4), 635-645.
- Gill, M. B., Zeng, F., Shabala, L., Zhang, G., Yu, M., Demidchik, V. and Zhou, M., 2019. Identification of QTL related to ROS formation under hypoxia and their association with waterlogging and salt tolerance in barley. **International Journal of Molecular Sciences**. 20(3), 699.
- Goggin, D. E. and Colmer, T. D., 2007. Wheat genotypes show contrasting abilities to recover from anoxia in spite of similar anoxic carbohydrate metabolism. **Journal of plant physiology**. 164(12), 1605-1611.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S. and Zhang, C., 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant science**. 169(2), 313-321.
- Gong, Y., Toivonen, P.M., Wiersma, P.A., Lu, C. ve Lau, O.L. 2000. Effect of freezing on the activity of catalase in apple flesh tissue. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48(11), 5537-5542.
- Greenway, H., Armstrong, W. and Colmer, T. D., 2006. Conditions leading to high CO₂ (> 5 kPa) in waterlogged–flooded soils and possible effects on root growth and metabolism. **Annals of Botany**. 98(1), 9-32.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Anee, T. I., Parvin, K., Nahar, K., Mahmud, J. A. and Fujita, M., 2019. Regulation of ascorbate-glutathione pathway in mitigating oxidative damage in plants under abiotic stress. **Antioxidants**. 8(9), 384.
- Hideg, É., Mano, J., Ohno, C. and Asada, K., 1997. Increased levels of monodehydroascorbate radical in UV-B-irradiated broad bean leaves. **Plant and cell physiology**. 38(6), 684-690.
- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S. and Kanae, S., 2013. Global flood risk under climate change. **Nature climate change**. 3(9), 816-821.
- Hossain, M. A. and Uddin, S. N., 2011. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian journal of crop science**. 5(9), 1094-1101.
- İlhan, E., 2009. Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Su baskınına Toleransta Anaerobik Genlerin Markör Olarak Kullanılması. Atatürk Üniversitesi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 60s.
- Jaleel, C. A., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Inès, J., Al-Juburi, H. J. and Panneerselvam, R., 2009. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constraints. **Acta Physiologiae Plantarum**. 31, 427-436.

- Janda, J., Bartoš, J., Šafář, J. and Kubaláková, M., 2004. Construction of a subgenomic BAC library specific for chromosomes 1D, 4D and 6D of hexaploid wheat. **Theoretical and Applied Genetics**. 109, 1337–1345.
- Jiang, X., Mao, D., Zhu, M., Wang, X., Li, C., Zhu, X. and Ding, J., 2022. Evaluating the waterlogging tolerance of wheat cultivars during the early growth stage using the comprehensive evaluation value and digital image analysis. **Agriculture**. 12(3), 384.
- Kal, Ü., Dal, Y., Kayak, N., Yavuz, D., Türkmen, Ö. and Seymen, M., 2023. Application of nitrogen for mitigating the adverse effects of flooding stress in lettuce. **Journal of Plant Nutrition**. 46(20), 4664-4678.
- Kara, A., 2016. Farklı Gelişme Dönemlerinde ve Muhtelif Sürelerde Meydana Gelen Su Baskınlarının Buğdayda Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Hatay **Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 106.
- Katerova, Z., Sergiev, I., Todorova, D., Shopova, E., Dimitrova, L. and Brankova, L. 2021. Physiological responses of wheat seedlings to soil waterlogging applied after treatment with selective herbicide. **Plants**. 10(6), 1195.
- Kaur, G., Singh, G., Motavalli, P. P., Nelson, K. A., Orlowski, J. M. and Golden, B. R., 2020. Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: A review. **Agronomy Journal**. 112(3), 1475-1501.
- Kızıl, A., 2022. Bazı Buğday Çeşitlerinde Azotlu Gübre Uygulamalarının Kuraklık Stresine Karşı Etkilerinin Araştırılması. **Artvin Çoruh Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Artvin, 76.
- Komatsu, S., Nishiyama, N. and Diniyah, A., 2023. Biochemical and enzymatic analyses to understand the accumulation of γ -aminobutyric acid in wheat grown under flooding stress. **Oxygen**. 3(1), 120-132.
- Komatsu, S., Yamaguchi, H., Hitachi, K., Tsuchida, K., Rehman, S. U. and Ohno, T., 2022. Morphological, biochemical, and proteomic analyses to understand the promotive effects of plant-derived smoke solution on wheat growth under flooding stress. **Plants**. 11(11), 1508.
- Lakhran, H., Sharma, O. P., Bajiya, R. and Choudhary, M., 2020. Productivity and nutrient content of wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by sowing temperatures and bio-regulators. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 9(10), 2609-15.
- Larson, R. A., 1988. The antioxidants of higher plants. **Phytochemistry**. 27(4), 969-978.
- Li, B., Hua, W., Zhang, S., Xu, L., Yang, C., Zhu, Z. and Xu, Y., 2023. Physiological, epigenetic, and transcriptome analyses provide insights into the responses of wheat seedling leaves to different water depths under flooding conditions. **International Journal of Molecular Sciences**. 24(23), 16785.
- Li, C., Jiang, D., Wollenweber, B., Li, Y., Dai, T. and Cao, W., 2011. Waterlogging pretreatment during vegetative growth improves tolerance to waterlogging after anthesis in wheat. **Plant Science**. 180(5), 672-678.
- Liao, C. T. and Lin, C. H., 2001. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part B, Life Sciences**. 25(3), 148-157.
- Ma, J. J., Wang, Z. W., Xu, J., Hu, C. Y., Qiu, T. C. and Huang, Z. Y., 2022. Effect of autoclave sterilization, gamma irradiation and high-pressure processing on the

- migration of 4, 4'-MDA and its isomers in laminated food packaging bags. **Food Packaging and Shelf Life**. 33, 100875.
- Ma, S., Gai, P., Geng, B., Wang, Y., Ullah, N., Zhang, W. and Huang, Z., 2022. Exogenous melatonin improves waterlogging tolerance in wheat through promoting antioxidant enzymatic activity and carbon assimilation. **Agronomy**. 12(11), 2876.
- Malik, A. I., Colmer, T. D., Lambers, H. and Schortemeyer, M., 2001. Changes in physiological and morphological traits of roots and shoots of wheat in response to different depths of waterlogging. **Functional Plant Biology**. 28(11), 1121-1131.
- Malik, A. I., Colmer, T. D., Lambers, H., Setter, T. L. and Schortemeyer, M., 2002. Short-term waterlogging has long-term effects on the growth and physiology of wheat. **New Phytologist**. 153(2), 225-236.
- Malik, F. and Khan, M. N., 2022. Morphological and biochemical responses of wheat to flooding stress and recovery. **Journal of Agriculture**. 38(1): 379-387.
- Malik, F. And Khan, M. N., 2022. Morphological and biochemical responses of wheat to flooding stress and recovery. **Sarhad Journal of Agriculture**. 38(1), 379.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J. and Shukla, P. R., 2022. Global Warming of 1.5 C: IPCC special report on impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels in context of strengthening response to climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge University Press. ISBN: 9781009157940.
- Meyer, W. S. and Barrs, H. D., 1988. Response of wheat to single short-term waterlogging during and after stem elongation. **Australian Journal of Agricultural Research**. 39(1), 11-20.
- Mishra, A. and Salokhe, V. M., 2010. Flooding stress: The effects of planting pattern and water regime on root morphology, physiology and grain yield of rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 196(5), 368-378.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in plant science**. 7(9), 405-410.
- Musgrave, M.E. and Ding, N., 1998. Evaluating wheat cultivars for waterlogging tolerance. **Crop Science**, 38, 90-97.
- Nazlı, M., 2017. Yerel, Azerbaycan Orijinli ve Bazı Yabancı Buğday Çeşitleri Arasındaki Genetik İlişkinin Moleküler Düzeyde Belirlenmesi. **Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 102.
- Olgun, M., Metin Kumlay, A., Cemal Adiguzel, M. and Caglar, A., 2008. The effect of waterlogging in wheat (*T. aestivum* L.). **Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science**. 58(3), 193-198.
- Otte, M. L., 2001. What is stress to a wetland plant?. **Environmental and Experimental Botany**. 46(3), 195-202.
- Özden, M., Demirel, U. and Kahraman, A., 2009. H₂O₂ ile oksidatif strese maruz bırakılan asma (*Vitis vinifera* L.) yapraklarındaki antioksidan sistem üzerine prolinin etkileri. **Scientia Horticulturae**. 119(2), 163-168.
- Özer, H., Karadoğan, T. ve Oral, E., 2013. Bitkilerde Su Stresi ve Dayanıklılık Mekanizması. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 28(3), 488-495.
- Özseven, İ. ve Gençtan, T., 2018. Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Uzun Süreli Su Baskınlarının Bayrak Yaprığı Klorofil İçeriğine Etkisi. **Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi**. 28(2), 1-16.

- Pais, I. P., Moreira, R., Coelho, A. R., Semedo, J. N., Reboredo, F. H., Coutinho, J. and Scotti-Campos, P., 2024. Unveiling the Impact of Growth Traits on the Yield of Bread Wheat Germplasm Subjected to Waterlogging. **Agriculture**. 14(2), 241.
- Pampana, S., Masoni, A. and Arduini, I., 2016. Grain yield of durum wheat as affected by waterlogging at tillering. **Cereal Research Communications**. 44, 706-716.
- Patel, P. K., Singh, A. K., Tripathi, N., Yadav, D. and Hemantaranjan, A., 2014. Flooding: abiotic constraint limiting vegetable productivity. **Adv. Plants Agric. Res.** 1(3), 16.
- Patrick Jr, W. H. and Jugsujinda, A., 1992. Sequential reduction and oxidation of inorganic nitrogen, manganese, and iron in flooded soil. **Soil Science Society of America Journal**. 56(4), 1071-1073.
- Ponnamperuma, F. N., 1972. The chemistry of submerged soils. **Advances in agronomy**. 24, 29-96.
- Raza, S. H., Athar, H. R., Ashraf, M. and Hameed, A., 2007. Glycinebetaine-induced modulation of antioxidant enzymes activities and ion accumulation in two wheat cultivars differing in salt tolerance. **Environmental and Experimental Botany**. 60(3), 368-376.
- Reddy, K. and DeLaune, R. D., 2003. Biogeochemistry of wetlands science and applications. **Alliance of Agricultural Information Services**.
- Robertson, D., Zhang, H., Palta, J. A., Colmer, T. and Turner, N. C., 2009. Waterlogging affects the growth, development of tillers, and yield of wheat through a severe, but transient, N deficiency. **Crop and Pasture Science**. 60(6), 578-586.
- Romero-Oliva, C. S., Contardo-Jara, V. and Pflugmacher, S., 2015. Antioxidative response of the three macrophytes *Ceratophyllum demersum*, *Egeria densa*, and *Hydrilla verticillata* to a time dependent exposure of cell-free crude extracts containing three microcystins from cyanobacterial blooms of Lake Amatitlan, Guatemala. **Aquatic toxicology**. 163, 130-139.
- Sairam, R. K., Dharmar, K., Chinnusamy, V. and Meena, R. C., 2009. Waterlogging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mung bean (*Vigna radiata*). **Journal of Plant Physiology**. 166(6), 602-616.
- Sauter, M., 2013. Root responses to flooding. **Current Opinion in Plant Biology**. 16(3), 282-286.
- Scandalios, J. G., 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant physiology**. 101(1), 7.
- Selote, D. S. and Khanna-Chopra, R., 2010. Antioxidant response of wheat roots to drought acclimation. **Protoplasma**. 245, 153-163.
- Selote, D. S., Bharti, S. and Khanna-Chopra, R., 2004. Drought acclimation reduces O²⁻ accumulation and lipid peroxidation in wheat seedlings. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. 314(3), 724-729.
- Shah, K., Kumar, R. G., Verma, S. and Dubey, R. S., 2001. Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. **Plant science**. 161(6), 1135-1144.
- Shahkoomahali, H., Galeshi, S., Soltani, A. and Zeinali, E., 2020. Effects of flooding stress in two tillering and stem elongation stages on grain yield and its components in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Crop Production**. 13(2), 1-16.
- Shamsi, K., Petrosyan, M., Noor-Mohammadi, G. and Haghparast, R., 2010. Evaluation of grain yield and its components in three bread wheat cultivars under drought stress. **Journal of Animal and Plant Sciences**. 9(1), 1117-1121.

- Singh, B. B., Ajeigbe, H. A., Tarawali, S. A., Fernandez-Rivera, S. and Abubakar, M., 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. **Field crops research**. 84(1-2), 169-177.
- Striker, G. G., 2012. Flooding stress on plants: anatomical, morphological and physiological responses. **Botany**. 1(1), 3-28.
- Sundgren, T. K., Uhlen, A. K., Waalen, W. and Lillemo, M., 2018. Field screening of waterlogging tolerance in spring wheat and spring barley. **Agronomy**. 8(4), 38.
- Tian, L. X., Bi, W. S., Ren, X. S., Li, W. L., Sun, L. and Li, J., 2020. Flooding has more adverse effects on the stem structure and yield of spring maize (*Zea mays* L.) than waterlogging in Northeast China. **European Journal of Agronomy**. 117, 126054.
- Tian, L. X., Zhang, Y. C., Chen, P. L., Zhang, F. F., Li, J., Yan, F. and Feng, B. L., 2021. How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. **Frontiers in plant science**. 12, 634898.
- Tiryakioğlu, M., Karanlık, S. ve Aslanyürek, D. 2014. Farklı su baskını sürelerinin ekmeklik buğday fidelerinde yaprak alanı, kuru madde ve klorofil içeriğine etkisi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**. 1(2), 281-288.
- Tiryakioğlu, M., Karanlık, S. ve Soylu, S., 2012. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin oksijensizliğe tolerans düzeylerinin su kültürü ortamında belirlenmesi. **TÜBİTAK 1002 Yayınlanmamış Projesi Sonuç Raporu**. Proje No: 110O468, 58s.
- TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.wwf.org.tr/?6140/turkiyeninbugdayatlasi> (15.11.2024).
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (15.11. 2024).
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535> (15.11. 2024).
- Unger, I. M., Motavalli, P. P. ve Muzika, R. M., 2009. Changes in soil chemical properties with flooding: A field laboratory approach. **Agriculture, ecosystems and environment**. 131(1-2), 105-110.
- Ünlü, İ. A., 2005. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin su baskınına tolerans derecelerinin belirlenmesi. **Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 58 s.
- Vahamidis, P., Karamanos, A. J. and Economou, G., 2019. Grain number determination in durum wheat as affected by drought stress: An analysis at spike and spikelet level. **Annals of Applied Biology**. 174(2), 190-208.
- Voesenek, L. A. and Bailey-Serres, J., 2015. Flood adaptive traits and processes: an overview. **New Phytologist**. 206(1), 57-73.
- Voesenek, L. A. C. J. and Bailey-Serres, J., 2013. Flooding tolerance: O₂ sensing and survival strategies. **Current Opinion in Plant Biology**. 16(5), 647-653.
- Wang, Y. and Dong, L., 2020. Effects of Waterlogging Stress on Enzymatic Antioxidant Systems in Crop Plants and Their Regulation. **Turkish Journal of Agriculture. Food Science and Technology**. 8(12), 2461-2467.
- Wu, J., Wang, J., Hui, W., Zhao, F., Wang, P., Su, C. and Gong, W., 2022. Physiology of plant responses to water stress and related genes: A review. **Forests**. 13(2), 324.
- Wu, X., Tang, Y., Li, C., Wu, C. and Huang, G., 2015. Chlorophyll fluorescence and yield responses of winter wheat to waterlogging at different growth stages. **Plant Production Science**. 18(3), 284-294.

- Xu, Z., Shen, Q. and Zhang, G., 2022. The mechanisms for the difference in waterlogging tolerance among sea barley, wheat and barley. **Plant Growth Regulation**. 96(3), 431-441.
- Yang, F. F., Tao, L. I. U., Wang, Q. Y., Du, M. Z., Yang, T. L., Liu, D. Z. and Liu, S. P., 2021. Rapid determination of leaf water content for monitoring waterlogging in winter wheat based on hyperspectral parameters. **Journal of Integrative Agriculture**. 20(10), 2613-2626.
- Yavuz, D., Seymen, M., Yavuz, N., Çoklar, H. ve Ercan, M., 2021. Effects of water stress applied at various phenological stages on yield, quality, and water use efficiency of melon. **Agricultural Water Management**. 246, 106673.
- Yee, Y., Tam, N. F., Wong, Y.S. and Lu, C.Y. 2003. Growth and physiological responses of two mangrove species (*Bruguiera gymnorhiza* and *Kandelia candel*) to waterlogging. **Environmental and Experimental Botany**. 49(3), 209-221.
- Yemelyanov, V. V. and Shishova, M. F., 2012. The role of phytohormones in the control of plant adaptation to oxygen depletion. **Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants**. 229-248.
- Yeung, E., van Veen, H., Vashisht, D., Sobral Paiva, A. L., Hummel, M., Rankenberg, T. and Sasidharan, R., 2018. A stress recovery signaling network for enhanced flooding tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 115(26), 6085-6094.
- Yu, M., Zhou, Z., Deng, X., Li, J., Mei, F. and Qi, Y., 2017. Physiological mechanism of programmed cell death aggravation and acceleration in wheat endosperm cells caused by waterlogging. **Acta Physiologiae Plantarum**. 39, 1-11.
- Zamani, A., Emam, Y. and Edalat, M., 2024. Response of Bread Wheat Cultivars to Terminal Water Stress and Cytokinin Application from a Grain Phenotyping Perspective. **Agronomy**. 14(1), 182.
- Zamani, M., Sonboli, A., Goldansaz, M. and Mirjalili, M. H., 2024. In vitro micropropagation and conservation of endangered medicinal plant *Nepeta asterotricha* Rech. f. (Lamiaceae): genetic fidelity, phytochemical and biological assessment. **Physiology and Molecular Biology of Plants**. 30(1), 67-80.
- Zhang, B. and Wang, Q., 2015. MicroRNA-based biotechnology for plant improvement. **Journal of cellular physiology**. 230(1), 1-15.
- Zhang, B., Gao, Y., Zhang, L. and Zhou, Y., (2021). The plant cell wall: Biosynthesis, construction, and functions. **Journal of Integrative Plant Biology**. 63(1), 251-272.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y. and Asseng, S., 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **Proceedings of the National Academy of sciences**. 114(35), 9326-9331.
- Zhao, W., Liu, L., Shen, Q., Yang, J., Han, X., Tian, F. and Wu, J., 2020. Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. **Water**. 12(8), 2127.
- Zheng, L., Hong, F., Lu, S. and Liu, C., 2005. Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. **Biology Trace Elemental Research**. 105, 839-843.
- Zheng, Z. L., 2009. Carbon and nitrogen nutrient balance signaling in plants. **Plant signaling and behavior**. 4(7), 584-591.

- Zhou, C. Q., Lu, C. H., Mai, L., Bao, L. J., Liu, L. Y. and Zeng, E. Y., 2021. Response of rice (*Oryza sativa* L.) roots to nanoplastic treatment at seedling stage. **Journal of Hazardous Materials**. 401, 123412.
- Zhou, H., Riche, A. B., Hawkesford, M. J., Whalley, W. R., Atkinson, B. S., Sturrock, C. J. and Mooney, S. J., 2021. Determination of wheat spike and spikelet architecture and grain traits using X-ray Computed Tomography imaging. **Plant Methods**. 17, 1-9.
- Zhou, Y., Liu, X., Engstrom, E. M., Nimchuk, Z. L., Pruneda-Paz, J. L., Tarr, P. T. and Meyerowitz, E. M. (2015). Control of plant stem cell function by conserved interacting transcriptional regulators. **Nature**. 517(7534), 377-380.



ÖZGEÇMİŞ

Nurdan KIRAÇ, 2015 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Ardından, 2018 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamladı. 2024 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Üniversite-Sanayi İşbirliği ve Teknoloji Transfer Ofisi Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde Öğretim Görevlisi olarak göreve başlayan KIRAÇ, halen bu görevine devam etmektedir.

