

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**



**FARKLI TABAN SUYU DERİNLİĞİ VE TUZLULUĞUNUN
BUĞDAYIN BİTKİ SU TÜKETİMİ, VERİM VE KALİTE
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Doktora Tezi

Mehmet Sait KİREMİT

Danışman

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Bu doktora tez çalışması TÜBİTAK tarafından desteklenen TOVAG 116 O 492'nolu projenin bir bölümüdür.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Sait KİREMİT tarafından, Prof. Dr. Hakan ARSLAN danışmanlığında hazırlanan “FARKLI TABAN SUYU DERİNLİĞİ VE TUZLULUĞUNUN BUĞDAYIN BİTKİ SU TÜKETİMİ, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 23.1.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan Prof. Dr. Razaman MERAL Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tarımsal Yapılar Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye (Danışman) Prof. Dr. Hakan ARSLAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye Prof. Dr. İsmail SEZER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tahıllar ve Yemeklik Tane Baklagiller Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye Prof. Dr. Bilal CEMEK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA Erciyes Üniversitesi Arazi ve Su Kaynakları Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

6 /12/ 2022

Mehmet Sait KİREMİT

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: FARKLI TABAN SUYU DERİNLİĞİ VE TUZLULUĞUNUN BUĞDAYIN BİTKİ SU TÜKETİMİ, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 6.12.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 11

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

6 / 12 / 2022

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

ÖZET

FARKLI TABAN SUYU DERİNLİĞİ VE TUZLULUĞUNUN BUĞDAYIN BİTKİ SU TÜKETİMİ, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mehmet Sait KİREMİT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı
Doktora, Ocak/2023
Danışman: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Bu çalışma, 2018 ve 2019 yıllarında yağmurdan korunaklı alanda buğday bitkisinin 3 farklı taban suyu derinliği (30, 55 ve 80 cm) ve 4 farklı taban suyu tuzluluğu (0.38, 2, 4 ve 8 dS m⁻¹) koşullarında bitki su tüketimi, verim, kalite parametreleri, toprak tuzluluğu ve zamansal antioksidan enzimlerin (Süperoksit dismutaz (SOD), Katalaz (CAT), Glutasyon Redüktaz (GR), Glutasyon S-transferaz (GST)) değişimleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme konuları tesadüf bloklar deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak lizimetrelerde yürütülmüştür. Araştırmanın her iki yılında, taban suyu derinliğinin artmasıyla buğday bitkisinin bitki su tüketimi, verim, su kullanım etkinliği, 1000 tane ağırlığı, bitki boyu, başakta tane sayısı, stoma iletkenliği, başak uzunluğunun arttığı belirlenmiştir. Ancak, taban suyu tuzluluğu arttıkça bitki su tüketimi, verim ve verim parametrelerinin azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek verim ve bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 2018 yılında 963.3 kg da⁻¹ ve 630.1 mm, 2019 yılında ise 886.8 kg da⁻¹ ve 550.1 mm olarak belirlenmiştir. Su kullanım etkinliği 2018 yılında 1.49-1.65 kg m⁻³ arasında ve 2019 yılında ise 1.18-1.73 kg m⁻³ arasında değişim göstermiştir. En yüksek toprak tuzluluğu değerleri 30 cm taban suyu derinliği koşullarında elde edilirken, en düşük değerler ise 80 cm taban suyu koşullarında elde edilmiştir. Antioksidan enzim aktiviteleri taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna göre önemli derecede farklılık göstermiştir. Bununla birlikte, GR enzimi ile bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, stoma iletkenliği ve hektolitre ağırlığı arasında yüksek ve negatif korelasyon elde edilmiştir. Ancak, SOD enzimi ile verim ve kalite parametreleri arasında ilişki bulunmamıştır. Buna göre, tuzlu taban suyu koşullarında pandas buğday bitkisinin morfoloji ve fizyolojisinde oluşabilecek zararların tahmin edilebilmesinde, tane verim ve kalitesinde kayıpların en az indirilebilmesi için GR enziminde meydana gelen değişimlerin dikkate alınması önerilmektedir. Kontrollü drenaj koşullarında, buğday bitkisinin taban suyundan beslenim miktarını arttırmak için taban suyunun 55 cm derinlikte ve 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullarda sabit tutulabilir. Ancak, taban suyu tuzluluğu arttıkça, sürdürülebilir tarımsal üretim için taban suyu derinliğinin 80 cm veya daha derinde sabit tutulması önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Antioksidan enzim, Buğday, Kontrollü drenaj, Tane verimi, Toprak tuzluluğu

ABSTRACT

EFFECTS OF DIFFERENT GROUNDWATER DEPTHS AND SALINITIES ON EVAPOTRANSPIRATION, YIELD AND QUALITY PARAMETERS OF WHEAT

Mehmet Sait KİREMİT

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Ph.D., January/2023

Supervisor: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

This study was conducted to evaluate the effects of 3 different groundwater depths (30, 55, and 80 cm) and 4 different groundwater salinities (0.38, 2, 4, and 8 dS m⁻¹) on evapotranspiration, yield, quality parameters, soil salinity, and temporal changes of antioxidant enzymes (Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione Reductase (GR), Glutathione-S-transferase (GST)) of wheat crops in 2018 and 2019 under rain shelter area. The experimental trials were laid out in a randomized complete block design with 3 replications in lysimeters. In both years of the study, evapotranspiration, yield, water use efficiency, 1000-grain weight, plant height, grain number per spike, stomatal conductance, and spike length increased with increasing groundwater depth. However, evapotranspiration, yield, and quality parameters were found to decrease with increasing groundwater salinity. The highest yield and evapotranspiration values were found to be 963.3 kg da⁻¹ and 630.12 mm in 2018 and 886.83 kg da⁻¹ and 550.12 mm in 2019, respectively. Water use efficiency values varied between 1.49-1.65 kg m⁻³ in 2018 and between 1.18-1.73 kg m⁻³ in 2019. The highest soil salinity values were obtained at a groundwater depth of 30 cm, while the lowest values were obtained at a groundwater depth of 80 cm. Antioxidant enzyme activities differed significantly according to groundwater depth and groundwater salinity. In addition, GR enzyme activities were strongly and negatively correlated with plant height, 1000-grain weight, stomata conductance, and hectoliter weight. In contrast, no correlation was found between SOD enzyme activities and yield and quality parameters. Accordingly, it is recommended that GR enzyme changes be considered in predicting the damage that may occur in pandas wheat plant morphology and physiology under saline groundwater conditions to minimize grain yield and quality losses. Under controlled drainage conditions, groundwater can be kept constant at a depth of 55 cm and at 0.38 dS m⁻¹ to increase the contribution of groundwater to wheat crops. However, as groundwater salinity increases, it is recommended that groundwater depth be kept constant at 80 cm or deeper for sustainable agricultural production.

Keywords: Antioxidant enzyme, Wheat, Controlled drainage, Grain yield, Soil salinity

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatıma başladığım ilk günden itibaren akademik çalışmalarda söz söyleme gücünü aşıl原因, tezimin her aşamasında beni cesaretlendiren, yol gösteren, hoşgörü ve anlayışla zorda kaldığım her an destek olan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Hakan ARSLAN' a ömrüm boyunca teşekkürü bir borç bilir ve sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez izleme komitesinde yer alan kıymetli önerileri ile destek olan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Bilal CEMEK ve Sayın Doç. Dr. İsmail SEZER' e en içten duygularıyla teşekkür ederim. Tez savunma jürisinde yer alan Sayın Prof. Dr. Ramazan MERAL ve Sayın Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA hocalarıma değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitim ve öğretim hayatım bana katkı sağlayan Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü hocalarıma, tüm bölüm olanaklarından yararlanma imkanı sağlayan Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölüm Başkanlığı'na, bitkilerin antioksidan enzim analizlerinin gerçekleştirilmesinde laboratuvar imkanlarından yararlanmama olanak sağlayan Sayın Prof. Dr. Deniz EKİNCİ'ye, arazi çalışması ve bitki analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hasan AKAY'a teşekkürü bir borç bilirim. Denemenin kurulması aşamasında sabır ve fedakarlıkla yardımlarını esirgemeyen Utku ŞAHİN'e, Araş. Gör. Mehmet ALTUN'a, Milosten DESIRE'ye, sulama zamanında ve birçok ölçümlerde yardımlarını aldığım Araş. Gör. Elif ÖZTÜRK'e, Mutlu YALÇIN, Murat Can BAHADIR, Mine AKAL'a, enzim analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Ömer TAŞ, Araş. Gör. Ahmet Can OLCAY, Araş. Gör. Gürkan BİLİR'e teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasını yaptığım zaman boyunca her türlü yardımı ve desteği ile üstümde hakkı olan kişilerin sayısı çoktur. Çoğunu burada ismen zikretmek mümkün değilse de herkese en kalbî duygularıyla müteşekkirdiğimi ifade etmek isterim. Maddi desteğinden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (Proje No: 116O492) teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, hayatımın her aşamasında beni fedakarlıkla yetiştirip bugünlere getiren babam İlvan KİREMİT'e ve annem Zehra KİREMİT'e ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim kardeşlerim Ali Nail KİREMİT'e ve Menal KİREMİT'e en içten şükranlarımı sunarım.

Mehmet Sait KİREMİT

*16 Nisan 1999'dan beri varlığı ile hayatıma eşsiz mutluluk katan,
Hayatımın her zor aşamasında hastalıkta ve sağlıkta, fedakârca yanı başımda olan
başarılarımın mimarı biricik eşim, hayat yoldaşım, çocuklarımın anası, can yoldaşım
Araş. Gör. Birgül YABANA KİREMİT'e ömrüm boyumca teşekkürü bir borç bilir en
kalbi duygularla şükranlarımı sunarım.
Hayatta enerji kaynaklarım, can parçalarım, kıymetlilerim Esila KİREMİT ve Emir
Kaan KİREMİT'in varlıkları için
Rabb'ime sonsuz şükürler olsun...*

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Taban Suyu ile İlgili Çalışmalar.....	4
2.2. Enzim ile İlgili Yapılan Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Deneme Alanı.....	16
3.1.2. Deneme Alanı İklim Özellikleri	16
3.1.3. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	18
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Deneme Konuları.....	18
3.2.2. Lizimetrelerin Hazırlanması	20
3.2.3. Toprak Nem Ölçümü ve Nötron Prob Cihazının Kalibre Edilmesi	21
3.2.4. Tohumların Ekilmesi ve Gübreleme	23
3.2.5. Farklı Taban Suyu Derinlik ve Tuzluluk Konularının Oluşturulması.....	24
3.2.6. Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi.....	26
3.2.7. Zamansal Olarak Yapılan Ölçümler	27
3.2.7.1. Klorofil İçeriğinin Belirlenmesi.....	27
3.2.7.2. Stoma İletkenliği Ölçümleri	28
3.2.7.3. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri.....	29
3.2.8. Hasat İşlemi.....	29
3.2.9. Fizyolojik Gözlemler ve Analizler.....	29
3.2.9.1. Çimlenme Gün Sayısı.....	30
3.2.9.2. Olgunlaşma Gün Sayısı	30
3.2.9.3. Kardeş Sayısı	30
3.2.9.4. Bitki Boyu	30
3.2.9.5. Başak Ekseni Uzunluğu.....	30
3.2.9.6. Başakta Başakçık Sayısı.....	31
3.2.9.7. Başakta Tane Sayısı	31
3.2.9.8. Başakta Tane Ağırlığı.....	31
3.2.9.9. Biokütle Ağırlığı	31
3.2.9.10. Tane Verimi	31
3.2.9.11. Tane Eni	32
3.2.9.12. Tane Boyu.....	32
3.2.9.13. Bin Tane Ağırlığı	32
3.2.9.14. Hektolitre Ağırlığı.....	32
3.2.9.15. Bitkinin Yaş-Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi	32
3.2.10. Deneme Sonunda Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler.....	32
3.2.11. Tarımsal İşlemler	35
3.2.12. Bitki Su Tüketimi ve Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi	36
3.2.13. Yapraklarda Antioksidan Enzim Analiz Yöntemleri	36
3.2.14. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Sulama Bulguları.....	39
4.1.1. Sulama Bileşenlerine Ait Sonuçlar	39
4.1.2. Bitki Su Tüketimi	43

4.1.3. Toprak Nem İçeriği.....	46
4.1.4. Taban Suyundan Beslenme Miktarı.....	50
4.2. Tane Verimi	56
4.3. Su Kullanım Etkinliği	61
4.4. Toprak Tuzluluğu	65
4.5. Yaprak Su Potansiyeli.....	75
4.6. Stoma İletkenliği	79
4.7. Klorofil İçeriği	84
4.8. Toprak Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	89
4.8.1. Toprak pH Değeri	89
4.8.2. Katyon Değişim Kapasitesi	90
4.9. Enzim Aktivitelerinin Değerlendirilmesi.....	93
4.9.1. Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi	93
4.9.2. Glutasyon S-transferaz (GST) Enzim Aktivitesi.....	98
4.9.3. Glutasyon Redüktaz (GR) Enzim Aktivitesi.....	103
4.9.4. Superoksit Dismutaz (SOD) Enzim Aktivitesi	109
4.10. Fizyolojik Ölçüm Sonuçları	115
4.9.1. Çiçeklenme Gün Sayısı	115
4.9.2. Olgunlaşma Gün Sayısı.....	118
4.9.3. Kardeş Sayısı.....	121
4.9.4. Bitki Boyu	123
4.9.5. Başak Ekseni Uzunluğu	126
4.9.6. Başakta Başakçık Sayısı.....	128
4.9.7. Başakta Tane Sayısı	130
4.9.8. Başakta Tane Ağırlığı	133
4.9.9. Biokütle Ağırlığı.....	136
4.9.10. Tane Boyu	138
4.9.11. Tane Genişliği	141
4.9.12. Bin Tane Ağırlığı.....	143
4.9.13. Hektolitre Ağırlığı.....	145
4.9.14. Bitki Yaş Ağırlığı.....	148
4.9.15. Bitki Kuru Ağırlığı.....	150
4.10. Parametreler Arasındaki İlişkiler.....	153
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	158
KAYNAKLAR	165
ÖZ GEÇMİŞ	176

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
CCI	: Klorofil içeriği indeksi
cm	: Santimetre
da	: Dekar
dS m ⁻¹	: Desisiemens/metre
gr	: Gram
ha	: Hektar
hl	: Hektolitire
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
mmol	: milimol
MPa	: Mega paskal

Kısaltmalar

APx	: Askorbat Peroksidaz
CAT	: Katalaz
ET	: Bitki Su Tüketimi
GR	: Glutasyon Redüktaz
GST	: Glutasyon S-Transferaz
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
POX	: Peroksidaz
SH	: Standart Hata
SOD	: Süperoksit Dismutaz
TSBM	: Taban Suyu Beslenme Miktarı
TSD	: Taban Suyu Derinliği
TST	: Taban Suyu Tuzluluğu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü alan	16
Şekil 3.2. Yıllara göre deneme alanı günlük ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin zamansal değişimi	17
Şekil 3.3. Deneme deseni	19
Şekil 3.4. Toprak eleme işlemi	20
Şekil 3.5. Lizimetrelerin hazırlanması	21
Şekil 3.6. Nem kalibrasyonu için lizimetrelerin hazırlanması	22
Şekil 3.7. Toprağın hacim yüzdesi cinsinden nem kalibrasyon eğrisi.....	23
Şekil 3.8. Tohumların ekilmesi ve seyreltilmesi.....	23
Şekil 3.9. Denemede kullanılan lizimetre ve mariotte tüplerinin şematik görünümü	25
Şekil 3.10. Farklı taban suyu derinlik ve tuzluluk konularının oluşturulması	25
Şekil 3.11. Yaprak klorofil içeriğinin ölçülmesi.....	28
Şekil 3.12. Yaprakların stoma iletkenliği ölçümü.....	28
Şekil 3.13. Yaprak su potansiyeli ölçümleri.....	29
Şekil 3.14. Bitki boyu ölçümü	30
Şekil 3.15. Başak eksen uzunluğu ölçümü	31
Şekil 3.16. Başak hasadı, harmanı ve tartım işlemleri	32
Şekil 3.17. Toprak örneği alma, kurutma ve eleme işlemleri	33
Şekil 3.18. Portatif EC metre ile derinlik boyunca toprak tuzluluğunun ölçülmesi.....	34
Şekil 3.19. Saturasyon işlemi, EC ve pH okumaları	35
Şekil 4.1. 2018 yılı toprak nem içeriği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi	47
Şekil 4.2. 2019 yılı toprak nem içeriği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi	48
Şekil 4.3. 2018 yılı taban suyundan beslenme miktarlarının farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğuna göre zamansal değişimi	51
Şekil 4.4. 2019 yılı taban suyundan beslenme miktarlarının farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğuna göre zamansal değişimi	52
Şekil 4.5. 2018, 2019 yılları için farklı taban suyu derinliği koşullarında buğday bitki su tüketimi ile tane verimi arasındaki ilişkiler	60
Şekil 4.6. 2018-2019 yılları için toprak tuzluluğunun konulara göre zamansal değişimi	66
Şekil 4.7. 2018 yılı farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu için ortalama toprak tuzluluğunun derinlik boyunca değişimi	69
Şekil 4.8. 2019 yılı farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu için ortalama toprak tuzluluğunun derinlik boyunca değişimi	70
Şekil 4.9. Yıllara göre farklı taban suyu derinliği (a), taban suyu tuzluluğu (b) ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun (c) toprak tuzluluğu üzerine etkileri	71
Şekil 4.10. Farklı taban suyu derinliğine göre toprak tuzluluğu ile tane verimi ve bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler	74

Şekil 4.11. 2018-2019 yılları için yaprak su potansiyeli değerlerinin konulara göre zamansal değişimi	76
Şekil 4.12. 2018-2019 yılları için stoma iletkenliği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi	80
Şekil 4.13. Farklı taban suyu derinliği koşullarında taban suyu tuzluluğu ile stoma iletkenliği arasındaki ilişkiler.....	83
Şekil 4.14. 2018-2019 yılları için klorofil içeriği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi	85
Şekil 4.15. Yıllara göre farklı taban suyu derinliği (a), taban suyu tuzluluğu (b) ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun (c) klorofil içeriği üzerine etkileri.....	87
Şekil 4.16 2018 yılı katalaz enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	94
Şekil 4.17. 2019 yılı katalaz enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	95
Şekil 4.18. Buğday bitkisinin yaprak katalaz enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler.....	97
Şekil 4.19. 2018 yılı GST enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	99
Şekil 4.20. 2019 yılı GST enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	100
Şekil 4.21. Buğday bitkisinin yaprak GST enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler.....	102
Şekil 4.22. 2018 yılı GR enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	104
Şekil 4.23. 2019 yılı GR enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	106
Şekil 4.24. Buğday bitkisinin yaprak GR enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler.....	108
Şekil 4.25. 2018 yılı SOD enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	109
Şekil 4.26. 2019 yılı SOD enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi	111
Şekil 4.27. Buğday bitkisinin yaprak SOD enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler.....	114
Şekil 4.28. Yıllara göre farklı taban suyu derinliği (a), taban suyu tuzluluğu (b) ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun (c) olgunlaşma gün sayısı üzerine etkileri	119

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Araştırma yıllarında iklim parametrelerinin aylara göre değişimi	18
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	18
Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan suların kimyasal özellikleri	26
Tablo 3.4. 2018 ve 2019 araştırma yılları periyodunda yapılan tarımsal işlemler	35
Tablo 4.1. Araştırma yıllarında konulara göre buğday bitkisinin bitki su tüketim değerleri..	40
Tablo 4.2. Yıllara göre sulama suyu miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	40
Tablo 4.3. Yıllara göre sulama suyu miktarlarına (mm) ait istatistiksel analiz sonuçları	41
Tablo 4.4. Yıllara göre bitki su tüketimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	43
Tablo 4.5. Yıllara göre bitki su tüketimi (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	44
Tablo 4.6. Yıllara göre taban suyu beslenme miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	54
Tablo 4.7. Yıllara göre taban suyu beslenme miktarı (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	54
Tablo 4.8. Yıllara göre tane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	56
Tablo 4.9. Yıllara göre tane verimi (kg da^{-1}) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	57
Tablo 4.10. Yıllara göre su kullanım etkinliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları	61
Tablo 4.11. Yıllara göre su kullanım etkinliği (kg m^{-3}) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	62
Tablo 4.12. Yıllara göre tane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	71
Tablo 4.13. Yıllara göre yaprak su potansiyeli değerlerine ait varyans analiz sonuçları	77
Tablo 4.14. Yıllara göre yaprak su potansiyeli (MPa) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	77
Tablo 4.15. Yıllara göre stoma iletkenliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları	81
Tablo 4.16. Yıllara göre stoma iletkenliği ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	81
Tablo 4.17. Yıllara göre klorofil içeriği (CCI) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	86
Tablo 4.18. Yıllara göre toprak pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	89
Tablo 4.19. Yıllara göre toprak pH değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	90
Tablo 4.20. Yıllara göre toprak katyon değişim kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	91
Tablo 4.21. Yıllara göre toprak katyon değişim kapasitesi (meq/100g) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	91
Tablo 4.22. CAT enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları.....	97
Tablo 4.23. GST enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları	102
Tablo 4.24. GR enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları	108
Tablo 4.25. SOD enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları.....	114
Tablo 4.26. Yıllara göre çiçeklenme gün sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	115

Tablo 4.27. Yıllara göre çiçeklenme gün sayısı (gün) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	116
Tablo 4.28. Yıllara göre olgunlaşma gün sayısı değerlerine (gün) ait varyans analiz sonuçları	118
Tablo 4.29. Yıllara göre kardeş sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	121
Tablo 4.30. Yıllara göre kardeş sayısı (adet) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları....	121
Tablo 4.31. Yıllara göre bitki boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları	124
Tablo 4.32. Yıllara göre bitki boyu (cm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	124
Tablo 4.33. Yıllara göre başak eksen uzunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları ...	127
Tablo 4.34. Yıllara göre başak eksen uzunluğu (cm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	127
Tablo 4.35. Yıllara göre başakta başakçık sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları ..	129
Tablo 4.36. Yıllara göre başakta başakçık sayısı (adet) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	129
Tablo 4.37. Yıllara göre başakta tane sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	131
Tablo 4.38. Yıllara göre başakta tane sayısına (adet) ait istatistiksel analiz sonuçları.....	131
Tablo 4.39. Yıllara göre başakta tane ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	134
Tablo 4.40. Yıllara göre başakta tane ağırlığı (gr/adet) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	134
Tablo 4.41. Yıllara göre biokütle ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	136
Tablo 4.42. Yıllara göre biokütle ağırlığı (kg da ⁻¹) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	136
Tablo 4.43. Yıllara göre tane boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	139
Tablo 4.44. Yıllara göre tane boyu (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	139
Tablo 4.45. Yıllara göre tane eni değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	141
Tablo 4.46. Yıllara göre tane eni (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	142
Tablo 4.47. Yıllara göre bin tane ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	143
Tablo 4.48. Yıllara göre bin tane ağırlığı (gr) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları ..	144
Tablo 4.49. Yıllara göre bitki kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	146
Tablo 4.50. Yıllara göre hektolitre ağırlığı (kg/hl) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları	147
Tablo 4.51. Yıllara göre bitki yaş ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	148
Tablo 4.52. Yıllara göre bitki yaş ağırlığı (gr) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.	149
Tablo 4.53. Yıllara göre bitki kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	150
Tablo 4.54. Yıllara göre bitki kuru ağırlığı (gr) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	151
Tablo 4.55. Bitki su tüketimi, toprak tuzluluğu ile enzimler, verim ve büyüme parametreleri arasındaki ilişkiler	153

1. GİRİŞ

Su, sürekli bir çevrim içinde yenilenebilir bir doğal kaynak olmasına rağmen hızlı nüfus artışı, iklim değişikliği ve sanayileşme, sulamada bilinçsiz su kullanımı gibi faktörlerden dolayı çevrimini tamamlayamadan tüketilmektedir. Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak gıda ve su ihtiyacı da artmaktadır. Bu durum küresel gıda güvenliğini sağlayabilmek için, sürdürülebilir toprak-bitki-su yönetimi çerçevesinde sınırlı su kaynaklarının optimum şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Küresel su kaynakları göz önünde bulundurulduğunda, mevcut su kaynaklarının %71'lik kısmı tarım sektöründe kullanılmaktadır (The World Bank, 2019). Ülkemizde yıllık tüketilen su miktarı 44 milyar m³ olmakla birlikte bu suyun; 7 milyar m³'ü içme suyu, 5 milyar m³'ü sanayide ve 32 milyar m³'ü ise tarımsal sulamada kullanılmaktadır (DSİ, 2019). Nüfus artışı ile birlikte, evsel, endüstriyel ve tarım sektörlerinin su ihtiyaçları artmakta ve bu durum mevcut sınırlı su kaynaklarının kullanımı için sektörler arası rekabete neden olmaktadır.

Tarım sektörü açısından ele alındığında özellikle, tarımsal üretim alanlarından yüksek ve kaliteli ürün elde edilebilmesi için sulu tarımda kullanılabilir ve yeterli miktardaki su kaynağına bağlıdır. Ancak küresel ısınma, iklim değişimi ve diğer kirleticiler nedeniyle temiz ve kaliteli su kaynakları giderek azalmaktadır. Suyun en çok kullanıldığı sektör olan tarımda temiz su kaynakları ile tuzlu sular ve sığ taban suyu gibi temiz su kaynaklarına alternatif olabilecek suların sulama amacıyla kullanım imkânlarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca, dünyanın birçok bölgesinde sığ taban suyu olmasına rağmen, taban suyunun toprak nemi ve bitkilerin taban suyundan beslenme miktarları göz ardı edilmektedir. Ancak, birçok bitki tuzlu taban sularından ihtiyaç duyduğu su ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu durum, özellikle ürün yetiştiriciliğinde sulama suyu miktarlarının kullanılmasını önemli derecede azaltmaktadır.

Taban suyu derinliği ile bitki gelişimi ve verim arasında önemli bir ilişki vardır (Zhao et al., 2020). Bitkilerden elde edilecek en yüksek verim ancak her bitki için belirlenecek optimum taban suyu düzeyinde gerçekleşmektedir. Bu amaçla toprak içerisindeki taban suyunun optimum düzeyde kontrol altında tutulabilmesi için kapalı drenaj sistemleri kurulmaktadır. Kapalı drenaj sistemlerinin projelenmesinde önemli bir kriter olan dren derinliği ve dren aralığı optimum taban suyu derinliğine göre

saptanmaktadır. Taban suyu derinliğinin bitki kök bölgesinin altında olması bitki gelişimi açısından önem arz etmektedir. Ancak su kaynağının az olduğu bölgelerde taban suyu derinliğinin kontrol altına alınmasıyla bitkiler su ihtiyacının bir kısmını taban suyundan sağlayabilmektedir.

Bitkilerin, taban suyundan beslenebilirliği iklim koşullarına, bitki çeşidine, toprak hidrolik özelliklerine, toprak tuzluluğuna, bitki büyüme evresine bağlı olarak değişim göstermektedir (Huo et al., 2012). Sığ tuzlu taban suyu, kapilarite yoluyla toprağın üst bölgesine su ile birlikte tuz minerallerini de taşımakla ve bazı olumsuzluklara neden olmaktadır (Zimmermann et al., 2017). Bununla birlikte sığ taban suyu toprak gözeneklerinin tamamını su ile doldurarak kök bölgesinde havasız ortam oluşmasına ve böylece köklerin yavaş gelişmesine veya ölmesine neden olmaktadır (Jin et al., 2012; Wang et al., 2013). Ayrıca, tuz içeriği yüksek taban suları, bitki kök bölgesinde tuz miktarının artmasına ve ikincil tuzlulaşmaya sebep olarak bitki gelişiminin önemli derecede azalmasına sebep olmaktadır (Mohammed et al., 2014; Gong et al., 2015; Li et al., 2019). Taban suyunun kontrol altına alınması, bitki verimi, toprak-su-tuz dengesinin sağlanması ve sürdürülebilir tarımsal üretim açısından önemlidir. Günümüzde, iklim değişimi, düzensiz yağış vb. çevresel faktörlerden kaynaklı temiz su kaynaklarında meydana gelen azalış, sürdürülebilir tarım için alternatif su kaynakları oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Kontrollü drenaj sistemi, su kaynaklarından tasarruf, enerji ve işçilik maliyetinde azalma, bitki gelişimine göre taban suyu derinliğinin kontrol edilebilmesi ve drenaj suyunun tekrardan kullanabilmesi açısından tarımsal üretim için önemli bir alternatif su kaynağı olmaktadır. Kontrollü drenaj sisteminin sürdürülebilir tarım için kullanılabilirliği ile ilgili farklı sulama stratejileri ve farklı toprak hidrolik özellikleri göz önünde bulundurularak farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğunun sürdürülebilir toprak ve su yönetimi açısından incelenmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir tarım açısından; su stresi, tuzluluk ve taban suyu derinliği gibi farklı yetiştirme koşullarının uzun ve kısa dönemde bitki verimliliği üzerindeki etkisinin araştırılması gerekmektedir. Bu nedenle, insan beslenmesinde en önemli besin kaynağını oluşturan buğday bitkisinin öncelikle ele alınması gerekmektedir. Buğday dünyada pek çok insanın gıda ihtiyacının karşılanması açısından büyük bir öneme sahiptir. Türkiye’de buğday ve buğdaydan elde edilen gıda maddelerinin tüketimi birinci sırada yer almaktadır (Çakmak, 2008). Buğday üretimi, ülkemizin her

bölgesinde yapılmaktadır. Bu nedenle buğday, tarla bitkileri içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından ilk sırayı almaktadır. Son 20 yılda buğday ekim alanları 7.5-9.8 milyon hektar arasında; üretimi ise 17.2 – 22.05 milyon ton arasında değişmiştir. Ülkemizde artan nüfusla birlikte buğday talebi de artmaktadır. Ekmek, bulgur, makarna, ırmik, bisküvi, nişasta ve buğdaya dayalı diğer unlu mamuller tüketimi dikkate alındığında buğday tüketimimiz 18-18.5 milyon ton düzeyindedir. (TUİK, 2017). Ancak, kurak ve yarık bölgelerde, yağışa dayalı olarak yetiştirilen buğday bitkisinin verimi yetersiz su kaynaklarından dolayı önemli derece azalmaktadır (Wakchaure et al., 2016). Akdeniz bölgesindeki çiftçiler kurak yıllar dışında genellikle yüzey yöntemleriyle bir veya iki tamamlayıcı sulama uygulamakta ve daha sonra sulama yapmamaktadır. Buğdayda büyüme ve gelişme dönemlerinden, ekim ve ilk gelişme dönemi, kardeşlenme dönemi, sapa kalkma dönemi, başaklanma dönemi, tane dolum dönemleri (süt olum, sarı olum, fizyolojik olum) dikkate alındığında; bu bölgede buğdayın hassas büyüme (sapa kalkma ve başaklanma) ve tane dolum (süt dolum) dönemlerinin denk geldiği mart-mayıs aralığındaki yağış azlığı verimde azalmalara sebep olmaktadır. (Alghory and Yazar, 2019). Bu nedenle, bitki ve toprağı esas alan yeni su yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, sürdürülebilir su ve toprak kaynakları açısından çok önemlidir.

Bu çalışmada, insan beslenmesinde en önemli besin kaynağını oluşturan buğday bitkisinin farklı taban suyu derinliğı ve taban suyu tuzluluğı şartlarında yetiştirilmesi sonucu oluşan verim ve verim öğeleri ile taban suyundan beslenme miktarı ve antioksidan enzim aktivitelerindeki değışimler incelenmiştir. Bununla birlikte farklı taban suyu koşullarında, stoma iletkenliğı, yaprak su potansiyeli, klorofil ve toprak tuzluluğunun zamansal değışimi incelenmiştir. Ayrıca, verim ve verim parametreleri ile antioksidan enzimler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Sonuç olarak, farklı taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin antioksidan enzim aktivitelerinden yararlanarak, optimum taban suyu derinliğı ve taban suyu tuzluluğı değıerlerinin tespit edilerek bitkilerin stres şartlarına karşı moleküler dayanım sınırının belirlenmesi ve bu değıerlerin tuzluluk yönetiminde kullanılabilirliğı araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Taban Suyu ile İlgili Çalışmalar

Kuraklık ve tuzluluk dünya genelinde tarımsal üretimi etkileyen en önemli çevresel faktörlerdendir. Küresel iklim değişiklikleri nedeniyle kurak ve yarı kurak bölgelerde mevcut su kaynakları daha da azalacak ve iyi kalitedeki sulara erişebilirliğin büyük kentlerde önemli bir sorun haline gelecektir (WWAP, 2014). Bu bölgelerde alternatif olarak yeni su kaynaklarının oluşturulması yüksek maliyete neden olmaktadır (Talebnejad and Sepaskhah, 2014). Azalan su kaynakları, tarım ile diğer sektörler (evsel, kentsel, sanayi) arasındaki su kullanımı rekabetini arttıracaktır (Cirillo et al., 2017). Tarımsal üretiminde en önemli girdiyi su oluşturmaktadır. Su ve gıda güvenliğini sağlamak için tarımda su verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Bu nedenle, sulama randımanının artırılması ile tarımsal su verimliliğinin artırılması daha çok önemli hale gelmektedir (Dalin et al., 2015). Sulama programları ve yönetimi, havzadaki bitki deseni ve su kaynağının doğru seçimi konusundaki kararların doğruluğu tarımda kullanılan suyun verimliliğini doğrudan etkilemektedir (Kodal ve Ahi, 2018). Dolayısıyla, sulu tarımda sürdürülebilirliği sağlamak için, mevcut olan su kaynaklarının optimum şekilde yönetilmesi, yeni sulama stratejilerinin geliştirilmesi ve alternatif su kaynağının oluşturulması gerekmektedir.

Tarımsal üretim için kullanılabilecek alternatif su kaynakları olarak atık su, tuzlu sular, drenaj suları, yağmur sularının sulamada yeniden kullanılabilirliği ile yüksek veya düşük kalitedeki sığ taban sularının çevresel sorun oluşturmada kullanılabilirliği araştırılmalıdır. Özellikle sığ taban suyu, kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin ihtiyacı olan suyun karşılanmasında potansiyel olarak önemli bir su kaynağını oluşturmaktadır. Bitkilerin su ihtiyacını taban suyundan karşılaması durumunda sulama suyu kullanımının azalması, enerjiden tasarruf sağlanması ve üretim maliyetinin azalması ile tahliye edilen drenaj suyunun çevresel sorun oluşturmaları engellenmektedir (Grismer and Gates, 1988).

Literatür incelendiğinde, araştırmacılar; kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan çalışmaların sonucunda taban suyunun bitki su ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabildiğini ifade etmişlerdir (Santoni et al., 2010; Ghamarnia and Daichin, 2015; Nishida and Shiozawa, 2010; Liu et al., 2016). Sürdürülebilir su yönetimi ve iklim değişikliğine uyum için kontrollü drenaj sisteminin toprak-bitki üzerine etkileri

göz önünde bulundurularak planlanıp yönetilmesi su tasarrufu açısından tarım havzaları bazında oldukça yararlı olacağı söylenebilir.

Grismer ve Gates (1988) yaptıkları çalışmada, bitkilerin mevsimsel su ihtiyacının yaklaşık %60-70'lik kısmını taban suyundan karşılayabildiğini belirlemişlerdir. Çalışmada, yüzlek taban suyu derinliğinin, sulama suyu, derine sızma miktarlarını ve drene edilecek drenaj suyu miktarının azalmasını sağladığını ifade etmişlerdir.

Kahlownd vd. (1988) araştırmalarında buğday bitkisinin taban suyundan beslenme miktarı ile taban suyu derinliği arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada, tabansuyu derinliği 1.0 m olduğunda tabansuyu katkısının maksimum; tabansuyu derinliğinin 2 - 3 m arasında olduğunda tabansuyu katkısının minimum seviyede gerçekleştiğini vurgulamışlardır. En yüksek verim değerini, 22.5 cm sulama uygulandığında ve tabansuyunun 1.0 m sabit tutulduğu koşullarda elde ettiklerini ancak 30.5 cm sulama suyu uygulayarak taban suyu derinliğini 1 - 2 m arasında sabit tutulduğunda optimum verim elde edildiğini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde tabansuyu katkısı değeri su bütçesinin önemli bir bileşeni olduğunu ve etkili su yönetimi için kontrol sistemi ile yönetilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Tabansuyu kontrol sisteminin, su kazancını arttıracığını, enerji, iş gücü ve drenaj suyu çıkışını azaltarak, taban suyunun istenilen derinlikte sabit tutulmasına yardımcı olabileceğini vurgulamışlardır.

Soppe ve Ayars (2003) ayçiçek bitkisinin tuzlu tabansuyu kullanma durumunu incelemek için iki farklı lizimetrede çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, 90 cm derinlikte tuzlu tabansuyu (14 dS m^{-1}) bulunan lizimetre ile taban suyu bulunmayan lizimetrelerde konuları ele alınmıştır. Çalışma sonucunda, tuzlu taban suyunun ayçiçek bitkisinin günlük su tüketimine %40'a kadar katkı sağladığını bulmuşlardır. En yüksek taban suyundan beslenme miktarının, ayçiçek bitkisinin mevsim sonunda kök gelişimini tamamladığı dönemde olduğunu tespit etmişlerdir. Mevsimsel bazda, ayçiçeği bitkisinin toplam bitki su tüketiminin %25'ni taban suyundan karşıladığını ve toplam uygulanan sulama suyu taban suyu bulunmayan lizimetreye göre % 46 daha az olduğu belirtmişlerdir.

Sepaskhah vd. (2003) farklı taban suyu derinliğinde (1 - 2 m) yetiştirilen sorgum ve mısır bitkilerinin taban suyundan su kullanım miktarlarının tahmin edilmesi adlı çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında; taban suyu derinliği arttıkça, sorgum

bitkisinin taban suyundan beslenme miktarı mısır bitkisine göre %22'den daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Sepaskhah ve Karimi-Goghari (2003) PVC lizimetre koşullarında, sulamalı ve sulamasız olarak 30, 60, 90 ve 120 cm taban suyu derinliği ve 0.5 dS m⁻¹ ile 13.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunun fıstık bitkisinin taban suyundan beslenme miktarı, bitki su tüketimi ve bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; taban suyu derinliği 30 cm'den 120 cm'ye doğru indirilmesi fıstık bitkisinin mevsimsel bitki su tüketiminin önemli düzeyde azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, sulamalı ve sulamasız koşullarda taban suyunun bitki su tüketimine katkısı sırasıyla sulamalı koşullar için %72.4 - 89.7 düzeyinde, sulamasız koşullar için ise % 90.7 – 100 oranında gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, tuz içeriği yüksek taban suyu koşullarında taban suyu derinliğinin bitki su tüketimini önemli derecede etkilendiğini belirlemişlerdir.

Kahlownd vd. (2005) İran koşullarında, farklı taban suyu derinliklerinde (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 m) mısır, buğday, şeker pancarı, ayçiçeği, sorgum, üçgül bitkilerinin taban suyundan beslenebilme durumunu incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; taban suyunun bitki su tüketimine olan katkısı taban suyu derinliği arttıkça değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Taban suyu derinliğinin 0.5 m derinlikte tutulduğunda, buğday bitkisinin mevsimsel bitki su ihtiyacının tümünü karşılayabildiğini ancak ayçiçeği bitkisinin %80 oranında taban suyundan beslenebildiğini tespit etmişlerdir. Genel olarak, bitkilerin gelişimi için optimum taban suyu derinliğinin 1.5 - 2.0 m arasında olduğunu vurgulamışlardır. Elde edilen bulgular çerçevesinde taban suyu derinliğinin sığ olduğu bölgelerde, mevcut su kaynaklarının etkin kullanılabilmesi ve aşırı sulamaları engellemek için taban suyu derinliğinde planlamalar yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Mueller vd. (2005) farklı tabansuyu derinliğinin kışlık buğday, mısır, sorgum, yonca, kışlık arpa bitkilerinin toprak üstü biokütle, su kullanım etkinliği üzerine etkilerini belirlemek için 1 m² yüzey alanı ve 1.5 m derinliğe sahip lizimetrelerde 7 yıl boyunca çalışma yürütmüşlerdir. Tabansuyu beslenme miktarının, tabansuyu derinliği, bitki, toprak tekstürü özelliklerine göre değiştiğini ve iklim koşulları nedeniyle yıllar arasında büyük farklılıklar oluşmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca kışlık buğday bitkisinin, taban suyundan yıllara göre 20 – 250 mm beslenebildiğini belirlemişlerdir. Tabansuyu derinliği arttırıldıkça buğday bitkisinin su kullanım

etkinliğinin de artabileceğini ve en yüksek $WUE_{biyokütle}$ değerini ise yaklaşık 3 kg m^{-3} olarak belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda, buğday ve mısır bitkilerinin en yüksek WUE ve biokütle değerlerinin toprak nem düzeyi yüksek olan 80-160 cm arasındaki taban suyu derinliğinden elde edileceğini önermişlerdir.

Büyüktaş vd. (2008) Antalya şartlarında, üç farklı taban suyu derinliği (90, 120 ve 150 cm) ve dört farklı taban suyu tuzluluğunun ($1.7, 3.8, 5.9$ ve 10 dS m^{-1}) mısır bitkisi verim, taban suyu katkısı ve toprak tuzluluğu üzerine etkisini incelemek amacıyla iki yıl süresince deneme yürütmüşlerdir. En yüksek bitki boyu ve toplam verim değerlerini taban suyu olmayan konudan elde etmişlerdir. Taban suyu 90 cm'ye yaklaştıkça ve taban suyu tuzluluğu arttıkça bitki boyu ve verim değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Taban suyu seviyesinin 90, 120 ve 150 cm'de tutulduğu koşullarda bitki su tüketimine olan katkısı sırasıyla %60, %40 ve %20 oranında gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Yüksek ve tuzlu taban suyunun bitki kök bölgesinde bitki verimi ve gelişimini azaltacak düzeyde tuzluluk oluşmadığını belirlemişlerdir. Bitki katsayısı, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna göre değişim göstermiştir. Sonuç olarak, bitki su tüketiminde, taban suyu kullanımı dikkate alınarak yüzey sulamaları bu oranlarda azaltılarak küresel ısınma sonucu azalan su kaynaklarının daha verimli olarak diğer sektörlerde kullanılabileceğini önermişlerdir.

Gowing vd. (2009)'da taban suyu derinliğinin 100 cm olduğu koşullarda farklı taban suyu tuzluluğu ($2, 6$ ve 8 dS m^{-1}) ve sulama suyu tuzluluğunun ($1, 2$ ve 4 dS m^{-1}) buğday bitkisinin su kullanımı, verim ve verim bileşenleri üzerine etkisini lizimetre koşullarında incelemişlerdir. Taban suyu tuzluluğu ve sulama suyu tuzluluğu arttıkça bitkilerin taban suyu kullanım miktarı azalmaktadır. Taban suyu tuzluluğu 8 dS m^{-1} olduğu koşullarda, sulama suyu tuzluluğu arttıkça bitkiler su ihtiyacının %40'nı taban suyundan karşılayabildiğini belirtmişlerdir. Verim bileşenlerinde ise, taban suyu derinliği ile birlikte toplam tane verimi, toplam yaş ağırlık, toplam kuru ağırlık değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, sulama ile birlikte kontrollü drenaj sisteminin kurulması, kurak ve yarı kurak bölgedeki sulama suyunun kullanımını azaltmakta ve drenaj sistemi ile tuzlu suların nehir sularına boşaltılmasını engelleyerek çevresel yarar sağladığını ifade etmişlerdir.

Luo ve Sophocleous (2010) çalışmalarında mevsimsel yüzlek taban suyunun buğday bitkisinin su kullanım etkinliği üzerine etkisini araştırmak amacıyla lizimetre ve sayısal model çalışması yapmışlardır. Araştırmada; buğday bitkisinin verim ve su

kullanım etkinliği değerlerinin sulama suyu miktarı ve taban suyu derinliği ile farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir. Sulamasız koşullarda, taban suyu derinliği 1.0 m’de sabit tutulduğunda buğday bitkisi ihtiyaç duyduğu mevsimsel su ihtiyacının %75’ini taban suyundan karşılayabildiğini tespit etmişlerdir. Ancak, yetiştirme periyodunda 3 defa sulama işlemi yapıldığında ve taban suyu derinliği 3 m’de sabit tutulduğunda, taban suyunun katkısı %3’den daha az gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Liu ve Luo (2011)’de yağışa dayalı ve farklı taban suyu derinliğinin kışlık buğday bitkisinin verim ve su kullanımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Yağışa dayalı koşullarda, taban suyu derinliği 0-150 cm arasında sabit tutulduğunda kışlık buğdayın mevsimsel bitki su tüketimi ihtiyacının %65’ten fazlasını taban suyundan beslenerek ve yağıştan karşılayabildiğini belirtmişlerdir. Taban suyu derinliğinin en fazla 110 cm tutulduğu koşullarda, buğday bitkisinin kış dönemindeki su ihtiyacının tamamını taban suyu ile yağmur suyundan karşılayabildiğini belirtmişlerdir. Bitki verimi ve kök gelişimi için taban suyu 150 cm’den daha aşağıda tutulması gerektiğini ancak yüksek miktarda başak sayısının elde edilebilmesi için taban suyu derinliğinin 150 cm’den daha aşağıda olmaması gerektiğini belirlemişlerdir. Taban suyu derinliği arttıkça su kullanım etkinliği ile taban suyu kullanım etkinliğinin arttığını ve bu parametrelerin sırasıyla 1.27- 2.09 kg m⁻³ ve 1.45 – 2.95 kg m⁻³ arasında değiştiğini saptamışlardır. Kışlık buğdayın bitki su ihtiyacı için taban suyu derinliğinin 150 cm’den daha düşük olduğu koşullarda taban suyunun katkısı göz önünde bulundurularak, sulama ve drenaj sistemleri, buğday bitkisinin su kullanım etkinliği ile verimini en üst düzeye çıkaracak şekilde yönetilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Huo vd. (2012) 3 farklı sulama suyu düzeyi (90.0, 67.5 ve 45.0 mm) ve 5 farklı taban suyu derinliğinin (1.5, 2.0, 2.5, 3.0 ve 3.5 m) buğday bitkisinin su kullanımı, kapilarite ile yükselen su miktarını belirlemek amacıyla 2 yıl süreyle lizimetre koşullarında çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada, taban suyu derinliği 1.5 m’de sabit tutulduğunda, fide döneminden hasada kadar olan sürede buğday bitkisinin mevsimsel su ihtiyacının %29’unu taban suyundan karşıladığını ve taban suyu derinliği arttıkça taban suyunun katkısının azaldığını ifade etmişlerdir. Taban suyu derinliği 1.5 m’den 3.5 m’ye doğru arttıkça, buğday bitkisinin su kullanım etkinliği değeri 3.59 kg m⁻³’den 4.58 kg m⁻³ ‘e kadar arttığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte; su kısıtı arttıkça buğday bitkisinin su kullanım değerinin arttığını ve 3.93 kg m⁻³’den 6.03 kg m⁻³’e kadar artabileceğini tespit etmişlerdir. Su kaynaklarının daha etkin bir şekilde

kullanılabilmesi için, bölgede yetiştirilen buğday bitkisinin her sulama işleminde, taban suyu derinliğine bağlı olarak sulama suyu miktarını 45.0 - 67.5 mm olarak azaltılabileceğini önermişlerdir.

Xu vd. (2013) Çin'de yapmış oldukları çalışmada farklı taban suyu derinliği (125, 155, 185, 215 ve 245 cm) ve sulama düzeyinin (1.00 IR, 0.80 IR ve 0.60 IR) buğday bitkisinin su kullanımı, toprak tuzluluğu ve buğday verimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, 0.80 IR ve 0.60 IR konularında taban suyu derinliği arttıkça, toprak tuzluluğu değerinin arttığını ifade etmişlerdir. Kapilarite yükselmesi azaldıkça, toprak profilin de tuz birikiminin azaldığını, bununla birlikte sulama düzeyi ile taban suyu derinliği arttıkça taban suyunun katkısının azaldığını tespit etmişlerdir. Taban suyu derinliği arttıkça, 0.80 IR ve 0.60 IR konularında verim azalması sırasıyla %6-14 ve %13-21 oranlarında meydana geldiğini belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda ise buğday bitkisinin optimum düzeyde gelişimi için taban suyu derinliğinin 1.0 ile 1.5 arasında kontrol edilebileceğini önermişlerdir.

Ghamarnia ve Gholamian (2013) 80 cm taban suyu derinliği koşullarında 1 ve 10 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu ile 1 ve 10 dS m⁻¹ sulama suyu tuzluluğu şartlarında %75 sulama düzeyi uygulayarak 16 adet lizimetrede aspir bitkisinin taban suyundan beslenme miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bitkilerin tuzlu taban suyundan su kullanım miktarı, yüzey sulamalarının yönetilmesiyle artırılabilceğini belirtmişlerdir. Su kısıtı koşullarında, taban suyu derinliği ve yüzey sulama suyu miktarı arttıkça aspir bitkisinin taban suyundan beslenme miktarı %55 civarında azaldığını tespit etmişlerdir. Taban suyu ve sulama suyu tuz içeriklerinin yüksek olduğu konuda; verim ve yağ içeriğine ait su kullanım etkinliği değerleri tuz içeriği düşük konuya göre %97.62 ve %98.10 oranında azaldığını saptamışlardır. Araştırma sonucunda, aspir bitkisinin yüzey sulama suyu miktarı azaltılarak, tuz içeriği düşük taban suyu derinliğinde yetiştirilebileceğini ancak hem taban suyu hem de sulama suyu tuz içerikleri yüksek olduğunda aspir bitkisinin yetiştiriciliği için uygun koşullar olmadığını önermişlerdir.

Karimov vd. (2014) Fergana vadisi sulama arazisinde, sığ taban suyunun buğday bitkisinin su kullanımı ve HYDRUS-1D programı ile modellenmesi adlı çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada, taban suyu derinliği toprak yüzeyine doğru yükseldikçe, taban suyunun bitki su tüketimine olan katkısının arttığını ancak, sulama suyu miktarı arttıkça taban suyu katkısının azaldığını belirlemişlerdir. Sulamalı koşullar altında,

taban suyunun bitki su tüketimine olan katkısındaki artışın nedeni esas olarak toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma kaybındaki artış ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun bitki kök bölgesinde tuz birikimini arttırdığını belirlemişlerdir. Hasattan sonra kışlık buğday ekilen arazilerdeki toprak yüzeyinden buharlaşma kayıpları, toplam buharlaşmanın %45-47'si kadar oluşmakta ve bu durum toprak tuzluluğu ile ekosistem sağlığını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak, sulama suyundan tasarruf edilebilmesi için taban suyu derinliğinin düşürülerek kullanılmasının teşvik edilmesi, toprak tuzluluğu, sürdürülebilir su ve arazi ekosistemi açısından önemli yarar sağlayacağını belirtmişlerdir.

Ghamarnia ve Jalili (2014)'de yapmış oldukları çalışmada üç farklı taban suyu derinliği (60, 80 ve 110 cm) ve üç farklı taban suyu tuzluluğunun (1, 2 ve 4 dS m⁻¹) çörek otu bitkisinin verim, bitki su tüketimi ve taban suyundan beslenme oranı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, 1, 2 ve 4 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunda 60 cm taban suyu derinliği için taban suyu beslenme değerlerini sırasıyla %67.25, %55 ve %5.75, 80 cm taban suyu derinliği için %60.75, %50 ve %41.5, 110 cm taban suyu derinliği için ise %4.25, %3.5 ve %6.0 oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, günlük taban suyundan beslenme miktarı değerini 60, 80 ve 110 cm taban suyu derinliğinde 1 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu için sırasıyla 3.75, 3.05 ve 2.55 mm/gün, 4 dS m⁻¹ için sırasıyla 3.4, 2.75 ve 2.3 mm/gün ve 4 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu için 3.05, 2.4 ve 2.0 mm/gün olarak belirlemişlerdir. Sonuçta, bitkilerin taban suyu beslenmesi ve verimi hem taban suyu derinliğinin hem de taban suyu tuzluluğunun artması ile önemli derecede azaldığını tespit etmişlerdir.

Ghamarnia ve Farmanifard (2014)'de lizimetrelerde farklı taban suyu düzeylerinin 3 farklı buğday çeşidinin gelişimine, verimine ve su kullanım etkinlikleri üzerindeki etkilerini araştırmak üzere bir deneme yürütmüşlerdir. Denemede 5 dS m⁻¹ tuzlu su ile oluşturulan 60, 80, 110 cm derinlikteki taban suyu bulunan konular ele alınmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, bütün buğday çeşitleri için, 60, 80, 110 cm derinlikteki taban suyundan yükselen suyun ortalama bitki su tüketimindeki payı sırasıyla %70.90, %67.85 ve %63.4 olarak bulmuşlardır. En yüksek taban suyu beslenme oranını 60 cm derinlikte, en düşük taban suyu beslenme oranı değerini ise 110 cm taban suyu derinliğinde elde etmişlerdir. Sonuçta, üç farklı buğday çeşidi için en yüksek verim ve taban suyu kullanım etkinliği değerlerini taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu konulardan saptamışlardır.

Talebnejad ve Sepaskhah (2015) sera koşullarında farklı tuzlu taban suyu derinliği (30,55 ve 80 cm) ve su kısıtı (tam sulama (FI) konusunun %30, %55 ve %80) koşullarında kinoa bitkisinin büyüme, verim ve taban suyundan beslenme oranı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Taban suyu derinliğinin 80 cm ve %20 su kısıtı koşullarında tane veriminin taban suyu derinliğinin 30 cm olduğu ve %70 su kısıtı uygulanan koşullardakine göre %36 oranında daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Taban suyu beslenme oranının ise taban suyu derinliğine göre değişim gösterdiğini 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinin beslenme oranları 30 cm taban suyu derinliğine göre %27 ve %41 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. TSBM/ET değerinin 0.80FI konusu için 0.40 - 0.72, 0.55FI için 0.46 - 0.75 ve 0.30FI için 0.51 - 0.80 oranında olduğunu belirlemişlerdir.

Talebnejad ve Sepaskhah (2016) silindirik lizimetrelerde yapmış oldukları çalışmada farklı taban suyu tuzluluğu (10, 20, 30 ve 40 dS m⁻¹) ve farklı taban suyu derinliğinin (30, 55 ve 80 cm) kinoa bitkisinin fizyolojik özellikleri ve yaprak mineral içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, farklı taban suyu derinliği oluşturmak için 10 dS m⁻¹ tuz içeriğine sahip sulama suyu kullanmışlardır. Sonuçlara göre, taban suyu tuzluluğunun 10 dS m⁻¹'den 40 dS m⁻¹'e kadar arttığında yaprak su potansiyeli değerinin -1.53 MPa'dan -3.09 MPa'a kadar ve yaprak fotosentez oranı değerinin ise %48 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Kinoa bitkisinin; stoma iletkenliği değerinin tuz stresine karşı çok toleranslı olduğunu, yaprak su potansiyeli değerinin -1.0 MPa'dan sonra stomaların kapanmaya başladığını tespit etmişlerdir.

Kadioglu vd. (2019) kontrollü sera koşullarında 30, 60 ve 90 cm taban suyu derinliklerinde yetiştirilen kanola bitkisinin su kullanımı ve verim üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, 30, 60 ve 90 cm taban suyu derinliğinin kanola bitki su ihtiyacına olan taban suyu katkısı oranı sırasıyla %97, %71 ve %68 olarak tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, 30, 60 ve 90 cm taban suyu derinliği için ortalama tane verimlerini sırasıyla 4.5, 5.3 ve 6.3 gr olarak bulmuşlardır. Sonuçta, kanola bitkisinden maksimum verim elde edebilmek için taban suyu derinliğini taban suyu katkısının en düşük olduğu 90 cm'de olması gerektiğini önermişlerdir.

Fidantemiz vd. (2019) kontrollü sera koşullarında 4 farklı taban suyu derinliğinin (30, 50, 70 ve 90 cm) soya fasulyesinin su kullanımı, verim ve verim parametreleri üzerine etkisini araştırmak için 6 tekerrürlü olarak 24 adet PVC lizimetrede çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada, 30, 50, 70 ve 90 cm taban suyu

derinlikleri için ortalama taban suyu katkısı sırasıyla %89, %83, %79 ve %72 oranlarında gerçekleşmiş; tane verimi ise 15.1, 10.5, 14.1 ve 17.2 gr/lizimetre; su kullanım etkinliğini de sırasıyla 0.22, 0.18, 0.25 ve 0.31 gr/lizimetre olarak bulmuşlardır. En yüksek kök ağırlığını 70 cm taban suyu derinliğinin olduğu konuda, 40-75 cm derinlikteki en yüksek kök dağılımı değerini ise taban suyunun 90 cm olduğu konuda belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda; taban suyu derinliğinin 70 ve 90 cm’de sabit tutulduğunda, diğer konulara göre daha yüksek verim, biokütle ve su kullanım etkinliği değerlerinin elde edileceğini belirtmişlerdir.

2.2. Enzim ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Tuzluluk, kuraklık, soğuk ve sıcak gibi başlıca abiyotik stresler, bitkilerin biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler özelliklerinde önemli düzeyde değişimin meydana gelmesine neden olmaktadır (Parihar et al., 2015). Bu stresler arasında tuzluluk, bitkilerin büyüme ve gelişimini önemli derecede sınırlandırmaktadır. Birçok bitki farklı tuzluluk düzeyine maruz kaldığında kendilerini tuz stresinden koruyarak gelişimlerini arttırabilmek için hem morfolojik hem de metabolik özelliklerinde farklılıklar göstermektedir. Bitkilerin abiyotik strese uzun süre maruz kalmaları bitki metabolizmasında oksidatif stresin oluşmasına neden olmaktadır. Bu da bitki metabolizmasını ve gelişimini etkileyen superoxide radikalleri (O_2^-), hydroxyl radikalleri (HO), singlet oksijeni ($^1O_2$), hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türleri (ROS) oluşturmaktadır (Mittler et al., 2004).

Oksidatif stres sonucu oluşan reaktif oksijen türleri bitkilerin membran içerikleri ile DNA ve proteinlerde ciddi hasarlara yol açmaktadır (Tuanhui et al., 2010). Bitkilerin tuz ve kuraklık streslerine karşı tepkileri; bitki çeşidine, büyüme evresine, stresin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak değişim göstermektedir (Tuanhui et al., 2010). Bitkiler, kendilerini stres koşullarından korumak için yapılarında antioksidan enzimler içerirler (Cavalcanti et al., 2004). Antioksidan koruma sistemlerinde, enzimatik (fenol peroksidaz, glutatyon peroksidaz (GPx), Glutatyon Redüktaz (GR), askorbat peroksidaz (APx), süperoksit dismutaz (SOD), ve katalaz (CAT)) ve enzimatik olmayan (flavonlar, antosiyaninler, karotenoidler ve askorbik asit) antioksidanlar bulunmaktadır (Nayyar and Gupta, 2006; Gill and Tuteja, 2010).

Antioksidan enzimlerin temel görevi, bitki metabolizmasındaki serbest radikallerin oluşturacağı hücre hasarlarını önlemek veya geciktirmektir (Meloni et al., 2003). Bu nedenle, bitkilerde antioksidan koruma sistemi çalışmadığı ya da yeterli

olmadığı zaman bitki hücrelerinde ölüm hemen gerçekleşmektedir (Kaçar vd. 2015). Her enzim strese karşı özel nicel ve nitel tepki göstermektedir. SOD enzimi, önemli bir superoksid (O_2^-) yok edicisidir ve görevi O_2^- enzimatik reaksiyon sonucunda H_2O_2 formuna dönüşmektedir. Daha sonra, H_2O_2 radikali ise katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APx) ve peroksidaz (POD) enzimleri tarafından katalize etmektedirler (Dugasa et al., 2019).

Tuzluluk ve kuraklık streslerine karşı tolerans gösteren bitkiler, stres yoğunluğuna karşı antioksidan enzimleri artmaktadır ancak tuzluluk ve kuraklık streslerine karşı duyarlı olan bitkilerde ise, bitki metabolizmasında antioksidan enzimler azalmaktadır. Böylece, bitki gelişimi ve veriminde önemli derecede azalmalar gerçekleşmektedir. Bu nedenle, bitkilerin abiyotik streslere karşı antioksidan savunma mekanizmasını ayarlayabilmesi, bitkilerin strese karşı direnç kazanmasına, fizyolojik ve morfolojik olarak gelişiminin de artmasına katkı sağlayacaktır. Belirtilen nedenler göz önünde bulundurulduğunda, bitkilerin strese karşı antioksidan enzimlerin nitel ve nicel değişiminin tespit edilmesi, bitkilerin strese karşı olan tepkilerinin analizinde önemli katkılar sağlayacaktır.

Sairam vd. (2002)'de saksı çalışmasında kontrol ve 2 farklı toprak tuzluluğunun (5.4 ve 10.6 dS m^{-1}) Kharchia 65 ve KRL 19 buğday çeşitlerinin verim, biokütle ve antioksidan enzim üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada buğday çeşitlerinde SOD, GR ve APx antioksidan enzimlerindeki artış, bitkilerin tuz stresine daha iyi tolerans seviyesi gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, toprak tuzluluğu arttıkça bitkilerin prolin, glisinbetain ve absisik asit içeriklerinin arttığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, Kharchia 65 buğday çeşidinin de daha yüksek verim ve biokütlenin olması, bitkilerde daha yüksek antioksidan enzim aktivitesi ve düşük H_2O_2 radikali olması ile ilişkili olacağını belirtmişlerdir.

Mandhania vd. (2006), 3 farklı sulama suyu tuzluluğunun (0 , 50 , 100 mM NaCl) tuza toleranslı KRL-19 ve tuza duyarlı WH-542 buğday çeşitlerinin erken çimlenme, mineral içeriği ve antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sulama suyu tuzluluğu arttıkça, WH-542 çeşidinin oransal su içeriği değerleri KRL-19 çeşidine göre daha çok azalmıştır. WH-542 çeşidinde yüksek düzeyde H_2O_2 birikimi hücre membranlarında lipid peroksidasyonu nedeniyle daha çok zarara yol açtığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, her iki buğday çeşidinde sulama suyu

tuzluluğu arttıkça CAT, APx, POD ve GR antioksidan enzimlerin aktivite değerlerinin arttığını, SOD enziminin ise azaldığını belirlemişlerdir.

Esfandiari vd. (2007) iklimlendirme odasında deneme süresi 10 gün süren ve Hoagland besin çözeltisi ilave edilmiş saksılar içerisinde yapmış oldukları çalışmada, 0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl tuzluluk streslerinin buğday bitkisi çeşitlerinde antioksidan enzim aktivitesi, lipid peroksidasyonu ve fide gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. SOD enzimi, Sardari çeşidinde tuzluluk düzeyi arttıkça SOD enzimi artmaktadır ancak Alvand çeşidinde tuzluluk arttıkça SOD enzimi sabit kaldığını ifade etmişlerdir. CAT ve GR enzimlerinin aktivitesi her iki çeşitte benzer değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak ise, Alvand çeşidinde tuzluluk arttıkça membran hücrelerinde yıkımların arttığını, Sardari çeşidinde ise SOD, CAT ve GR enzimlerinin tuz stresine karşı çok iyi ROS soğurucu etkisi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Antioksidan enzim aktivitelerinin düşük olması tuz stresine karşı bitkinin duyarlı olduğunu gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Rao vd. (2013) yaptıkları saksı çalışmasında 5 farklı toprak tuzluluğunda (<1 (kontrol), 2, 4, 8, 16 dS m⁻¹) 10 farklı buğday çeşidinin potansiyel antioksidan aktivitelerinin tuz toleransı artırıcı etkisini araştırmışlardır. Yüksek tuzluluk şartlarında, tuza toleranslı çeşitlerin APx ve GPX antioksidan enzimlerinin arttığını ifade etmişlerdir. Ancak, tuzlu şartlarda, tuza duyarlı çeşitlerdeki SOD, CAT ve GPx antioksidan enzimlerin aktivite düzeyleri kontrol konusuna göre daha düşük olduklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca tuzluluğa duyarlı buğday çeşitlerinde H₂O₂ içeriğinin kontrol konusuna göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Tuz stresine karşı toleranslı olan çeşitlerde ise, K⁺ içeriği, K⁺/Na⁺ oranı, oransal su içeriği kontrol konusuna göre daha yüksek olduğunu, tuza duyarlı olan çeşitlerde ise kardeşlenme döneminde yüksek seviye Na⁺ içerdiğini bulmuşlardır.

Huseynova vd. (2014) arazi şartlarında yetiştirilen 2 ekmeklik buğday çeşidinin kuraklık stresinin antioksidan enzimler üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, antioksidan enzim aktivite düzeylerinin buğday çeşidine, kuraklık süresine ve yaprak gelişim aşamasına bağlı olarak değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çalışma sonucunda ise, SOD enzimi gibi, antioksidan enzimlerin aktivite düzeylerinin buğday genotiplerinin kuraklığa karşı toleransını tanımlamak için önemli bir parametre olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sheoran vd. (2015) iki farklı su stresi (%75 ve %45) düzeylerinde 4 buğday genotiplerinin kardeşlenme, çiçek açma ve çiçek açma döneminden 15 gün sonraki fizyolojik değişimlerini ve antioksidan enzimlerin değişimini belirlemek için saksı çalışması yapmışlardır. Çalışma sonucunda; kuraklığa toleranslı C306 ve AKAW3717 genotiplerinde ozmotik potansiyel azaldıkça, süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POX) enzimlerinin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca kardeşlenme döneminde kuraklığa toleranslı buğday genotiplerinin kuraklığa duyarlı olan buğday genotiplerine göre SOD ve POX enzim değerlerinin yüksek, malonaldehit (MDA) değerinin ise düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tespit sonucunda, kuraklığa toleranslı genotiplerin kuraklığa duyarlı genotiplere göre kendilerini daha etkili bir şekilde koruduklarını ifade ettiğini bildirmişlerdir.

Temizgul vd. (2016) iklimlendirme odasında, 15 gün süre ile Hoagland büyüme ortamında yapmış oldukları çalışmada, 5 farklı tuz konsantrasyonunun (0, 50, 100, 150, 200 mM) sorgum bitkisinin antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Tuz konsantrasyonu arttıkça kökte CAT enzimi 100 mM'a kadar artarken, SOD, APX ve GST aktiviteleri ise 150 mM'a kadar artmış ve daha sonra tüm enzimlerin aktivite değerleri azalmıştır. Ayrıca tuz konsantrasyonu arttıkça sorgum köklerinde MDA birikimi artmaktadır. Yaprakta SOD ve APX aktiviteleri ile prolin içeriği 150 mM'a kadar artarken, CAT, GR ve GST enzimleri ise 100 mM'a kadar artmış ve daha sonra tüm enzimlerin aktivite değerleri azaldığını belirlemişlerdir.

Kibria vd. (2017) 4 farklı tuzluluk düzeyinde (0, 20, 40 ve 60 mmol/L NaCl) 4 farklı çeltik genotiplerinin tuzluluk toleransındaki antioksidan savunma mekanizmalarını araştırmışlardır. 20 günlük çeltik fideleri saksılara dikildikten sonra kardeşlenme dönemi sonuna kadar farklı tuzluluk stresine maruz bırakılmıştır. Tuza duyarlı olan çeşitlerin fidelerin büyümesinde meydana gelen tuza toleranslı olanlara göre daha çok olduğunu tespit etmişlerdir. Tuzluluk düzeyi arttıkça, tuza toleranslı olan çeşitlerde prolin içeriği, CAT ve APX enzimleri artmış ancak tuza duyarlı olan çeşitlerde ise prolin içeriği, CAT, APX enzimleri azalmıştır. Çalışma sonucunda ise, tuza toleranslı buğday genotipinin tuza karşı toleransının artmasındaki nedeni klorofil, prolin içeriği, CAT ve APX enzim aktivitelerinin yüksek olmasından kaynaklandığını belirlemişlerdir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Alanı

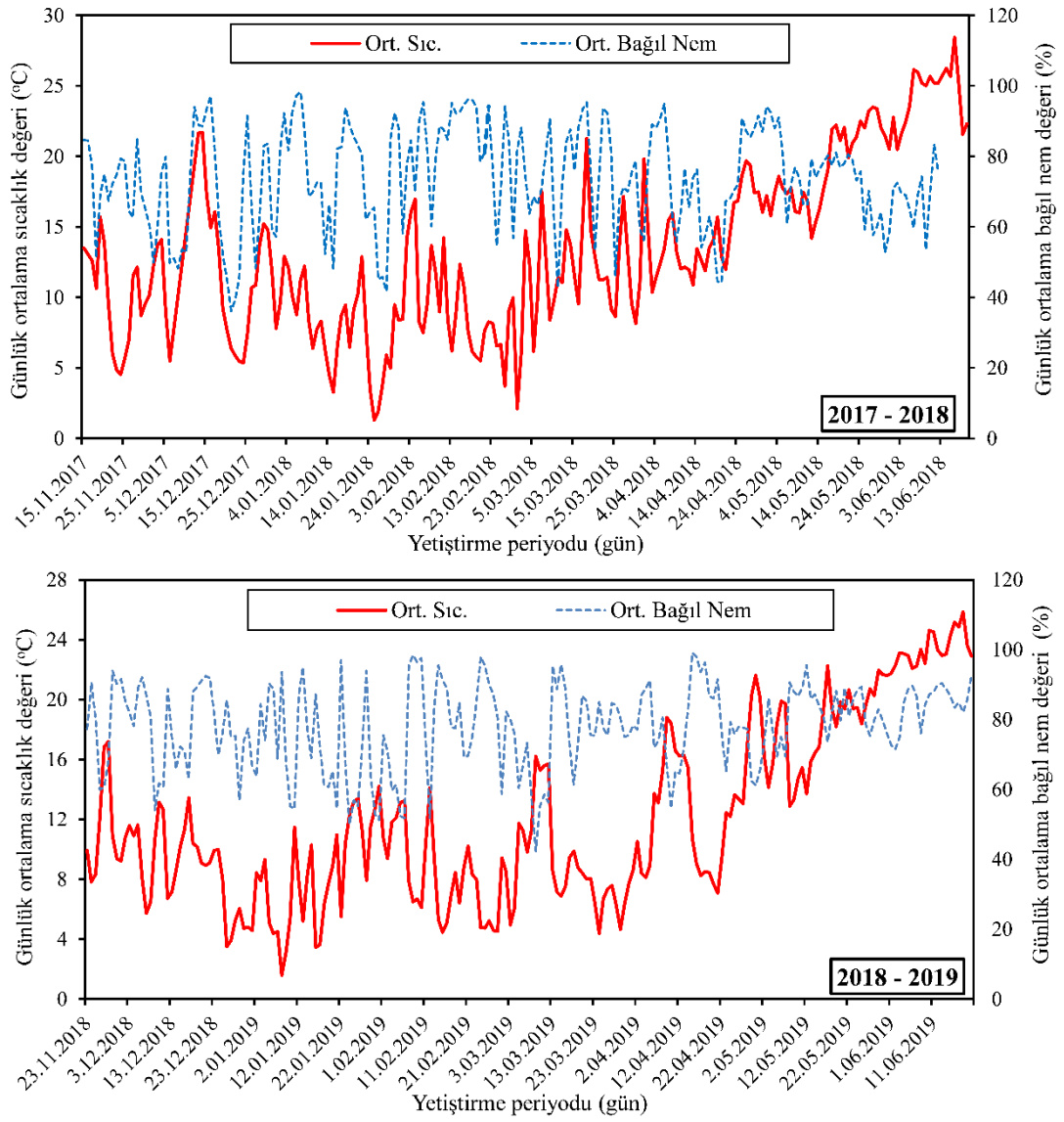
Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine bağlı alanda 2018 ve 2019 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma, lizimetrelerde oluşan toprak tuzluluğunun yıkanmasını önlemek amacıyla sadece üzeri kapalı ve yanları açık olan 120 m²'lik alanda yürütülmüştür. Bu sayede denemenin yürütüldüğü ortamın iklim şartlarının dış ortam ile aynı olması sağlanmaya çalışılmış ve lizimetreler yağıştan korunacak şekilde yerleştirilmiştir. Denemenin yürütüldüğü alanın fotoğrafı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü alan

3.1.2. Deneme Alanı İklim Özellikleri

Araştırma yıllarında, iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ölçülmesine buğday ekim işlemi ile başlanmış hasat dönemine kadar düzenli ve sürekli ölçümler yapılmıştır. Araştırmanın her iki yılında, iç ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerleri LYK - 20E LOYKA Instruments Data Logger cihazı ile saatlik olarak ölçülmüştür. Sıcaklık ve nem değerlerinin zamansal değişimleri sırasıyla Şekil 3.2'de, aylara göre yetiştirme ortamının sıcaklık ve bağıl nem değerleri ise Tablo 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Yıllara göre deneme alanı günlük ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin zamansal değişimi

Araştırma yıllarına ait sıcaklık ve bağıl nem değerleri incelendiğinde; 2018 yılındaki sıcaklık değerlerinin 2019 yılından daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 3.1). 2018 ürün yetiştirme dönemindeki veriler incelendiğinde en düşük sıcaklık 0 °C ile Mart ayında, en yüksek sıcaklık ise 38.4 °C ile Haziran ayında ölçülmüştür. İkinci yılda en düşük sıcaklık -0.2 °C ile Ocak ayında gerçekleşirken, en yüksek sıcaklık ise 33.7 °C ile Haziran ayında meydana ölçülmüştür.

2018 yılı deneme alanı ortalama bağıl nem değerleri incelendiğinde; iç ortam koşullarında en düşük nem değeri Kasım ayında %21.4, en yüksek bağıl nem ise Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında %100 olarak ölçülmüştür (Şekil 3.2). 2018 yılında bağıl nem değerleri aylara göre ortalama %64.8 ile %79.7 arasında değişim

gösterirken, 2019 yılı için ise ortalama %70.9 ile %81.7 arasında değişim göstermiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Araştırma yıllarında iklim parametrelerinin aylara göre değişimi

Yıl	İklim parametreleri	Aylar							
		Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
2018	Min Sıcaklık (°C)	3.4	2.1	0.5	2.5	0	4.6	7.7	12.3
	Ort Sıcaklık (°C)	9.7	11.8	7.7	9.3	11.6	16.6	19.2	24.4
	Mak. Sıcaklık (°C)	16.3	22.3	23.6	25.4	28.4	28.8	34.9	38.4
	Ort. Bağıl Nem (%)	73.1	64.8	76	80	77	68.2	79.7	66
2019	Min Sıcaklık (°C)	4.5	0.8	-0.2	0.6	0.2	3.2	8.1	15.8
	Ort Sıcaklık (°C)	11.6	8.8	8.1	8.1	8.9	12.7	18.2	23.9
	Mak. Sıcaklık (°C)	23.7	22.3	21	22	25.9	32.6	30.6	33.7
	Ort. Bağıl Nem (%)	77.5	78.2	70.9	79.8	74.3	78.6	81.7	83.8

3.1.3. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde yapılmıştır. Denemede kullanılan toprak orta bünyeli olup, analiz sonuçlarına göre tınlı bir yapıdadır. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.2.'de verilmiştir. Denemede kullanılan toprağın elektriksel iletkenlik değeri 0.27 dS m⁻¹ ve ESP değeri 5.88 olarak belirlenmiştir. Denemede kullanılan topraklarda tuzluluk ve sodyumluluk problemi bulunmamaktadır.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Parametreler	Değerleri	Parametreler	Değerleri
ECe (dS m ⁻¹)	0.27	Kum (%)	43.4
pH	7.99	Silt(%)	31.3
Na (meq/100 gr)	1.96	Kil (%)	25.3
Mg (meq/100 gr)	12.23	Bünye sınıfı	Tınlı
K ⁺ (meq/100 gr)	0.56	Tarla Kapasitesi (%)	34.2
Ca (meq/100 gr)	18.20	Solma Noktası (%)	20.9
ESP	5.88	Fosfor (kg/da)	9.77
KDK (meq/100 gr)	32.95	Potasyum (kg/da)	80
		Organik madde (%)	2.4

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Konuları

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun buğday bitkisinin bitki su tüketimi, morfolojik ve fizyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla tesadüf bloklarında 2 faktörlü faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Yurtseven 1984). Araştırmada, 3 taban suyu derinliği (30, 55 ve 80

cm) ve 4 farklı taban suyu tuzluluğu (0.38, 2.0, 4.0 ve 8.0 dS m⁻¹) konuları deneme alanında tesadüfi olarak dağıtılmış olup toplam 36 adet lizimetre kullanılmıştır. Çalışmada, toprağın elverişli nemin %50'si tüketildiğinde sulama yapılmış ve bitkiler 0.38 dS m⁻¹ su ile sulanmıştır. Deneme alanında lizimetrelerinin yerleşim planı Şekil 3.3'te verilmiştir.

Deneme konuları için kullanılan kısaltmalar aşağıda verilmiştir.

Tabansuyu derinliğine göre konular;

D1: Tabansuyu derinliğinin 30 cm olduğu konular

D2: Tabansuyu derinliğinin 55 cm olduğu konular

D3: Tabansuyu derinliğinin 80 cm olduğu konular

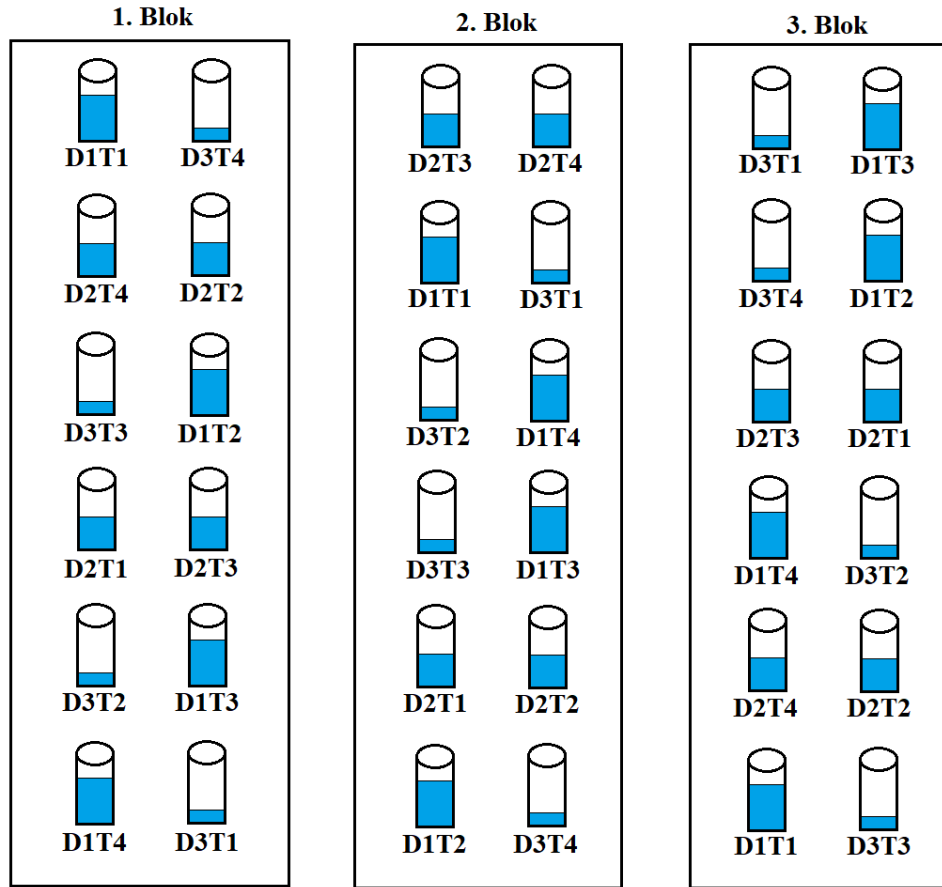
Tabansuyu tuzluluğuna göre konular:

T1: Tabansuyu tuzsuz (0.38 dS m⁻¹)

T2: Tabansuyu tuzluluğunun 2 dS m⁻¹ olduğu konular

T3: Tabansuyu tuzluluğunun 4 dS m⁻¹ olduğu konular

T4: Tabansuyu tuzluluğunun 8 dS m⁻¹ olduğu konuları ifade etmektedirler.



Şekil 3.3. Deneme deseni

3.2.2. Lizimetrelerin Hazırlanması

Denemede kullanılan toprak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Deneme Arazisinin 0-30 cm yüzeyinden toplanmıştır. Toprak, öncelikle hava kuru hale gelecek şekilde kurutulmuş ve daha sonra 4 mm gözenek açıklığına sahip elek ile elenmiştir (Şekil 3.4). Çalışmada kullanılmak üzere her yıl için toplam 24 m³ toprak elenmiş ve elenen topraklar üzeri kapalı bir yerde lizimetrelere doldurulana kadar depolanmıştır. Her iki yıl içinde aynı şekilde eleme işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.4. Toprak eleme işlemi

Çalışmada, 60 cm çapında ve 100 cm yüksekliğinde polietilen malzemeden yapılmış lizimetreler kullanılmıştır. Lizimetreler toprak ile doldurulmadan önce mariotte tüplerinin lizimetreye bağlanabilmesi için lizimetrelerin tabanından 2 cm yukarısına 16 mm çapında delikler açılmıştır. Açılan deliklerden su sızmalarını engellemek için her bir boruya plastik conta yerleştirilmiştir. Lizimetrelerin içerisine su akışını kolaylaştırmak amacıyla lizimetrelerin tabanına 5 cm kalınlığında çakıl ve çakılın üzerine ise 5 cm kalınlığında kum serilmiştir. Serilen kumun üzerine, denemede kullanılacak olan toprak 10'ar cm kalınlığında tabakalar halinde serilmiş ve sıkıştırılmıştır. Proje kapsamında her bir lizimetreye eşit şekilde 330 kg toprak konulmuştur. Lizimetrelerdeki nemin nötron prob ile ölçülebilmesi için her bir lizimetrenin ortasına 5 cm çapında 120 cm yüksekliğinde PVC malzemeden yapılmış boru yerleştirilmiştir. Borulara su girişini engellemek için alt kısımları kapatılmıştır. Lizimetrelerin hazırlanma aşamaları Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Lizimetrelerin hazırlanması (A: Mariotte tüpünün lizimetreye bağlanması, B: Conta takılması, C: Lizimetrenin su giriş borusu, D: Lizimetrelerin tabanının çakıl ile doldurulması, E: Lizimetrelerin tabanına kum konulması, F: Toprakların tartılma işlemi, G: Lizimetrelere toprak konulması, H: Toprağın sıkıştırılması, I: Lizimetrelerin toprak ile doldurulması

3.2.3. Toprak Nem Ölçümü ve Nötron Prob Cihazının Kalibre Edilmesi

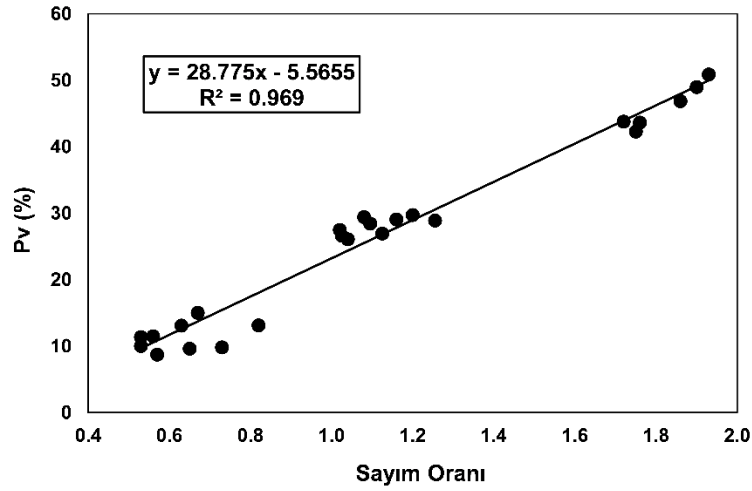
Nötron prob cihazı toprak koşullarına göre kalibre edilmiştir. Kalibrasyon için 9 adet lizimetre kullanılmıştır. Bu lizimetreler denemede kullanılan diğer lizimetreler ile aynı şekilde ve aynı özellikte toprakla doldurulmuş ve kalibrasyon yapmadan önce toprakların 25 gün sıkışması beklenilmiştir. Lizimetrelerde kalibrasyon için 3 tekerrürlü olacak şekilde 3 farklı nem düzeyi oluşturulmuştur. Kalibrasyon için 3 lizimetredeki nem tarla kapasitesine, 3 lizimetredeki nem solma noktasının üzerinde bir değerde olacak şekilde ve 3 lizimetre ise hava kurusu nem düzeyinde olacak şekilde hazırlanmıştır.

Tarla kapasitesindeki nem düzeyini belirlemek için 3 adet lizimetreye sürekli su verilmiş ve lizimetrelerin altından drenaj suyu tahliye olmaya başlayana kadar su ile doyurma işlemine devam edilmiştir. Lizimetrenin altından su akışı gerçekleştiğinde lizimetrenin üzeri plastik örtü ile kapatılmış ve evaporasyonun gerçekleşmesi önlenmiştir. Drenaj suyunun akışı durduğunda nötron prob ile her bir lizimetrede farklı derinlikler için nem ölçümü yapılmıştır. Ölçüm yapıldığı anda lizimetrelerin yan yüzeyleri kesilmiş ve 20 cm aralıklar ile bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin tarla kapasitesindeki nem düzeyleri kuru ağırlık yüzdesi cinsinden belirlenmiş ve toprağın hacim ağırlığı (1.297 gr/cm^3) kullanılarak hacimsel yüzde cinsinden nem durumları tespit edilmiştir. Aynı prosedür diğer 2 farklı nem seviyelerindeki lizimetreler içinde uygulanmıştır (Şekil 3.6).

Hacim yüzdesi cinsinden belirlenmiş olan nem düzeyleri ile nötron okumaları sonucunda elde edilen değerler arasındaki regresyon denklemi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisinin R^2 değeri 0.97 olarak belirlenmiş olup, belirlenen kalibrasyon denklemi Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.6. Nem kalibrasyonu için lizimetrelerin hazırlanması



Şekil 3.7. Toprağın hacim yüzdesi cinsinden nem kalibrasyon eğrisi

3.2.4. Tohumların Ekilmesi ve Gübreleme

Birinci yıl tohum ekimi 15.11.2017 tarihinde, ikinci yıl ise 22.11.2018 tarihinde yapılmıştır. Lizimetrenin alanına göre her bir lizimetrede 120 buğday olacak şekilde hesaplama yapılmıştır. Ancak ekim esnasında çimlenmeyebilecek tohumlarda göz önünde bulundurularak her lizimetre başına 150 adet buğday tohumu ekilmiştir. Tohumlar toprak yüzeyinden 3-4 cm derine ve homojen bir şekilde ekilmiştir. Buğday tohumları ekildikten sonra bitkilerin çıkışlarını sağlamak için her lizimetreye eşit miktarda sulama suyu verilmiştir. Çimlenmeden sonra her lizimetrede toplam 120 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır (Şekil 3.8).



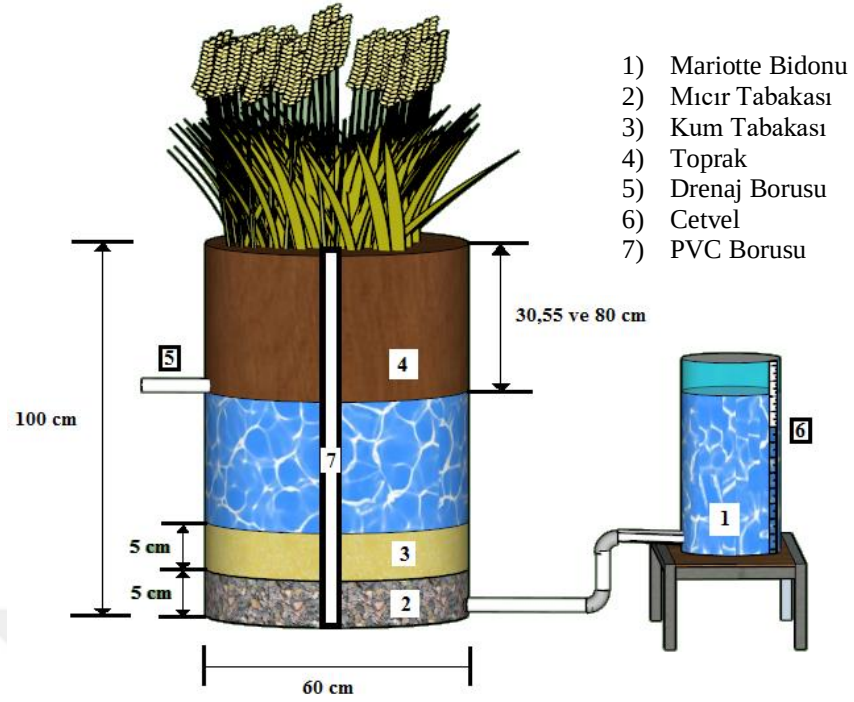
Şekil 3.8. Tohumların ekilmesi ve seyreltilmesi

Buğday bitkisi için gerekli gübre miktarı yapılan toprak analiz sonucuna göre belirlenmiş ve gübre 3'e bölünerek uygulanmıştır. Lizimetrelere ilk yıl 11.11.2017 tarihinde ve ikinci yıl ise 14.11.2018 tarihinde ekimden önce taban gübresi olarak 8 kg da⁻¹ olacak şekilde Diamoyum fosfat (18.46.0) verilmiştir. Ayrıca 7 kg da⁻¹ N kardeşlenme ve 7 kg da⁻¹ N ise sapa kalkma dönemi içerisinde sulandırılarak uygulanmıştır.

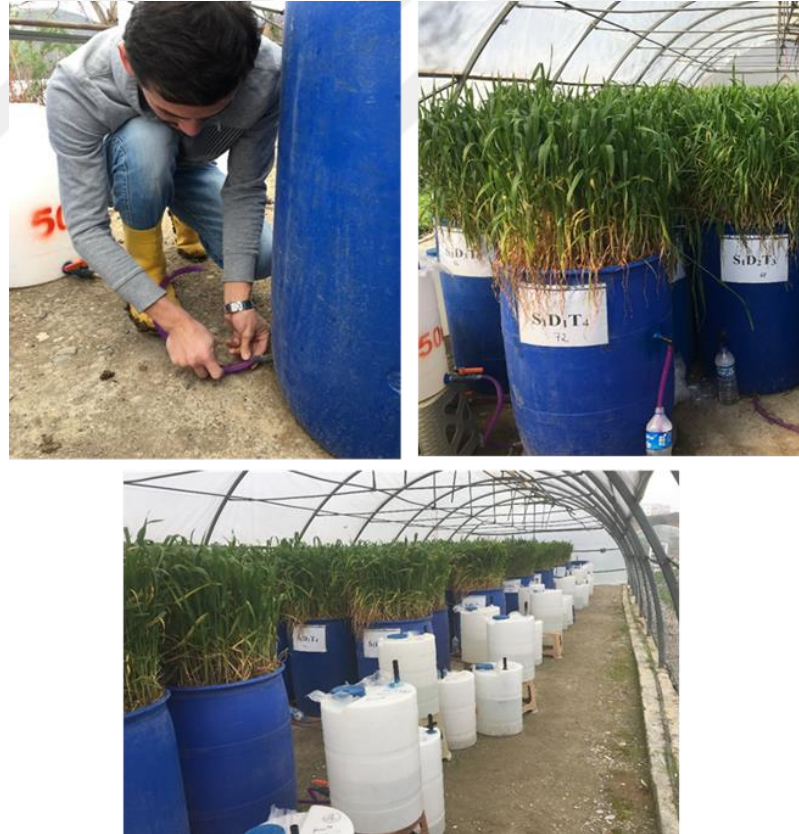
3.2.5. Farklı Taban Suyu Derinlik ve Tuzluluk Konularının Oluşturulması

Çalışmada, buğday fidelerinin kardeşlenme dönemi bittikten sonra konularına göre farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğu şartları oluşturularak denemeye başlanılmıştır. Denemede ilk yıl 02.01.2018 ve ikinci yıl ise 14.01.2019 tarihlerinde taban suyu konuları oluşturulmaya başlanılmıştır.

Lizimetrelerde, sabit taban suyu derinliği oluşturmak için, taban suyu derinliklerine bağlı olarak lizimetreler 14 gün boyunca mariotte düzeneği ile aşağıdan yukarıya doğru beslenmiş ve bu sayede sabit taban suyu oluşumu sağlanmıştır. Çalışma kapsamında 3 farklı taban suyu derinliğinde (30, 55 ve 80 cm) 4 farklı taban suyu tuzluluğuna (0.38 dS m⁻¹, 2.0 dS m⁻¹, 4.0 dS m⁻¹ ve 8.0 dS m⁻¹) sahip lizimetreler oluşturulmuştur. Lizimetre ve mariottelerin şematik görünümü Şekil 3.9 da ve lizimetrelerin hazırlanması ise Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Tüm lizimetrelerdeki taban suyu derinlik değerleri mariotte prensibi kullanılarak ayarlanmış ve bu sayede taban suyu derinlikleri çalışmada belirtildiği şekilde sürekli olarak sabit tutulmuştur. Taban suyu derinliğinin istenilen seviyeden daha yukarı çıkmasını önlemek amacıyla ayrıca drenaj boruları ilave edilmiştir. Lizimetrelerden drene olabilecek suların miktarlarını belirlemek için drenaj borularının altına su toplama kapları konulmuştur (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. Denemede kullanılan lizimetre ve mariotte tüplerinin şematik görünümü



Şekil 3.10. Farklı taban suyu derinlik ve tuzluluk konularının oluşturulması

Tuzlu suların hazırlanmasında, suda eriyebilirlikleri yüksek olan %99 saflıkta MgSO_4 , %99 saflıkta CaCl_2 ve %99.5NaCl olan üç farklı tuz çeşidi kullanılmıştır.

Tuzlu suların içerisinde konulacak tuz miktarlarının belirlenmesinde Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR<5) ve Ca:Mg oranı 1:3 olacak şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan tuz miktarlarına göre hazırlanan suların elektriksel iletkenlikleri (EC) değerleri kontrol edilmiştir. Çalışmada kullanılan suların kimyasal özellikleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan suların kimyasal özellikleri

EC (dS m ⁻¹)	pH	SAR	Na	Ca	Mg	K	Cl	SO ₄	Sulama suyu sınıfı
meq L ⁻¹									
0.38	7.64	0.44	0.83	1.64	5.64	0.05	1.52	2.58	C ₂ S ₁
2.0	7.46	2.30	8.36	7.77	18.60	0.05	15.18	28.47	C ₃ S ₁
4.0	7.31	2.43	13.65	19.66	43.52	0.05	32.38	78.26	C ₄ S ₁
8.0	7.11	2.38	22.03	58.40	113.65	0.05	79.50	218.33	C ₄ S ₁

3.2.6. Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında, tüm lizimetrelerle kardeşlenme dönemi sonuna kadar eşit miktarda (10 mm) sulama yapılmıştır. Kardeşlenme dönemi sona erdikten sonra tüm lizimetrelerde konularına göre 14 gün süresince taban suyundan aşağıdan yukarıya doğru beslenme yapılarak, sabit taban suyu oluşumu sağlanmıştır. Lizimetrelerde, sabit 30, 55 ve 80 cm taban suyu seviyeleri oluşturulduktan hemen sonra, her bir lizimetrenin toprak nem içeriği nötron metre ile belirlenmiş ve tarla kapasitesine getirmek için sulama suyu verilmiştir. Bunun içinde, derinlik cinsinden (mm) belirlenen sulama suyu miktarları lizimetre alanı ile çarpılarak su hacmi cinsinden hesaplanmıştır. Denemenin ilk yılında sulama işlemi 16.01.2018 tarihinde ikinci yılında ise 28.01.2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten sonra haftalık olarak nem takibi yapılmış ve kullanılabilir nem miktarının %50'ye düştüğü zamanlarda sulama suyu hesaplanarak verilmesi planlanmıştır.

Her iki yılda, lizimetrelerdeki eksik nemin tarla kapasitesine getirilebilmesi için ihtiyaç duyulan net sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$d_{net} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{Pv_{fci} - Pv_i}{100} \right] \times D_i$$

Eşitlikte;

d_{net} = Net sulama suyu miktarı (mm),

Pv_{fci} = Tarla kapasitesindeki nem miktarının hacim yüzdesi cinsinden ifadesi (%)

P_{Vi} = Dikkate alınan toprak derinliğindeki mevcut nem düzeyinin hacim yüzdesi cinsinden ifadesi (%)

D_i = toprak katman derinliği (mm),

n = katman sayısını ifade etmektedir.

Denemede konularına göre uygulanacak sulama suyu hacmi aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$V = d_{net} \times A$$

Burada;

V = Uygulanacak sulama suyu hacmi (m^3)

d_{net} = Net sulama suyu miktarı (mm),

A = Lizimetre alanı, m^2 ($0.283 m^2$)

3.2.7. Zamansal Olarak Yapılan Ölçümler

Denemenin başlangıcından sonuna kadar farklı zaman aralıklarında klorofil içeriği, stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli, toprak tuzluluğu ölçümleri yapılmıştır.

3.2.7.1. Klorofil İçeriğinin Belirlenmesi

Bitkilerin, klorofil içeriği taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile ölçülmüştür. Denemenin birinci yılında bitkilerde klorofil ölçümlerine 12.01.2018 tarihinde başlanılmış ve 23.05.2018 tarihine kadar devam edilmiştir. Çalışma periyodu boyunca 18 defa klorofil ölçümü gerçekleştirilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise klorofil okumalarına 06.02.2019 tarihinde başlanılmış ve 16.05.2019 tarihine kadar 7 gün aralıklar ile ölçüm yapılmıştır. Her bir lizimetredeki 3 yaprakta klorofil miktarı SPAD olarak ölçülmüştür. Klorofil ölçümleri bitkilerinin bayrak ve diğer yapraklarda klorofil metre kullanılarak 11.00 – 15.00 saatleri arasında yapılmıştır (Şekil 3.11). Ölçümlere yapraklar yeşil rengini kaybedene kadar devam edilmiştir.



Şekil 3.11. Yaprak klorofil içeriğinin ölçülmesi

3.2.7.2. Stoma İletkenliği Ölçümleri

Stoma iletkenliği ölçümleri, Delta T4 model porometre cihazı ile ve bitkilerinin bayrak ve diğer yapraklarında 7 günde bir, 11.00 – 15.00 saatleri arasında yapılmıştır. Birinci yıldaki stoma iletkenliği ölçümlerine 18.01.2018 tarihinde başlanılmış ve 25.05.2018 tarihine kadar devam edilmiştir. İkinci yılda ise 06.02.2019 tarihinde ölçümlere başlanılmış ve ölçümler 29.05.2019 tarihinde sona ermiştir. Stoma iletkenliği ölçümleri 15 gün aralıklar ile her bir lizimetredeki 3 yaprakta yapılmıştır (Şekil 3.12). Porometrenin okuma ucuna yerleştirilmiş okuma sensörü yaprağın alt kısmına gelecek şekilde ayarlama yapılmıştır. Elde edilen değerler $\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ cinsinden kaydedilmiştir. Ölçümler yapraklar yeşil rengini kaybedene kadar devam edilmiştir.



Şekil 3.12. Yaprakların stoma iletkenliği ölçümü

3.2.7.3. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri

Yaprak su potansiyeli ölçümleri, portatif basınç odacığı (Pressure chamber, Skye Instruments Model SKPM14005) ile 15 gün aralıklar ile ölçümler yapılmıştır. Araştırmanın ilk yılına ait yaprak su potansiyeli ölçümlerine 30.01.2018 tarihinde başlanılmış, yaprakların sararmaya başladığı 07.05.2018 tarihine kadar devam edilmiş ve toplam 8 adet ölçüm yapılmıştır. Denemenin ikinci yılında yaprak su potansiyeli ölçümlerine 11.02.2019 tarihinde başlanılmış ve ölçümler 06.05.2019 tarihinde sona ermiştir. Koparılan yapraklar keskin bir bıçak ile ölçüm öncesinde kesilmiş ve ölçüm örneklemenin hemen ardından yerinde yapılmıştır. Ölçümler esnasında her bir lizimetrede 3 yapraktan ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde genç ve gelişimini tamamlamış yapraklar kullanılmıştır ve yaprağın basınç odasına takılmasında uygun conta seçilmiştir. Yaprğa büyüteç ile bakılmış ve kesik yüzey su ile kaplandığında okunan basınç değeri YSP olarak alınmıştır (Şekil 3.13). Ölçümler yapraklar yeşil rengini kaybedene kadar devam edilmiştir.



Şekil 3.13. Yaprak su potansiyeli ölçümleri

3.2.8. Hasat İşlemi

Çalışmada, hasat işlemi buğdayların olgunlaşma durumlarına göre farklı tarihlerde yapılmıştır. Buğday bitkisinin tane için hasat zamanı tane nemi %12-15 seviyesine düştüğü zamanda lizimetrelerdeki buğdaylar toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir.

3.2.9. Fizyolojik Gözlemler ve Analizler

Çalışma süresince bitkilerde yapılan ölçümler ve analizler aşağıda verilmiştir.

Ölçüm ve gözlemler, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü'nün “Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı” ile Uluslararası Çeltik Araştırma Enstitüsü (IRRI)'nün çeltik için hazırlamış olduğu “Standart Değerlendirme Sistemi” birlikte dikkate alınarak yapılmıştır (Anonim, 2003).

3.2.9.1. Çiçeklenme Gün Sayısı: Çiçeklenme gün sayısı ekim tarihinden itibaren bitkilerin %50'sinin çiçeklenme tarihine kadar geçen süre gün olarak belirlenmiştir.

3.2.9.2. Olgunlaşma Gün Sayısı: Bitkilerin ekiminden hasada kadar geçen süre gün olarak belirlenmiştir.

3.2.9.3. Kardeş Sayısı: Lizimetrelerde başak oluşturan bitkilerin toplamı, çıkış sonrasındaki toplam bitki sayısına bölünerek bitki başına fertil kardeş sayısı belirlenmiştir.

3.2.9.4. Bitki Boyu: Bitkide toprak yüzeyinden başağın en ucundaki başakçığın ucuna kadar olan kısmı cm olarak ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Bitki boyu ölçümü

3.2.9.5. Başak Ekseni Uzunluğu: Örnek alınan her bir bitkide ana sapta salkımın ilk boğumu ile son boğumu arasındaki uzunluk cm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Başak eksen uzunluğu ölçümü

3.2.9.6. Başakta Başakçık Sayısı: Lizimetreleri temsilen alınan 10 adet başak örneklerinin her birinde başakçıklar sayılarak, başakta başakçık sayısı belirlenmiştir.

3.2.9.7. Başakta Tane Sayısı: Her lizimetreden tesadüfi olarak seçilen 10 adet başak elde harmanlandıktan sonra her başaktan çıkan taneler sayılarak, başakta tane sayısı tespit edilmiştir.

3.2.9.8. Başakta Tane Ağırlığı: Her lizimetreden hasat edilen başaklardan tesadüfi olarak 10 adet seçilerek, elde harmanlanmıştır. Daha sonra her bir başaktan elde edilen taneler 0.001 g hassasiyete sahip elektronik terazide tartılarak g olarak ifade edilmiştir.

3.2.9.9. Biokütle Ağırlığı: Her lizimetredeki tüm bitkiler toprak yüzeyinden biçilmiş olup sap+tanelerin tartılmasıyla belirlenmiştir. Lizimetrenin alanı dikkate alınarak biokütle ağırlığı kg da^{-1} cinsinden belirlenmiştir.

3.2.9.10. Tane Verimi: Lizimetredeki tüm başaklar buğday saplarından budama makası ile kesildikten sonra, başaklar el ile harmanlanmıştır. Daha sonra buğday taneleri harman makinası ile sap ve samanından temizlenmiştir. Elde edilen taneler 0.01 g hassasiyete sahip terazi ile tartılıp, tane ağırlığı g cinsinden ifade edilerek her bir lizimetredeki tane verimi belirlenmiştir. Lizimetrenin alanı dikkate alınarak verimler (kg da^{-1}) olarak belirlenmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Başak hasadı, harmanı ve tartım işlemleri

3.2.9.11. Tane Eni: Her lizimetreden elde edilen tanelerden tesadüfi olarak 50 adet seçilen tohumların eni dijital kumpas ile ölçülmüştür.

3.2.9.12. Tane Boyu: Her lizimetreden elde edilen tanelerden tesadüfi olarak 50 adet seçilen tohumların boyu dijital kumpas ile ölçülmüştür.

3.2.9.13. Bin Tane Ağırlığı: Generatif özelliklerin belirlenmesinde kullanılan örnekler harmanlandıktan sonra, 4×100 adet tohum sayılmış, sayılan her bir örnek ayrı ayrı tartılarak, 4 tartımın ortalaması alınmış ve bin tane ağırlığına dönüştürülmüştür.

3.2.9.14. Hektolitre Ağırlığı: 1 lt'lik hektolitre ağırlık ölçme aleti kullanılarak elde edilen değer kg, 100 ile çarpılarak hektolitre ağırlığı (kg) tespit edilmiştir (Özkaya ve Kahveci, 1990).

3.2.9.15. Bitkinin Yaş-Kuru Ağırlıkların Belirlenmesi: Her bir lizimetreden alınan 5 bitkinin yaş ağırlıkları belirlenmiş ve ardından etüvde 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlığı tespit edilmiştir.

3.2.10. Deneme Sonunda Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

Çalışmada, toprakların kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, hasattan

sonra her lizimetreden çapı 5 cm olan burgu aleti ile 10 cm aralıklarla toprak örnekleri alınmıştır. 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinden sırasıyla 2, 5 ve 7 adet toprak rneği olmak üzere her yıl toplamda 168 adet toprak rneği alınmıştır.

Toprak rnekleri, plastik torbalara konulduktan sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Laboratuvarı'nda hava kuru hale gelene kadar bekletilmiştir. Kuru hale gelen topraklar tahta tokmak ile dövülerek, 2 mm gözenek hacmine sahip elek ile elenerek analiz işlemlerinde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir (şekil 3.17).



şekil 3.17. Toprak rneği alma, kurutma ve eleme işlemleri

Deneme sonunda toprakların Na, K, Ca ve Mg değerlerinin belirlenmesi amacıyla hava kuru hale gelen ve 2 mm'lik elekten elenmiş topraklardan 50 mL'lik santrifüj tüplerine 3 g toprak ile 25 mL 1 N amonyum asetat zltisi ilave edilerek çalkalayıcıda 20 dakika boyunca çalkalanmıştır. Daha sonra toprak örnekleri çift katlı filtre kağıdından ekstrakte edilerek örneklerin szğ elde edilmiştir. Elde edilen szklerin sodyum, potasyum, kalsiyum miktarları fleymfotometre ile Ca + Mg miktarı ise titrimetrik olarak belirlenmiştir.

Çalışmada, sabit taban suyu derinlikleri oluşturulduktan sonra hasada kadar 15 gün aralıklar ile her bir lizimetredeki toprak tuzluluğunun zamansal ve derinlik olarak değişimi belirlenmiştir. Toprak tuzluluğunu belirlemek amacıyla portatif ve prob uzunluğu 60 cm olan EC metre kullanılmıştır. Bu sayede 10 cm aralıklar ile tuzluluğunun profil boyunca değişimi belirlenmiştir (şekil 3.18).

Toprak örneklerinin tuz konsantrasyonunu belirlemek için her bir örnekten 100 gr toprak tartılarak, toprak doymun hale gelinceye kadar saf su eklenmiştir. Doymun hale getirilen toprak örnekleri üzeri metal bir kapak ile kapatılarak 24 saat laboratuvarında bekletilmiştir. Hazırlanmış olan saturasyon çamuru içine filtre kâğıdı yerleştirilmiş basınç hücrelerine ekstraksiyon aleti ile 4 atm'lik basınç uygulayarak basınç altındaki örneklerden süzülen sıvı 50 mL'lik santrifüj tüplerinde toplanmıştır. Elde edilen süzüklerin tuz konsantrasyonları Mettler Toledo EC aleti ile ölçülerek her bir toprak örneğinin EC değeri tespit edilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.18. Portatif EC metre ile derinlik boyunca toprak tuzluluğunun ölçülmesi



Şekil 3.19. Saturasyon İşlemi, EC ve pH okumaları

3.2.11. Tarımsal İşlemler

Çalışma kapsamında her iki üretim yılında da yapılan tarımsal işlemler Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4. 2018 ve 2019 araştırma yılları periyodunda yapılan tarımsal işlemler

Tarımsal İşlemler	2018	2019
Gübreleme (Taban gübresi, 8 kg da ⁻¹ DAP)	11.11.2017	14.11.2018
Tohum Ekimi	15.11.2017	22.11.2018
Tohum çıkışlarının başlangıcı	27.11.2017	30.11.2018
Kardeşlenme dönemi başlangıcı	18.12.2017	24.12.2018
Kardeşlenme dönemi bitimi	02.01.2018	14.01.2019
Lizimetrelere, taban suyu derinliği ve tuzluluğuna göre taban suyu seviyelerinin oluşturulmaya başlanması	02.01.2018	14.01.2019
Lizimetrelerde konularına göre sabit taban suyu oluşması	16.01.2018	28.01.2019
Toprak nem içeriği ölçümlerine başlanması	16.01.2018	28.01.2019
Sulama işlemi	16.01.2018	28.01.2019
Konularına göre mariotte bidonlarından eksilen suyun takip edilmeye başlanması	16.01.2018	28.01.2019
Gübreleme (Üst gübre, 7 kg da ⁻¹ N (%21’lik Amonyum Sülfat)	09.02.2018	2.02.2019
İlaçlama (Külleme hastalığı)	1.03.2019	14.02.2019
Gübreleme (Üst gübre, 7 kg da ⁻¹ N (%21’lik Amonyum Sülfat)	16.03.2018	20.03.2019
İlaçlama (Yaprak biti hastalığı)	12.05.2018	6.04.2019
Konularına göre mariotte bidonlarından eksilen suyun takip işleminin sona ermesi	8.06.2018	14.06.2019
Hasat başlama tarihi	8.06.2018	19.06.2019

3.2.12. Bitki Su Tüketimi ve Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında, buğday bitkisinin uygulamalara göre bitki su tüketim değerleri toprak su dengesi eşitliği kullanılarak belirlenmiştir.

$$ET = I + TSBM - D \pm \Delta S$$

Eşitlikte;

I = Sulama suyu miktarı (mm),

TSBM = Bitkilerin yetiştirilme periodu boyunca taban suyundan toplam beslenme miktarı (suyun bitki kök bölgesine doğru akışı (mm)). Lizimetrelerde taban suyundan beslenme durumları günlük olarak mariotte düzeneğinden takip edilmiş ve azalan sular tekrar ilave edilmiştir.

D = drenaj suyu miktarı (mm),

ΔS = Deneme başlangıcı ile bitişi arasındaki toprak nem içeriğindeki farklılığını ifade etmektedirler.

Konulara göre su kullanım etkinliğini (WUE) belirlemek için Lovelli vd. (2007) tarafından belirtilen eşitlik 2 kullanılmıştır;

$$WUE = \frac{Y \text{ (kg/da)}}{ET \text{ (mm)}}$$

Eşitlikte;

WUE = Su kullanım etkinliği (kg m⁻³)

Y = Tane verimi (kg da⁻¹),

ET = Bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

3.2.13. Yapraklarda Antioksidan Enzim Analiz Yöntemleri

Çalışmada tabansuyu derinliği ve tuzluluk şartlarında bitkilerdeki antioksidan enzim aktivitelerini belirlemek ve bitki parametreleri ile enzimsel aktiviteler arasındaki ilişkiyi incelemek için 15 günlük aralıklar ile bitki yapraklarından örnekler alınmıştır. Örneklerden Süperoksit dismutaz (SOD), Katalaz (CAT), Glutasyon Redüktaz (GR), Glutasyon S-transferaz Enziminin (GST) değerleri belirlenmiştir.

Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi üç tekerrürlü olacak ve her bir konuya ait bitkilerin en genç üç yaprağı alınarak sıvı azotta dondurulmuş ve analizler yapılınca kadar -80 °C'de derin dondurucuda bekletilmiştir. Yaklaşık 1 gr taze

yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içinde 0.5 mM EDTA bulunan (100 mM potasyum fosfat tamponu, pH=7.5) fosfat tamponu ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 20 dk süresince 15000 g'de santrifüj edildikten sonra elde edilen süpernatantlar enzim analizinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapılncaya kadar +4 °C sıcaklıkta tutulmuş, ölçümler Shimadzu-UV1800 model spektrofotometrede yapılmıştır.

Katalaz enziminin aktivite ölçümü: CAT enziminin aktivite ölçümünde spektrofotometrik metod kullanılmıştır. 1 ml'lik küvetlerle yapılan ölçüm için; 0.05 M Potasyum Fosfat (pH=7.0), 0.059 M H₂O₂ 0.05 M Potasyum Fosfat (pH=7.0)'da hazırlanmış ve enzim numunesi kullanılarak başlangıç ve 30 s'lik zaman aralıklarında 240 nM 'de absorbans azalışı kaydedilmiştir (Sairam and Srivastava, 2002).

Süperoksit Dismutas enziminin aktivite ölçümü: SOD enziminin aktivite ölçümünde spektrofotometrik metod kullanılmıştır 1 ml'lik küvetlerle yapılan ölçüm için; 0.1 M Potasyum Fosfat (pH=7.4), 0.4 mM 6-hidroksidopamin (6-OHDA) 0.1 M Potasyum Fosfat (pH=7.0)'da hazırlanmış ve enzim numunesi kullanılarak başlangıç ve 60 s'lik zaman aralıklarında 490 nM 'de absorbans azalışı kaydedilmiştir (Sairam and Srivastava, 2002).

Glutasyon Redüktaz enziminin aktivite ölçümü: GR enziminin aktivite ölçümünde spektrofotometrik metod kullanılacaktır. 1 ml'lik küvetlerle yapılan ölçüm için; 5 mM EDTA içeren 1 M Tris-HCl (pH 8.0), 10 µM FAD, 33 mM GSSG, 2 mM NADPH, saf su ve enzim numunesi kullanılarak başlangıç ve 60 s'lik zaman aralıklarında 340 nM absorbans azalışı kaydedilmiştir (Yordanova et al., 2004).

Glutasyon S-transferaz enziminin aktivite ölçümü: GST enziminin aktivite ölçümünde spektrofotometrik metod kullanılmıştır. 1 ml'lik küvetlerle yapılan ölçüm için; 0.5 M Potasyum Fosfat (pH 7.0), 25 mM 1-kloro-2,4-dinitrobenzen (CDNB), 20 mM GST, saf su ve enzim numunesi kullanılarak aktivite tespit edilmiştir (Yordanova et al., 2004).

3.2.14. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun buğdayda bitki su tüketimi, verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerinin belirlenebilmesi için elde edilen verilere SPSS 21.0 bilgisayar yazılımında varyans analizi (iki yönlü ANOVA) uygulanmıştır. Konulara ait ortalamaların sınıflandırılmasında önemli farklılıklar için

$\alpha=0,05$ önemlilik düzeyinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak belirlenmiştir (Yurtsever, 1984). Ayrıca, farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun toprak profilindeki tuz dağılımı ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri sonucunda elde edilen veriler MS Excel 2013 Office programı kullanılarak konulara ait ortalama değerler bar grafiği çizilerek incelenmiştir. Bar grafiklerinde, düşey olarak gösterilen çizgiler konulara ait standart hata değerlerini ifade etmektedir.

Çalışmada, SOD, GST, GR ve CAT enzimlerinin konulara göre yılların ortalaması alınarak, enzimlerin farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler 3 boyutlu grafik ile gösterilmiş ve enzim değerlerinin optimum olduğu koşullar belirlenmiştir. Enzim parametrelerine ait çoklu regresyon denklemleri ve grafikleri Design Expert 11.0 bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir. Anlamlı model değişkenleri $p < 0.05$ önemlilik düzeyine göre seçilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sulama Bulguları

4.1.1. Sulama Bileşenlerine Ait Sonuçlar

Araştırmanın ilk yılında 02.01.2018 ve ikinci yılında ise 14.01.2019 tarihinde kardeşlenme dönemi sona erdikten sonra taban suyu derinlikleri oluşturulmaya başlanılmıştır. Sabit taban suyu derinliği oluşturana kadar lizimetreler konularına göre 14 güne varan süre boyunca aşağıdan yukarıya doğru tuzlu su ile beslenmiştir. Lizimetrelerde sabit taban suyu oluşturulduktan sonra lizimetrelerin toprak nem içeriği nötron prob aleti ile belirlenmiştir. Lizimetrelerde, toprak nemini tarla kapasitesine çıkarmak için gerekli sulama suyu miktarı belirlenmiş ve lizimetrelere verilmiştir. Lizimetrelerde taban suyundan beslenme durumları günlük olarak mariotte düzeneğinden takip edilmiş ve azalan sular tekrar ilave edilmiştir. Bu şekilde mariottedeki azalma miktarı sayesinde taban suyundan günlük beslenme miktarları belirlenmiştir. Bununla birlikte, toprak nemi sürekli olarak takip edilmiş ve toprakta kullanılabilir nem düzeyi %50'nin altında olması durumunda, lizimetrelerdeki mevcut toprak nemini tarla kapasitesi düzeyine çıkarmak için gerekli olan sulama suyu miktarı hesaplanarak sulama işlemi yapılmıştır. Lizimetrelere her iki yılda da kardeşlenme dönemine kadar 10 mm sulama suyu verilmiştir. Araştırma 2018 ve 2019 yıllarına ait konulara göre taban suyundan beslenme miktarları, sulama suyu miktarları ve bitki su tüketim miktarları Tablo 4.1.de verilmiştir. Konulara göre uygulanan sulama suyu miktarı değerlerine ait varyasyon ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te verilmiştir.

Taban suyundan beslenme miktarı değerleri 2018 yılında 300.9 mm ile 473 mm arasında değişim gösterirken, 2019 yılında ise 275.8 mm ile 451.3 mm arasında değişim göstermiştir. Denemenin 2019 yılında D2 ve D3 taban suyu derinliklerindeki taban suyundan beslenme miktarları, 2018 yılına göre düşüş göstermiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Araştırma yıllarında konulara göre buğday bitkisinin bitki su tüketim değerleri

Yıl	Taban suyu seviyesi	Taban suyu Tuzluluğu	TSBM (mm)	I (mm)	ΔS (mm)	ET (mm)
2018	D1 (30 cm)	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	422.8	17.6	3.6	454.0
	D1 (30 cm)	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	354.2	11.2	4.2	379.6
	D1 (30 cm)	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	329.4	6.0	6.0	351.5
	D1 (30 cm)	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	300.9	7.5	9.2	327.6
	D2 (55 cm)	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	419.7	32.5	14.7	476.9
	D2 (55 cm)	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	396.0	31.2	16.8	454.0
	D2 (55 cm)	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	365.7	35.7	13.8	425.1
	D2 (55 cm)	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	343.9	33.4	17.4	404.8
	D3 (80 cm)	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	473.0	102.7	44.4	630.1
	D3 (80 cm)	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	418.3	98.6	42.0	568.9
	D3 (80 cm)	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	395.3	91.6	37.4	534.3
	D3 (80 cm)	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	354.3	59.6	39.8	463.8
2019	D1 (30 cm)	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	451.3	11.2	3.0	475.6
	D1 (30 cm)	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	408.0	15.3	5.9	439.2
	D1 (30 cm)	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	375.5	15.3	4.2	404.9
	D1 (30 cm)	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	348.3	19.0	6.5	383.8
	D2 (55 cm)	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	411.9	29.4	12.2	463.5
	D2 (55 cm)	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	382.9	35.0	16.6	444.5
	D2 (55 cm)	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	358.2	39.0	18.2	425.4
	D2 (55 cm)	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	327.7	41.1	19.3	398.1
	D3 (80 cm)	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	397.0	88.8	54.2	550.1
	D3 (80 cm)	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	316.1	90.5	46.9	463.5
	D3 (80 cm)	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	296.8	69.0	54.6	430.4
	D3 (80 cm)	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	275.8	58.3	56.0	400.0

TSBM: Taban suyundan beslenme miktarı, ΔS= Başlangıç ve deneme sonundaki toprak su içeriği değişimi

Tablo 4.2. Yıllara göre sulama suyu miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	42646.72			
	Blok	2	6.64	3.32	0.10	0.9100
	Taban Suyu Derinliği	2	38171.38	19085.69	548.60	0.0012**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	1501.158	500.39	14.38	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	2202.16	367.03	10.55	0.0001**
	Hata	22	765.38	34.79		
2019	Genel	35	27033.92			
	Blok	2	92.92	46.46	1.09	0.36
	Taban Suyu Derinliği	2	23466.67	11733.33	274.24	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	277.47	92.49	2.17	0.1214 ^{ÖD}
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	2255.61	375.94	8.79	0.0001**
	Hata	22	941.26	42.78		

**; $p < 0.01$; *; $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.3. Yıllara göre sulama suyu miktarlarına (mm) ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			Ort.
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	17.6 e	32.5 d	102.7 a	50.9 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	11.2 ef	31.2 d	98.6 ab	47.0 ab
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	6.0 f	35.7 d	91.6 b	44.4 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	7.5 f	33.4 d	59.6 c	33.5 c
	Ort.	10.6 c	33.2 b	88.1 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	11.2 ef	29.4 c	88.9 a	43.1
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	15.3 f	35.0 cd	90.5 a	46.9
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	15.3 f	39.0 cd	69.0 b	41.1
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	19.0 f	41.1 cd	58.3 b	39.5
	Ort.	15.2 c	36.1 b	76.7 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Araştırmanın ilk yılında taban suyu derinliği sabit hale getirildikten sonra 16.01.2018 tarihinde ve ikinci yılında ise 28.01.2019 tarihinde toprak nemi ölçülmüş ve lizimetrelerin nem açığı belirlenmiş, aynı gün sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları Tablo 4.1’de verilmiştir. Deneme periyodu boyunca yapılan toprak nem gözlemlerine göre; toprak nem içeriği taban suyu beslenmesine bağlı olarak %50 oranında azalmamıştır. Bu nedenle, araştırmanın her iki yılında sadece 1 defa sulama suyu uygulanmıştır.

Çalışmanın ilk yılına ait varyasyon analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun uygulanan sulama suyu üzerine istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde etki etmişlerdir. İkinci yılda ise, taban suyu derinliği ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun uygulanan sulama suyu miktarı üzerine istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkisi olurken, taban suyu tuzluluğu faktörünün sulama suyu miktarı üzerine istatistiksel olarak etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmanın ilk yılında taban suyu derinliğine göre uygulanan sulama suyu miktarları incelendiğinde, en fazla sulama suyu miktarı (88.1 mm) ile D3 konularında, en düşük sulama suyu miktarı (10.6 mm) ile D1 konularına uygulanmıştır. Bir başka ifade ile D1 ve D2 konularında uygulanan sulama suyu miktarları D3’e göre sırasıyla %88 ve %62.3 oranında azalmıştır. Taban suyu tuzluluğuna göre sulama suyu miktarları incelendiğinde, taban suyu tuzluluğu arttıkça, uygulanan sulama suyu miktarları azalış göstermiştir. T2, T3, T4 konularına uygulanan sulama suyu miktarları T1 konusuna göre sırasıyla %7.7, %12.7 ve %34.2 oranında azalmıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre sulama suyu miktarları

incelendiğinde, en yüksek değer 102.7 mm ile D3×T1 konusunda, en düşük değer 7.5 mm ile D1×T4 konusunda uygulanmıştır.

Araştırmanın ikinci yılında elde edilen sulama suyu miktarı değerleri incelendiğinde, ilk yıl sonuçlarına benzer şekilde taban suyu derinliği arttıkça uygulanan sulama suyu miktarı değerleri artmıştır. D1 ve D2 konularına uygulanan sulama suyu miktarı D3 konusuna göre %80.2 ve %52.9 oranında azalmıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre en fazla uygulanan sulama suyu miktarı değeri 90.50 mm ile D3×T2 interaksiyonunda, en düşük değer ise 11.2 mm ile D1×T1 interaksiyonuna uygulanmıştır.

Elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda, her iki yılda da taban suyu derinliği arttıkça uygulanan toplam sulama suyu miktarı artmıştır. Bunun nedeni olarak, taban suyu derinliği arttıkça toprağın su tutma kapasitesi (mm su / m toprak derinliği) artmaktadır. Talebnejad ve Sepaskhah (2016)'da yaptıkları çalışmada, farklı taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliğinin kinoa bitkisi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, taban suyu derinliği 30 cm'den 80 cm'ye doğru azaldıkça, sulama suyu miktarının arttığını bununda toprak derinliği arttıkça toprağın su tutma kapasitesinin artmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ancak taban suyu tuzluluğu 10 dS m⁻¹'den 40 dS m⁻¹' kadar arttığında sulama suyu miktarı azalmıştır. Ayrıca, 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinin her birinde taban suyu tuzluluğu arttıkça uygulanan sulama suyu miktarında istatistiksel olarak fark oluşmadığını ifade etmişlerdir. Gowing vd. (2009)'da yaptıkları lizimetre çalışmalarında taban suyu derinliği 100 cm'de iken taban suyu tuzluluğu 2 dS m⁻¹'den 8 dS m⁻¹'e kadar arttığında uygulanan sulama suyu miktarının azaldığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda, her iki yılda farklı taban suyu derinliğe göre uygulanan sulama suyu miktarı incelendiğinde; D1 derinliğinde uygulanan sulama suyu miktarları arasında istatistiksel farklılık olmasına karşılık konular arasında aşırı farklılık oluşmamıştır. D2 konularında ise, her iki yılda da taban suyu tuzluluğu arttıkça uygulanan sulama suyu miktarları arasında fark oluşmamıştır. Ancak D3 konusunda en fazla uygulanan sulama suyu miktarları T1 ve T2 konularında gerçekleşmiş en düşük ise T4 konusunda gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise, farklı tuzluluğa sahip suların kimyasal bileşimi ve suyun kapilarite ile yükselmesinin zamana bağlı olarak değişebileceğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Ayrıca, çalışmada bitki su tüketim değerlerinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametre ise, denemenin başlangıcındaki ve denemenin sonundaki topraktaki nem değişimidir. Başlangıçta lizimetrelerin toprak nem içeriği tarla kapasitesine çıkartılmıştır. Lizimetrelerde denemenin sonunda nem durumları tekrar belirlenmiş ve aradaki fark tespit edilmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında, lizimetrelerin nem durumları incelendiğinde, toprak nemleri ilk ölçüme göre azalmıştır. Denemenin ilk yılında toprak nem içeriği 3.6 mm ile 44.4 mm arasında değişmiştir. Toprak nem içeriği değişimi en az D1 konularında gerçekleşirken, en yüksek nem değişimi ise taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu D3 konularında meydana gelmiştir.

4.1.2. Bitki Su Tüketimi

Araştırma konularına ait 2018 ve 2019 yıllarında gerçekleşen bitki su tüketimi değerlerine (ET) ait varyans analizi sonuçları ve istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’ de verilmiştir.

Tablo 4.4. Yıllara göre bitki su tüketimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	262154.9			
	Blok	2	221.72	110.86	1.01	0.3794
	Taban Suyu Derinliği	2	180064.02	90032.01	822.87	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	71227.21	23742.40	217.00	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	8234.92	1372.49	12.54	0.0001**
	Hata	22	2407.06	109.40		
	VK (%)	2.29				
2019	Genel	35	71205.27			
	Blok	2	482.17	241.09	1.75	0.1963
	Taban Suyu Derinliği	2	8314.49	4157.25	30.26	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	51933.81	17311.27	126.00	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	7452.08	1242.01	9.04	0.0001**
	Hata	22	3022.71	137.40		
	VK(%)	2.66				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Denemenin 2018 ve 2019 yıllarında taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonun buğday bitkilerinin bitki su tüketimini istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkiledikleri tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

2018 yılı istatistiksel analiz sonuçlarına göre; taban suyu derinliği azaldıkça bitki su tüketimi değerlerinin de arttığı görülmektedir (Tablo 4.5). Taban suyu derinliğine

göre konular arasında istatistiksel farklılık oluşmuş ve en yüksek bitki su tüketimi D3 konusunda (549.3 mm) elde edilmiştir. D3 konusuna göre D2 ve D1 konularının bitki su tüketimi değerleri sırasıyla %19.9 ve %31.2 oranında azalmıştır. Taban suyu tuzluluğu arttıkça bitki su tüketim değeri azalmış ve tüm konular arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, en yüksek bitki su tüketim değeri T1 konusunda (520.4 mm) olduğu ve T2, T3 ve T4 konularının bitki su tüketimi değerleri T1 konusuna göre sırasıyla %10.17, %16.0 ve %23.4 oranında azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.5). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre; en yüksek bitki su tüketimi değeri (630.1 mm) D3×T1 konusundan elde edilirken, en düşük değer ise 327.6 mm ile D1×T4 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Yıllara göre bitki su tüketimi (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			Ort.
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	454.0 e	476.9 d	630.1 a	520.4 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	379.6 h	454.0 e	568.9 b	467.5 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	351.5 ı	425.1 f	534.3 c	437.0 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	327.6 j	404.8 g	463.8 de	398.7 d
	Ort.	378.2 c	440.20 b	549.3 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	475.6 b	463.5 bc	550.1 a	496.4 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	439.2 d	444.5 cd	463.5 bc	449.1 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	404.9 e	425.4 d	430.4 d	420.3 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	383.7 f	398.1 ef	400.1 ef	394.0 d
	Ort.	425.85 b	432.88 b	461.02 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

Denemenin ikinci yılında ilk yıla benzer olarak taban suyu tuzluluğu arttıkça bitki su tüketimi değerleri azalmıştır. Buna göre, istatistiksel olarak 4 farklı grup oluşmuş ve her konu farklı bir grupta yer almıştır. Buna göre, T1, T2, T3 ve T4 konularının bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 496.4, 449.1, 420.3 ve 394.0 mm olarak belirlenmiştir. Taban suyu derinliğine göre bitki su tüketimi değerleri D1, D2 ve D3 konuları için sırasıyla 425.9, 432.9 ve 461.0 mm olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci yılında, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre en yüksek bitki su tüketimi değeri 550.1 mm ile D3×T1 konusundan tespit edilmiş, en düşük değer ise 383.7 mm ile D1×T4 konusundan belirlenmiştir (Tablo 4.5). Başka araştırmacıların buğday bitkisinin su ihtiyacını belirlemek için yaptıkları çalışmalar incelendiğinde; Sezen ve Yazar (2006)'da Harran Ovası koşullarında yaptıkları çalışmada buğday bitkisinin su tüketimi değerini 571 – 721 mm arasında

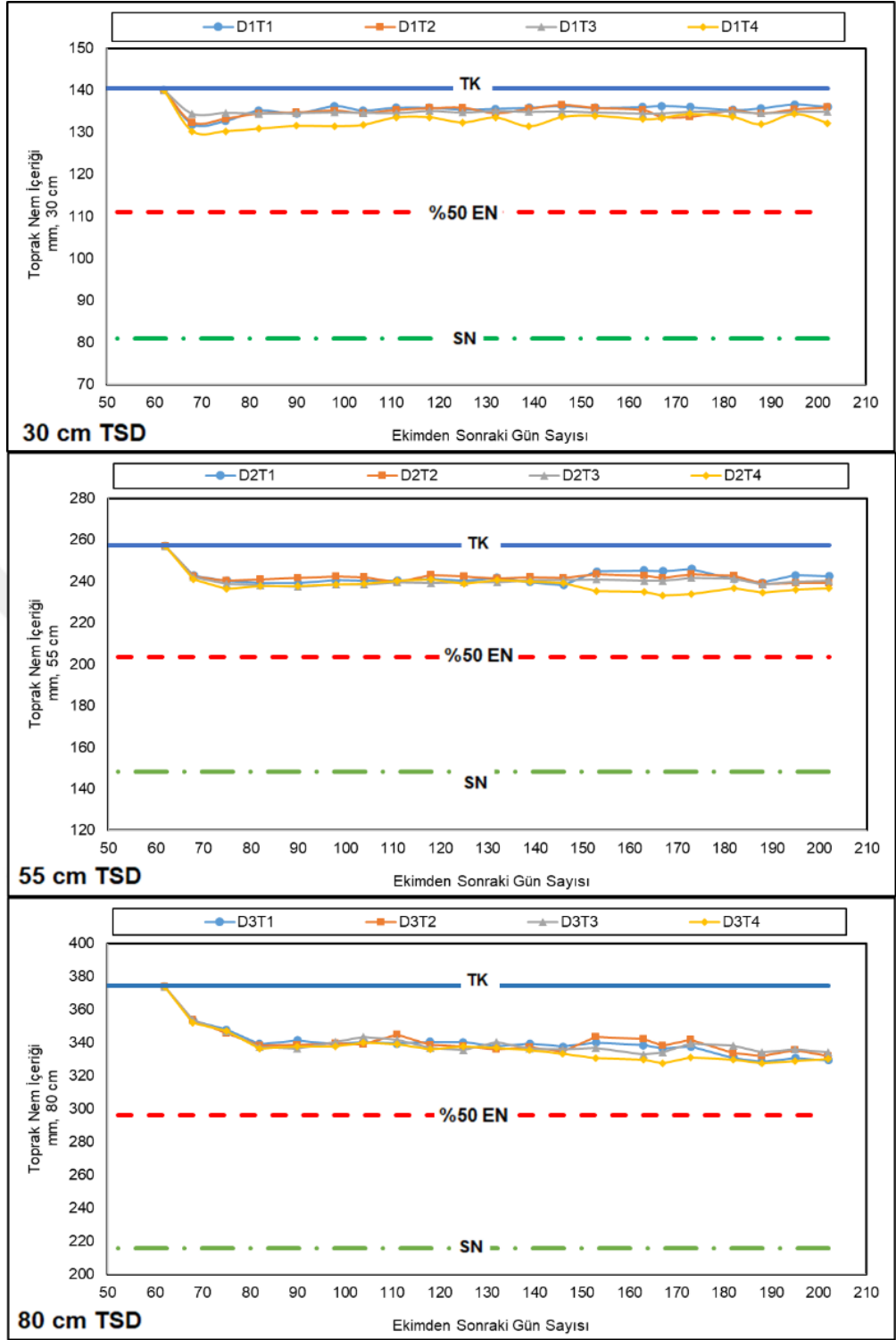
tespit etmişlerdir. Tekin (2010)'da Çukurova şartlarında yaptığı çalışmada konularına göre en düşük ve en yüksek buğday bitkisinin mevsimlik su tüketimi değerlerini 2009 yılında 522 – 675 mm, 2010 yılında 328.0 – 496.6 mm olarak belirlemiştir. Ghamarnia ve Farmanifard (2014) ise lizimetre koşullarında 0.60 m, 0.80 m ve 1.10 m taban suyu derinliğinde buğday bitkisinin su tüketimini incelemişler ve çalışma sonucunda en yüksek bitki su tüketimi değerini 0.60 m taban suyu derinliği olan konularda 364 mm olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, taban suyu derinliği 0.60 m'den 1.10 m'ye yükseldikçe bitki su tüketiminin azaldığını bildirmişlerdir. Tarı vd., (2014), Konya'da üç yıl yürütülen çalışmada buğday bitkisinin mevsimlik su tüketiminin 571 mm olarak belirlemişlerdir. Alghory ve Yazar (2018)'de Çukurova koşullarında farklı sulama stratejileri ve sulama düzeylerinin buğday bitkisinin bitki su tüketimi ve tane kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, konularına göre buğdayın en düşük ve en yüksek bitki su tüketimi değerlerini 2013/2014 deneme yılında 293.4 - 485.0 mm, 2014/2015 yılında ise 474.1 – 645.0 mm arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Elde edilen bulgulara göre, iki yılın bitki su tüketim değerleri incelendiğinde, ikinci yılın bitki su tüketim değerlerinin birinci yıla kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İklim koşullarının ilk yıla kıyasla daha serin seyir izlemesi, transpirasyon ve evaporasyonunun daha az gerçekleşmesine ve bitkilerin kapilarite ile taban suyundan beslenmesinin azalmasına neden olduğu söylenebilir. Her iki yılda, taban suyu derinliği azaldıkça, bitki su tüketim değeri artış göstermiştir. Bunun nedenlerinin başında taban suyu derinliğinin 30 ve 55 cm olduğu konularda kapilarite ile birlikte toprağın üst katmanlarına doğru daha fazla tuz minerallerinin taşınması ve bu katmanlardaki toprağın daha fazla tuzlu olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca taban suyunun sık olduğu koşullarda bitki kökleri oksijen stresine maruz kalmaktadırlar. Bu durumda bitkilerin kök gelişimleri zayıflamakta, köklerin topraktan su ve mineral alımını azaltmaktadır. Benzer sonuçlar, Zhao vd. (2020) tarafından mısır bitkisi için rapor edilmiş ve taban suyu derinliğinin <1.0 m'den az olduğu koşullarda mısır bitkisinin kökleri su ve oksijen stresine maruz kalmaktadır. Sonuç olarak mısır bitkisinin ortama stoma iletkenliği değerinin %70 oranında kapandığını ve bu durumun ise bitki transpirasyonunu önemli derecede azalttığını belirtmişlerdir.

4.1.3. Toprak Nem İçeriği

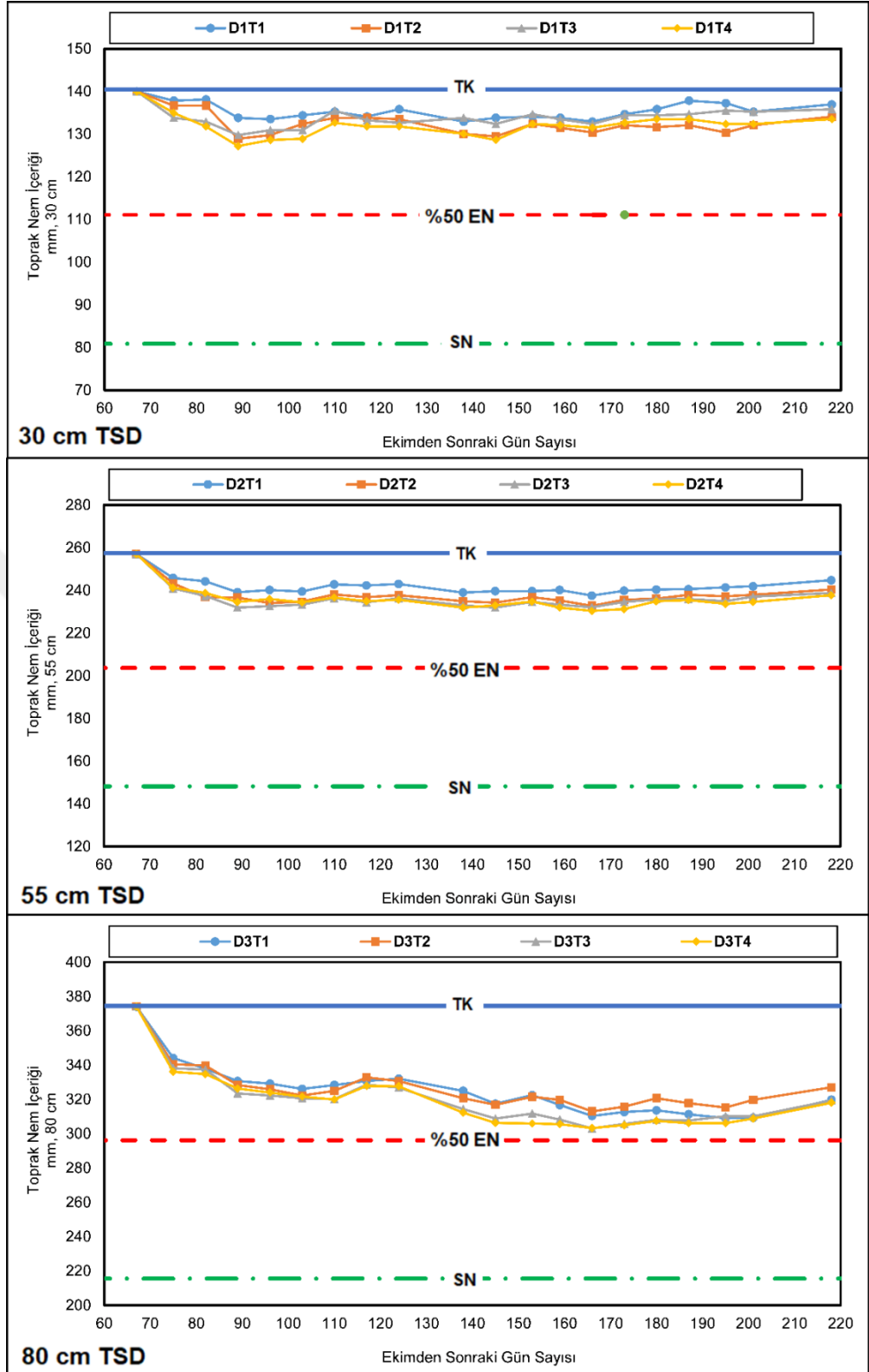
Araştırmanın her iki yılında toprak nem içeriği ölçümlerine kardeşlenme dönemi sona erdikten ve konularına göre taban suyu derinliği oluşturulduktan sonra başlanılmıştır. Toprak nem lmleri 503 DR HYDROPROBE nötron metre cihazıyla 7 günde bir her lizimetrede llmş ve hasat dönemine kadar sürdürülmüştür. Toprak nem içeriği gözlemleri ilk yıl 16.01.2018 ve 5.06.2018, ikinci yıl ise 28.01.2019 ve 14.06.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Toprak nem içeriği gözlemleri, taban suyu derinliği göz önünde bulundurularak aktif kök bölgesi derinliğine göre gerçekleştirilmiştir. Toprak su içeriği gözlemlerinde, taban suyu derinliği 30 cm olan lizimetrelerde bir ölçüm (15 cm), taban suyu derinliği 55 cm olanlarda  ölçüm (15, 30 ve 45 cm), taban suyu derinliği 80 cm olanlarda ise dört ölçüm (15, 30, 45 ve 60 cm) derinliğinde periyodik olarak gerçekleştirilmiştir. Konularına göre taban suyu derinliği oluşturulduktan sonra her bir lizimetredeki toprak nemi llmş ve lizimetrelerin toprak nem düzeyi sulama yapılarak tarla kapasitesine çıkartılmıştır. Denemeye lizimetrelerin nem içeriği tarla kapasitesinde olacak şekilde başlanmıştır.

Araştırma yıllarında farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu konularında ortalama toprak nem içeriği değerlerinin zamansal değişimleri şekil 4.1 ve şekil 4.2' de verilmiştir. Toprak nem içeriğinin zamansal değişimi taban suyu derinliğine göre aktif kök bölgeleri D1 (30 cm), D2 (55 cm) ve D3 (80 cm) göz önünde bulundurularak hesaplanmış ve mm cinsinden grafikleendirilmiştir.



TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, %50 EN: Elverişli Nemin %50'si düzeylerini ifade etmektedir.

Şekil 4.1. 2018 yılı toprak nem içeriği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi



TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, %50 EN: Elverişli Nemin %50'si düzeylerini ifade etmektedir.

Şekil 4.2. 2019 yılı toprak nem içeriği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi

2018 yılına ait toprak nem içeriğinin zamansal değişimleri incelendiğinde, lizimetrelerin başlangıçtaki nem düzeyinin tarla kapasitesinde olduğu ve zamanla

azaldığı ve daha sonra ise yıl boyunca çok fazla değişim olmadan bir seyir izlediği görülmektedir. Çalışmada, taban suyu derinliği arttıkça, toprak nem içeriğinin azaldığı görülmektedir. Konulara göre nem düzeylerindeki değişim incelendiğinde, D1 konuları için elverişli nem düzeyleri %87 ile %92 arasında, D2 konuları için %82 ile %86 arasında ve D3 için ise %76 ile %78 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.1).

2018 yılına ait toprak nem içeriği gözlemleri incelendiğinde, 30 cm taban suyu derinliğindeki farklı taban suyu tuzluluğu konularının toprak nem düzeyi benzer seyir izlemiştir. D2 ve D3 konularında 75'nci güne doğru nem azalması meydana gelmiş ve 150'nci günden sonra ise taban suyu tuzluluğuna göre elverişli nem düzeylerinde farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Bu durum üzerine, taban suyunun tuz içeriğinin yüksek olması sonucunda zamanla kapilarite ile toprak üst bölgelerine tuz minerallerinin taşınması ve tuz stresi sonucunda bitki su tüketimi ve bitkilerin taban suyundan beslenme miktarının azalmasının etkili olduğu söylenebilir.

2019 yılında ise toprak nemi zamansal değişimleri ilk yıla benzer şekilde gerçekleşmiş ve tüm lizimetrelerde toprak nem içeriği tarla kapasitesinde olacak şekilde denemeye başlanılmıştır. Konulara ait ortalama elverişli nem düzeyleri incelendiğinde; D1 konuları için elverişli nem düzeyi %85 ile %91 arasında, D2 konuları için %79 ile %85 arasında ve D3 konularında ise %66 ile %68 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.2).

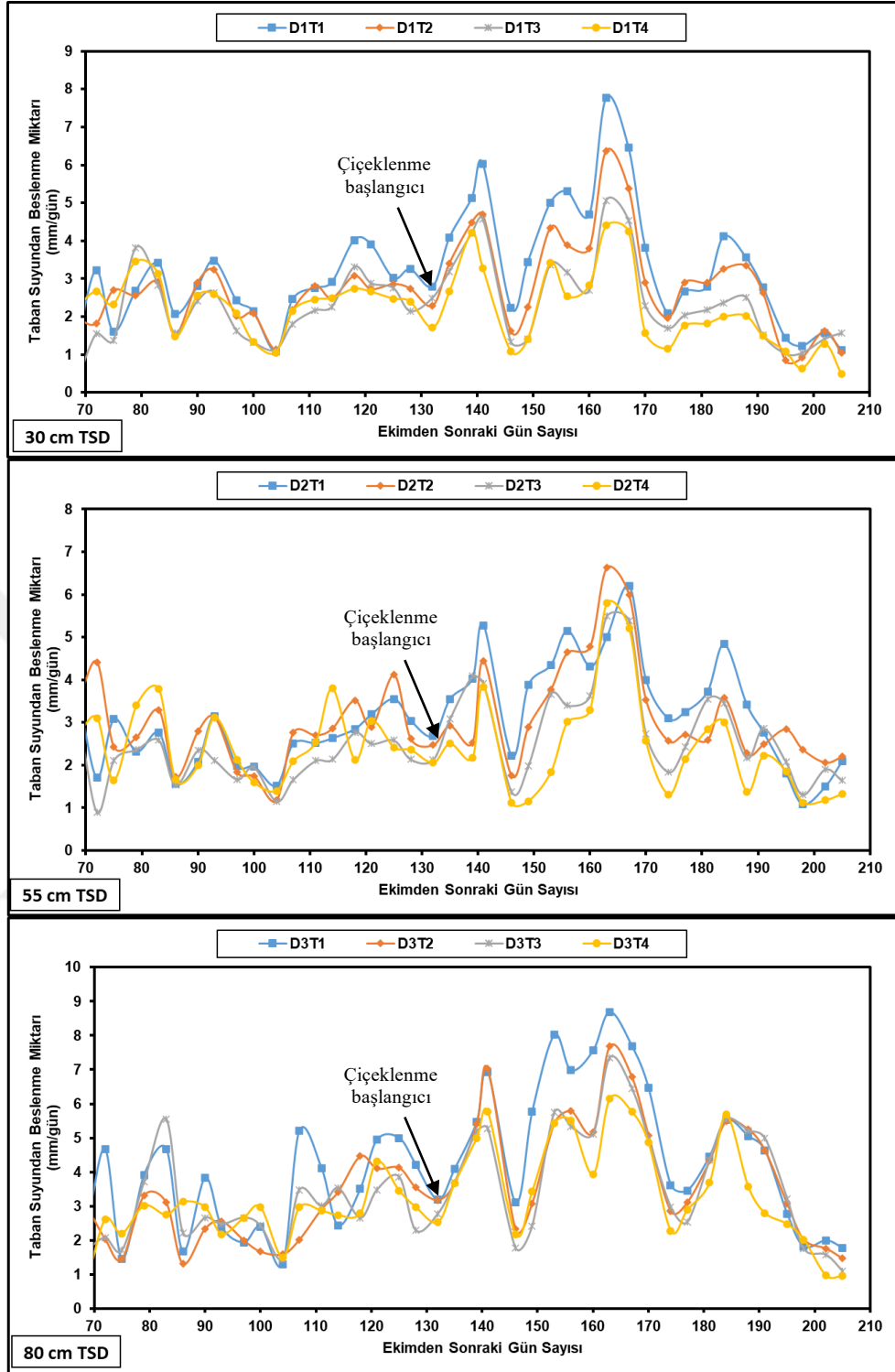
Talebnejad ve Sepaskhah (2015) farklı taban suyu derinliği ve su kısıtının quinoa bitkisi üzerine etkisini inceledikleri lizimetre çalışmalarında, en yüksek hacimsel nem içeriğinin (%27.8) taban suyunun 30 cm olduğu koşullarda ve en düşük hacimsel nem içeriğinin (%24.4) taban suyunun 80 cm olduğu koşullarda elde etmişlerdir. Ayrıca, her bir konu içinde toprak nem içeriğinin belli bir dönemden sonra sabit seyir izlediğini ve taban suyunun varlığından kaynaklı olarak toprak nem içeriğinin önemli derecede azalmadığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, çalışmamızda elde edilen toprak nem içeriğinin zamansal seyri bir önceki araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

2019 araştırma yılına ait D3 konularında, 105'nci günden sonra elverişli nem düzeyi azalmış ve daha sonra dalgalı bir seyir izlemiştir (Şekil 4.2). Taban suyu derinliğine göre incelendiğinde ise, 2018 yılında olduğu gibi taban suyu derinliği arttıkça elverişli nem düzeyi 2019 yılında da azalmış ve en düşük elverişli nem düzeyi her bir taban suyu derinliğinin T4 konusunda gerçekleşmiştir. 2019 yılında en düşük

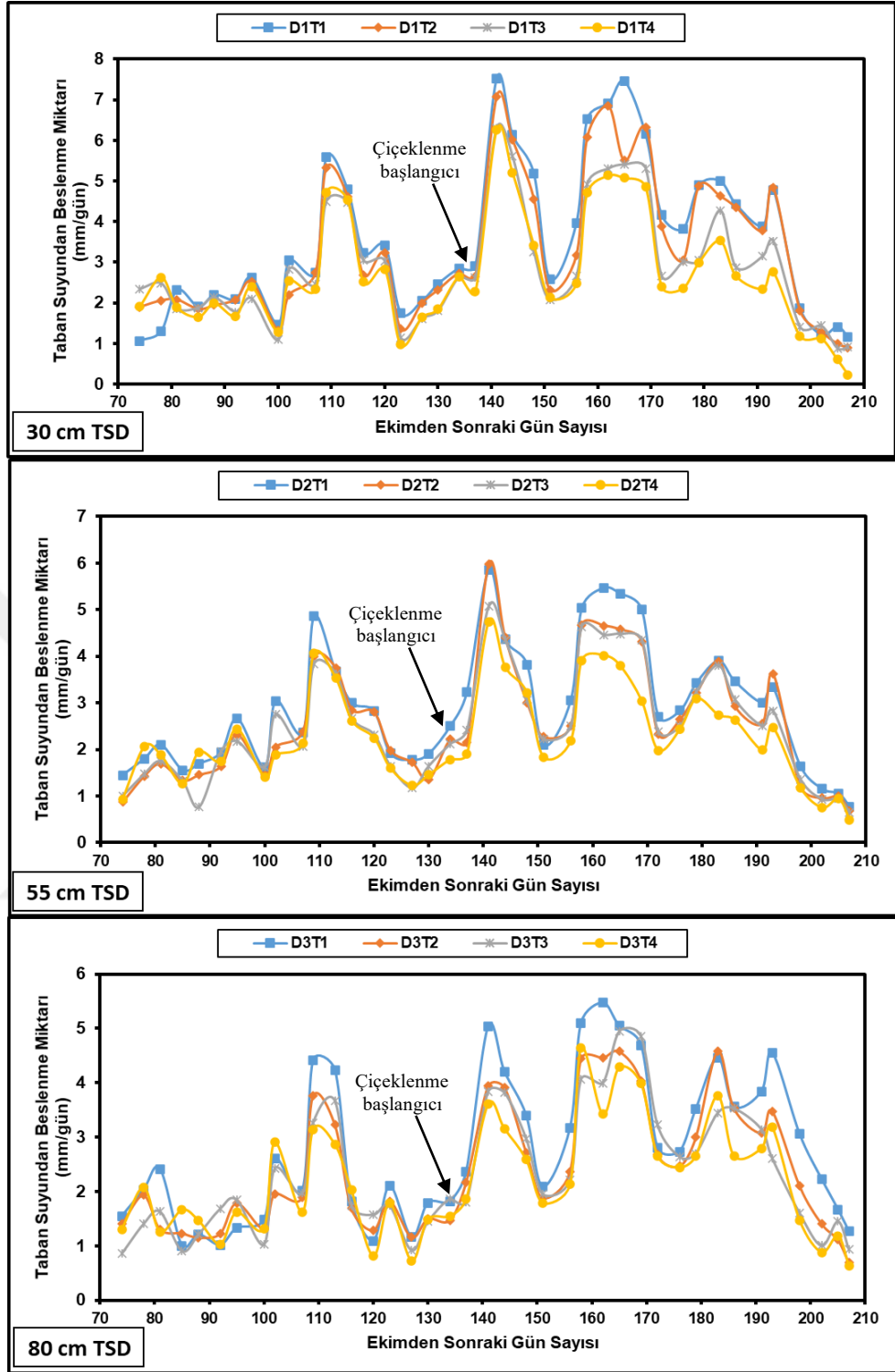
elverişli nem düzeyi D3 konusunda en yüksek nem düzeyi ise D1 konusunda gerçekleşmiştir. Xia vd. (2018) yaptıkları çalışmada 30 cm taban suyu derinliğindeki elverişli nem %79 düzeyinde iken, 150 cm taban suyu derinliğindeki elverişli nem ise %35 düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir ve taban suyu derinliğinin 30 cm'den 180 cm'ye düştüğünde toprak nem düzeyinin önemli derecede azaldığını ifade etmişlerdir. Taban suyu, bitki kök bölgesinden uzaklaştıkça toprak nem düzeyine olan katkısının azaldığını Yang vd. (2011) ve Wassar vd. (2016) yaptıkları çalışmalarda da ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Zhang vd. (2017) yüzlek taban suyunun kapilarite ile bitki kök bölgesindeki nem ve tuz içeriğinin artmasında etkin rol aldığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında, taban suyu tuz içeriği arttıkça, bitki kök bölgesine taşınan tuz miktarının artması bitkilerin transpirasyonunun azalmasına ve bitki kök bölgesinin nem içeriğinin artmasına yol açtığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen gözlemlere göre; kontrollü taban suyu koşullarında tüketilmesine izin verilen elverişli nem miktarında önemli düzeyde azalışların gerçekleşmediği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni, taban suyundan kılcal yükselme ile bitki kök bölgesine sürekli su taşınımı gerçekleşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Ancak, kılcal yükselme ile kök bölgesine taşınan su miktarı da birçok faktöre bağlıdır. Bu da taban suyu derinliğine, taban suyunun kalitesine, bitki büyüme evresine, bitki tuz toleransına, sulama aralığı ve sulama suyu miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Ayars et al., 2006). Zhang vd. (2019)'da yaptıkları çalışmada, 0.7, 1.1, 1.5, 1.9, 2.3 ve 2.7 m taban suyu derinlikleri için toprak oransal nem içeriğini sırasıyla %90.8, %82.09, %78.89, %67.87, %62.09 ve %59.03 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları ile yapılmış çalışmalardan elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, elde edilen sonuçlar bir önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.1.4. Taban Suyundan Beslenme Miktarı

2018 ve 2019 yıllarına ait zamansal taban suyundan beslenme miktarının değişimi Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de verilmiştir.



Şekil 4.3. 2018 yılı taban suyundan beslenme miktarlarının farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğuna göre zamansal değişimi



Şekil 4.4. 2019 yılı taban suyundan beslenme miktarlarının farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğuna göre zamansal değişimi

2018 yılında taban suyundan beslenme miktarı bitki büyüme evresine bağlı olarak 130'uncu güne kadar artış göstermiş ve en yüksek beslenme miktarı 165'inci günde gerçekleşmiştir. Taban suyundan beslenmenin en fazla olduğu 135 ile 165. günler arasındaki dönem, buğday bitkisinin sapa kalkma ve çiçeklenme dönemleridir.

Çiçeklenme döneminden sonra fizyolojik olum dönemine doğru bitkilerin sararması ile birlikte taban suyundan beslenme miktarı azalmış ve en düşük değerler de hasat döneminde elde edilmiştir. Konularına göre taban suyundan beslenme miktarı en düşük T4 konusunda, en yüksek beslenme miktarı ise T1 konularında meydana gelmiştir. Taban suyu derinliğine göre incelendiğinde ise, taban suyu derinliği D1'den D3'e doğru arttıkça beslenme miktarı da artmıştır. En yüksek taban suyundan beslenme miktarı değeri 8.70 mm/gün ile D3×T1 konusunda en düşük değer ise 0.49 mm/gün ile D1×T4 konusunda meydana gelmiştir.

2019 yılında konularına göre zamansal taban suyundan beslenme miktarı değişimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Taban suyundan beslenme miktarları 108'inci güne kadar düşük değerlerde seyir izler iken, 108-112'nci günler arasındaki hava sıcaklığındaki ani artış ile birlikte taban suyundan beslenme miktarı da artmış ve daha sonra 138'inci güne kadar beslenme miktarı düşük değerlerde seyir izlemiştir. 2019 yılında en yüksek taban suyundan beslenme miktarı değerleri D1×T1, D2×T1 ve D3×T1 için sırasıyla 7.53 mm/gün, 5.85 mm/gün ve 5.48 mm/gün olarak bulunmuştur. En düşük taban suyundan beslenme miktarı değeri 0.23 mm/gün ile D1×T4 konusundan tespit edilmiştir.

2019 yılında en yüksek taban suyundan beslenme miktarları, 2018 yılına benzer şekilde çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde (135 – 172.nci günler arası) gerçekleşmiştir. Fizyolojik olum dönemine doğru ise azalmaya başladığı görülmektedir. Ancak 2019 yılındaki taban suyundan beslenme miktarı 2018 yılına kıyasla dalgalı seyir izlemiş ve konularına göre beslenme miktarları azalmıştır. Bu durum 2019 yılındaki bitki gelişiminin 2018 yılına göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır.

2018 ve 2019 yılları için taban suyundan beslenme miktarlarına ait varyans analiz tablosu ve konulara ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.6. ve Tablo 4.7'de verilmiştir. 2018 yılında; taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun buğday bitkilerinin taban suyundan beslenme miktarını istatistiksel olarak çok önemli düzeyde ($p<0.01$) etkilemiştir. 2019 yılında taban suyundan beslenme değerlerine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde; taban suyundan beslenme miktarına, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu %1 önemlilik düzeyinde etki ederken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonu %5 önemlilik düzeyinde etki etmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Yıllara göre taban suyu beslenme miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	78163.0			
	Blok	2	380.00	190.00	4.96	0.0166*
	Taban Suyu Derinliği	2	20465.54	10232.77	267.39	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	53872.90	17957.63	469.25	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	2602.62	433.77	11.33	0.0001**
	Hata	22	841.91	38.27		
	VK (%)	1.62				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	92145.28			
	Blok	2	628.37	314.18	2.56	0.0999
	Taban Suyu Derinliği	2	34252.38	17126.19	139.70	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	51896.12	17298.71	141.11	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	2671.37	445.23	3.63	0.0117*
	Hata	22	2697.04	122.59		
	VK(%)	3.05				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.7. Yıllara göre taban suyu beslenme miktarı (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	422.8 b	419.7 b	473.0 a	438.5 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	354.2 e	396.0 c	418.3 b	389.5 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	329.5 f	365.7 d	395.3 c	363.5 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	300.9 g	344.0 e	354.3 e	333.1 d
	Ort.	351.9 c	381.3 b	410.3 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	451.3 a	411.9 b	397.0 bc	420.1 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	408.0 b	382.9 cd	316.1 g	369.0 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	375.5 de	358.2 ef	296.8 h	343.5 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	348.3 f	327.7 g	275.8 ı	317.3 d
	Ort.	395.8 a	370.2 b	321.4 c	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Denemenin ilk yılına ait değerler incelendiğinde; taban suyu derinliğine göre konular arasında istatistiksel olarak farklılık oluşmuş ve her konu farklı bir grupta yer almıştır. Buna göre, taban suyu derinliği azaldıkça taban suyundan beslenme miktarı artmıştır. En düşük taban suyundan beslenme miktarı D1 konusunda (351.9 mm) olurken, D2 ve D3 konularına ait taban suyundan beslenme miktarı değerleri sırasıyla 381.3 mm ve 410.3 mm olarak belirlenmiştir (Tablo 4.7). Taban suyu tuzluluğuna göre, taban suyundan beslenme miktarı değerleri istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almışlar ve en yüksek taban suyu beslenme miktarı 438.5 mm ile T1 konusunda gerçekleşmiştir. Buna göre, T2, T3 ve T4 konularının taban suyu beslenme miktarı değerleri T1 konusuna göre sırasıyla %11.2, %17.1 ve %24.0 oranında azalmıştır.

Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu incelendiğinde ise; en yüksek taban suyundan beslenme miktarı 473 mm değeri ile D3×T1 konusundan elde edilirken, en düşük değer ise 300.9 mm ile D1×T4 konusundan elde edilmiştir.

2019 yılına ait taban suyu beslenme miktarı değerleri Tablo 4.7' de incelendiğinde; taban suyu derinliği göre taban suyundan beslenme miktarı değerleri istatistiksel olarak 3 farklı grupta yer almışlardır. Buna göre, D2 ve D3 konularına ait taban suyu beslenme miktarı değerleri D1 konusuna göre sırasıyla %17.4 ve %22.8 oranında azalmıştır. Denemenin ilk yılına benzer şekilde taban suyu tuzluluğu arttıkça taban suyundan beslenme miktarları azalmış ve 4 farklı grup oluşmuştur. T2, T3 ve T4 konularının taban suyu beslenme miktarı değerleri T1 konusuna göre sırasıyla %12.2, %18.2 ve %24.5 oranında azalmıştır (Tablo 4.7). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise, en yüksek taban suyundan beslenme miktarı 451.29 mm ile D1×T1 konusundan en düşük değer ise 275.8 mm ile D3×T4 konusundan elde edilmiştir.

Her iki yılda elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek taban suyu beslenme miktarı 2018 yılında taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu konularda, 2019 yılında ise taban suyu derinliğinin 30 cm olduğu konularda gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, bu durumun yıllar arasındaki iklimsel farklılıklara bağlı olarak bitkilerin fizyolojik gelişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bir başka ifade ile, 2018 yılında en yüksek taban suyu beslenme miktarının D3 konularında gerçekleşmesi, 2018 yılı hava sıcaklığının 2019 yılına göre daha yüksek olması ile açıklanabilir. Sıcak iklim koşullarında bitkilerin su ihtiyacının daha fazla olmasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir. 2019 yılında ise en yüksek taban suyundan beslenme miktarının D1 konularında gerçekleşmesi gerek hava koşullarının bir önceki yıla göre daha serin olması gerekse bitkilerin fizyolojik gelişimlerinin etkili olduğu söylenebilir. Gou vd. (2020)'de sığ taban suyunun bitki kök bölgesine her zaman en yüksek beslenmeyi sağlamadığını, hidrolojik koşullara göre değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çalışmalarında, nemli sezonda taban suyu derinliği 1.1 m'den 4.1 m'ye düştüğünde taban suyunun bitki kök bölgesine olan katkısının azaldığını ancak, normal ve kurak sezonlarda ise, taban suyu derinliğinin 1.1 m'den 1.5 m'ye düştüğünde taban suyunun bitki kök bölgesine olan katkısı artmaktadır ancak taban suyu derinliği 1.5 m'den 4.1 m'ye düştüğünde taban suyu katkısının azaldığını ifade etmişlerdir. Huo vd. (2012)'de kışlık buğday bitkisinin

gelişimi iklimsel değişimden önemli düzeyde etkilendiğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte sıcak hava koşullarında bitki gelişimi, birim alandaki başak sayısı ile başak ağırlığının arttığını bildirmişlerdir. Ayars vd. (2006) ise, bitki gelişimi ve özellikleri, bitkinin taban suyundan beslenme potansiyelini etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, taban suyu derinliği, bitki köklerine yakın düzeyde olduğunda taban suyundan beslenmenin maksimum seviyeye ulaştığını belirtmişlerdir. Mueller vd. (2005) kışlık buğday bitkisinin taban suyu derinliği ile biokütle arasındaki ilişkiyi incelemek için yaptıkları araştırmada, buğday bitkisinin biokütle ağırlığı ile taban suyu derinliği arasında önemli derecede korelasyona sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Başka araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, 2018 ürün yetiştirme periyodunda konularına göre bitki gelişimi ve biokütle ağırlıkları 2019 yılına göre daha yüksek olduğundan dolayı, yıllar arasında taban suyu derinliğine göre taban suyu beslenme miktarı değerlerinde farklılıklar meydana geldiği söylenebilir.

4.2. Tane Verimi

2018 ve 2019 yıllarında farklı taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerine ait tane verimi değerlerinin varyans analiz tablosu ve konulara ait istatistiksel değerlendirmeler sırasıyla Tablo 4.8. ve Tablo 4.9’ da verilmiştir.

Tablo 4.8. Yıllara göre tane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	699034.65			
	Blok	2	265.75	132.88	0.297	0.4359
	Taban Suyu Derinliği	2	485905.39	242952.69	544.49	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	189776.97	63258.99	141.77	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	13270.04	2211.67	4.96	0.0024**
	Hata	22	9816.49	446.20		
	VK (%)		3.99			
	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	542441.2			
	Blok	2	1525.92	763.00	3.68	0.0418*
	Taban Suyu Derinliği	2	329432.59	164716.30	794.72	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	201417.90	67139.30	323.93	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	5504.94	917.50	4.43	0.0044**
	Hata	22	4559.79	207.30		
	VK(%)		2.25			

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.9. Yıllara göre tane verimi (kg da⁻¹) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	731.6 ef	768.4 d	963.3 a	821.1 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	601.5 g	723.7 f	924.3 b	749.8 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	556.3 h	702.2 f	853.0 c	703.8 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	489.5 ı	608.7 f	765.1 de	621.1 d
	Ort.	594.7 c	700.7 b	876.4 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	682.5 d	706.6 cd	886.8 a	758.6 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	562.5 f	589.6 e	779.6 b	643.9 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	484.2 g	566.1 ef	722.8 c	591.0 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	453.9 h	542.4 f	693.4 d	563.2 d
	Ort.	545.8 c	601.2 b	770.6 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

2018 yılına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde; tane verimine, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun p<0.01 önemlilik düzeyinde etki ettikleri belirlenmiştir (Tablo 4.8). 2019 yılı varyans analizine göre ise taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun tane verimi üzerine istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) düzeyde etki etmişlerdir (Tablo 4.8).

2018 yılı verilerine göre, taban suyu tuzluluğunun artması ile birlikte tane veriminde önemli derecede azalmaya neden olmuş ve istatistiksel olarak her konu farklı grupta yer almıştır. En yüksek verim T1 konusunda (821.1 kg da⁻¹) elde edilmiş ve T2, T3, T4 konularına ait tane verimi T1 konusuna göre sırasıyla %8.7, %14.3 ve %24.4 oranında azalma gerçekleşmiştir. Taban suyu derinliğindeki artış tane veriminde artışa neden olmuş ve istatistiksel olarak konular arasında farklılık oluşmuştur. En yüksek tane verimi D3 konusunda (876.4 kg da⁻¹) olurken, D1 ve D2 konularının tane verimi ise D3 konusuna kıyasla %32.6 ve %20.2 oranında azalmıştır (Tablo 4.9). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre; en yüksek verim 963.3 kg da⁻¹ ile D3×T1 konusunda belirlenmiş, ve D1×T4 konusundaki tane verimi D3×T1 konusuna kıyasla %49.2 oranında azalmıştır.

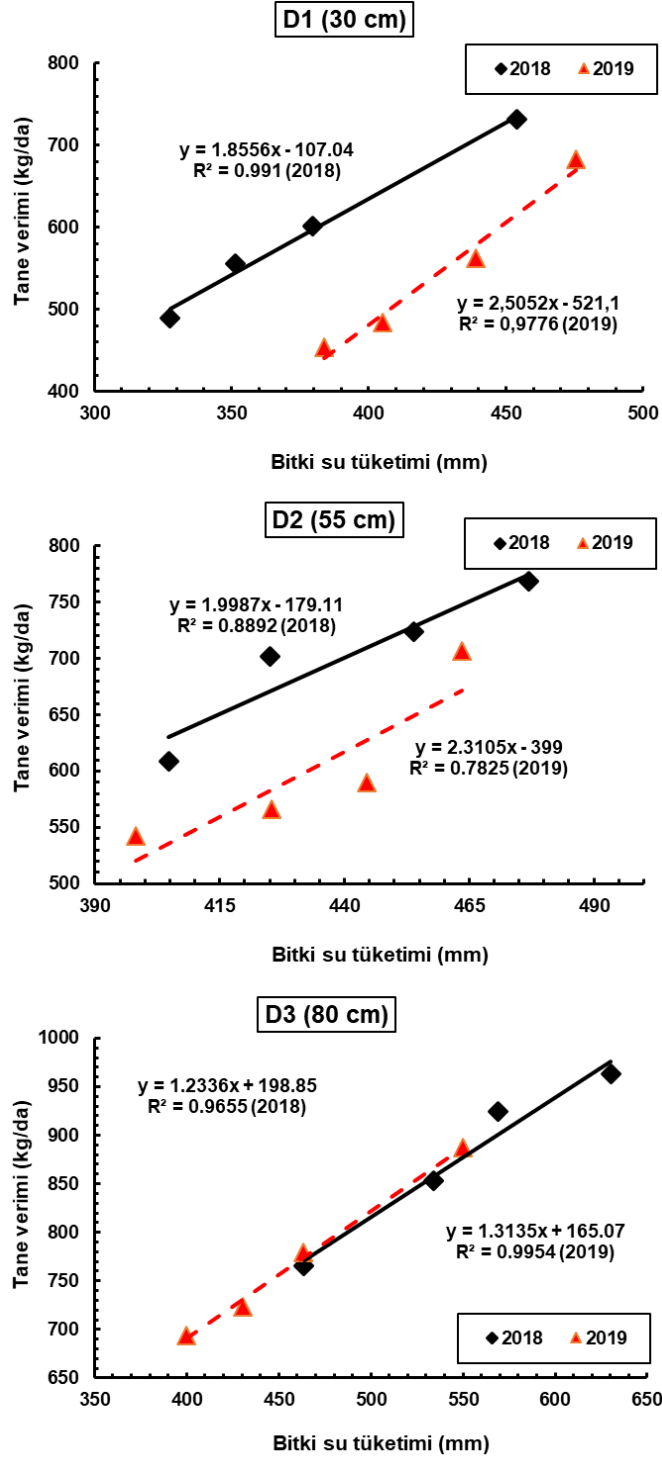
Denemenin ikinci yılına ait veriler incelendiğinde, ilk yıldaki sonuçlara benzer şekilde taban suyu tuzluluğu arttıkça tane verimi azalmıştır. Buna göre, T1, T2, T3 ve T4 taban suyu tuzluluğunun uygulandığı konularda tane verimi ortalamaları sırasıyla 758.6, 643.9, 591.0 ve 563.2 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Taban suyu derinliği açısından ilk yıl sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilmiş ve taban suyu derinliği azaldıkça tane veriminin arttığı belirlenmiştir. İstatistiksel olarak her bir derinlik

konusu arasında fark oluşmuştur. Taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre en yüksek tane verimi 886.8 kg da⁻¹ ile D3×T1 ve en düşük tane verimi ise 453.9 kg da⁻¹ ile D1×T4 konularından saptanmıştır (Tablo 4.9). Elde edilen sonuçlar ışığında, taban suyu seviyesinin 30 ve 55 cm olduğu ve taban suyu tuzluluğunun ise 4 ve 8 dS m⁻¹ de olduğu konularda, toprak tuzlanmasının fazla olması nedeniyle verimde önemli derecede azalmalar gerçekleşmiştir. Taban suyu tuzluluğunun T1 düzeyinde olduğu D1, D2 ile D3 konuları arasındaki verimler arasında önemli farklılıklar olmuştur. En az verim D1 konusunda olurken en fazla verim ise D3 konusunda gerçekleşmiştir. Ülkemizde buğday verimlerinin belirlenmesi ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde; Tarı vd. (2014)'te Konya ovasında yapmış oldukları çalışmada, buğday bitkisinin ortalama verimini 665 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Tekin (2010) yılında Çukurova şartlarında açık alanda yaptığı araştırmada buğday bitkisinin konulara göre dane verimini 552 – 590 kg da⁻¹ olarak belirlemiştir. Alghory ve Yazar (2018)'de Çukurova'da yaptıkları çalışmada, buğday bitkisinin tane verimini 2013/2014 yılında 2491 – 5868 kg ha⁻¹, 2014/2015 yılında 5723 – 8258 kg ha⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Her iki yılda elde edilen tane verimi değerlerinin ülkemizde yapılmış araştırmalar tarafından elde edilen değerlere göre daha yüksek bulunması, deneme de yetiştirilen buğday çeşidinden, araştırmacının sera koşullarında kontrollü ve daha iyi yetiştirme koşulları sağlanmasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Benzer durum Mut vd. (2017) tarafından da rapor edilmiştir. Çalışmalarında, buğday bitkisinin verimi, yetiştirilen çeşidin genetik potansiyeli, iklim ve toprak faktörleri ve yetiştirme tekniklerinin birlikte etkileri sonucu ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Buğday bitkisinin verimi, çeşidin genetik yapısına, yetiştirildiği bölgenin ekolojik yapısına, uygulanan kültürel işlemlere bağlı olarak değişim gösterdiğini birçok araştırmacı rapor etmişlerdir (Mut vd., 2005; Mut vd., 2010; Yazar et al., 2013; Özen ve Akman, 2015).

Liu ve Lou (2011), farklı taban suyu derinliğinin (40 cm, 70 cm, 110 cm ve 150 cm) buğday bitkisinin verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Taban suyu derinliği azaldıkça bitki veriminin arttığını ve taban suyunun kök gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Wan vd. (2015) yılında yaptıkları çalışma 3 farklı sulama suyu tuzluluğunun (3.3 dS m⁻¹, 5 dS m⁻¹ ve 6.8 dS m⁻¹) buğdayın verim üzerine etkilerini incelenmişler ve sulama suyu tuzluluğu arttıkça buğdayın veriminin azaldığını belirlemişlerdir.

Mosaffa ve Sepaskhah (2019), yılında yaptıkları çalışmada su kısıtı ve sulama suyu tuzluluğunun buğdayın verimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Sulama suyu tuzluluğunun 10 dS m^{-1} de olduğu konudaki verim, kontrol konusuna göre yaklaşık %15 oranında azalma göstermiş ve tuzluluğun verimde azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir. Zhang vd. (2018) farklı taban suyu derinliğinin (0.2, 0.4, 0.5, 0.6 ve 0.8 m) kışlık buğday bitkisinin verimi üzerine inceledikleri çalışmada, taban suyu derinliği arttıkça buğday bitkisinin tane veriminin arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, sığ taban suyunun; buğday bitkisinin gelişimine ve su ihtiyacına katkı sağladığını belirtmişlerdir. Ancak, sığ taban suyunun kök bölgesindeki bazı toprak mikroorganizmalarının zarar görmesine ve havasız kök ortamı oluşturması nedeniyle buğday bitkisinin büyüme ortamının bozulmasına ve bunun sonucunda tane veriminin azalmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda; taban suyunun sığ olması koşulunda, kök bölgesinin su ile doymuş hale gelmesi nedeniyle buğday bitkisinde kuru madde miktarının azalmasına, tahılda karbonhidratın nişastaya dönüşüm kapasitesinin azalmasına ve sonuç olarak 1000 dane ağırlığı ve tane veriminin azaldığını saptamışlardır (Jiang et al., 2008; Ren et al., 2016; Ghobadi et al., 2017). Zimmermann vd. (2017) buğday bitkisinin taban suyu koşullarındaki verimi, toprağın nem düzeyine ve kök bölgesinin ortam koşullarına önemli derecede bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, taban suyu derinliğinin sığ olması durumunda kök gelişiminin iyi olmayacağını göstermiş ve bu durum ise verim üzerinde olumsuz etki göstermiştir. Buna göre taban suyunun tuzsuz olması durumunda en az 80 cm derinde olmasının verim açısından önemli olduğu belirlenmiştir. Taban suyunun 8 dS m^{-1} tuzluluğa sahip olduğu konular arasındaki verimler incelendiğinde en yüksek verim taban suyunun 80 cm olduğu koşullarda elde edilmiştir. Bunun nedeni ise tuzlu ve sığ taban suyu konularında (30 ve 55 cm) toprağın daha fazla tuzlanmasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

2018 ve 2019 yılları için farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarından elde edilen buğday bitki su tüketimi değerleri ile tane verimleri arasında önemli doğrusal ilişkiler saptanmış ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 2018, 2019 yılları için farklı taban suyu derinliği koşullarında buğday bitki su tüketimi ile tane verimi arasındaki ilişkiler

Grafikler incelendiğinde; 2018 ve 2019 yıllarında D1, D2 ve D3 taban suyu derinliklerinde, buğday tane veriminin bitki su tüketimi ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Buğday tane verimi ile bitki su tüketimi arasındaki doğrusal ilişki birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Tekin, 2010; Tarı, 2016; Alghory and

Yazar, 2018). Gowing vd. (2009) farklı taban suyu tuzluluğu (2, 6 ve 8 dS m⁻¹) koşullarında 100 cm taban suyu derinliğinde, taban suyu tuzluluğu arttıkça buğdayın bitki su tüketiminin azaldığını ve buna bağlı olarak tane veriminin de doğrusal olarak azaldığını tespit etmişlerdir. Farklı taban suyu tuzluluğu koşullarında buğday tane verimindeki değişimi, bitki kök bölgesinde toprak tuzluluğundan dolayı matrik ve ozmotik potansiyelin azalmasından (negatif yönde) dolayı kaynaklandığını belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar ise, tuzlu ve sık taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkisi için Liu ve Luo, (2011) ve Ghamarnia ve Farminafard (2014) tarafından rapor etmişlerdir.

4.3. Su Kullanım Etkinliği

Farklı taban suyu koşullarında yetiştirilmiş olan buğday bitkilerinin su kullanım etkinliği değerlerinin yıllara göre varyans analizi Tablo 4.10'da ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.10. Yıllara göre su kullanım etkinliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	0.2			
	Blok	2	0.008	0.004	0.920	0.4132
	Taban Suyu Derinliği	2	0.008	0.004	0.958	0.399 ^{ÖD}
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.013	0.004	0.948	0.4348 ^{ÖD}
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.056	0.009	2.118	0.0921 ^{ÖD}
	Hata	22	0.097	0.004		
	VK (%)	3.99				
2019	Genel	35	1.3			
	Blok	2	0.001	0.001	0.06	0.938
	Taban Suyu Derinliği	2	1.04	0.52	152.57	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.08	0.03	7.68	0.0011**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.14	0.02	7.05	0.0003**
	Hata	22	0.07	0.0003		
	VK(%)	2.25				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

2018 yılına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde; su kullanım etkinliğine, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun istatistiksel olarak etki etmedikleri tespit edilmiştir (Tablo 4.10).

2019 yılına ait varyans analiz sonuçları irdelendiğinde, su kullanım etkinliğine, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu

tuzluluğu interaksiyonunun %1 önemlilik düzeyinde etki ettikleri belirlenmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.11. Yıllara göre su kullanım etkinliği (kg m^{-3}) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			Ort.
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	
2018	T1 (0.38 dS m^{-1})	1.61	1.61	1.53	1.58
	T2 (2.0 dS m^{-1})	1.59	1.59	1.62	1.60
	T3 (4.0 dS m^{-1})	1.58	1.56	1.60	1.58
	T4 (8.0 dS m^{-1})	1.49	1.50	1.65	1.55
	Ort.	1.57	1.57	1.60	
2019	T1 (0.38 dS m^{-1})	1.44 de	1.53 cd	1.61 bc	1.52 a
	T2 (2.0 dS m^{-1})	1.28 fg	1.33 f	1.68 ab	1.43 b
	T3 (4.0 dS m^{-1})	1.20 g	1.33 f	1.68 ab	1.40 b
	T4 (8.0 dS m^{-1})	1.18 g	1.36 ef	1.73 a	1.43 b
	Ort.	1.27 c	1.39 b	1.68 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Tablo 4.11’de 2018 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, su kullanım etkinliği değerlerinin, taban suyu derinliğine göre 1.57-1.60 kg m^{-3} arasında, taban suyu tuzluluğuna göre ise 1.55-1.60 kg m^{-3} arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir.

2019 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları irdelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça su kullanım etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir. Buna göre, D1, D2 ve D3 konuları için su kullanım etkinliği değerleri sırasıyla 1.27, 1.39 ve 1.68 kg m^{-3} olarak elde edilmiştir (Tablo 4.11). Bir başka ifade ile, taban suyu derinliği 30 cm’den 80 cm’ye düştüğünde su kullanım etkinliği %32.3 oranında artmıştır. Taban suyu tuzluluğuna göre, en yüksek su kullanım etkinliği değeri T1 konusundan (1.52 kg m^{-3}), en düşük su kullanım etkinliği değeri ise T3 konusundan (1.40 kg m^{-3}) elde edilmiştir. Ancak, istatistiksel analiz sonuçlarına göre; T2, T3 ve T4 konularına ait su kullanım etkinliği değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre; en yüksek su kullanım etkinliği değeri 1.73 kg m^{-3} ile D3×T4 konusundan elde edilirken, en düşük değer ise D1×T4 konusundan (1.18 kg m^{-3}) elde edilmiştir (Tablo 4.11). Bununla birlikte, D3×T2, D3×T3 ve D3×T4 konularına ait su kullanım etkinliği değerleri arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur.

Araştırmanın her iki yılında elde edilen bulgular incelendiğinde; taban suyu derinliği 80 cm’ye düştüğünde buğday bitkisinin su kullanım etkinliğinin arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, taban suyu tuzluluğunun artması ile birlikte su

kullanım etkinliği azalmıştır. Ghamarnia ve Daichin (2015), taban suyu derinliğinin 0.60 m'den 1.10 m'ye kadar azaldığında kişniş bitkisinin su kullanım etkinliğinin azaldığını ve bununla birlikte taban suyu tuzluluğunun 1 dS m⁻¹'den 4 dS m⁻¹'e kadar artması ile birlikte su kullanım etkinliği değerinin %74.2 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Taban suyu derinliği arttıkça bitkilerin taban suyundan beslenme miktarları azalmakta ve buna bağlı olarak bitki gelişiminin azalmasına ve su kullanım etkinliği değerinin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bargahei ve Mosavi (2006), taban suyunun tuz içeriğinin artması ile birlikte ayçiçek bitkisinin WUE_{Verim} ve WUE_{tane yağ içeriği} değerlerinin önemli derecede azaldığını ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Ayars vd. (2009)'da taban suyu tuzluluğunun 2 dS m⁻¹'den 8 dS m⁻¹'e kadar arttığında yonca bitkisinin su kullanım etkinliği değeri %16.5 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, taban suyunun yüzlek olması önemli derecede yonca bitkisinin verimini arttırdığını ve buna bağlı olarak su kullanım etkinliği değerinin de arttığını belirtmişlerdir. Zao vd. (2019) ise taban suyu derinliğinin 0.5 m'den 1.5 m'ye kadar düştüğünde mısır bitkisinin su kullanım etkinliği arttığını ancak taban suyu derinliğinin ise 1.5 m'den 3.5 m'ye kadar azaldığında su kullanım etkinliğinin 24.41 kg/hm²/mm'den 19.84 kg/hm²/mm'ye kadar azaldığını belirtmişlerdir.

2018 ve 2019 yıllarında elde edilen bulgular irdelendiğinde, farklı taban suyu koşullarında yetiştirilmiş buğday bitkilerinin su kullanım etkinliği değerlerini açıklayabilmek için, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun bitki kök bölgesinde oluşturduğu tuz-ozmotik stresler dikkate alınarak yorumlanması konular arasında oluşan farklılığı ifade etmek için önemli yarar sağlayabileceği düşünülmektedir. Buna göre; 30 ve 55 cm taban suyu koşullarında, taban suyu tuzluluğu arttıkça buğday bitkilerinin su kullanım etkinliği azalmıştır. Bu olgu iki neden ile açıklanabilir; birincisi, taban suyunun sığ olduğu koşullarda kapilarite yoluyla toprak profilinin üst bölgesine su ile birlikte tuz minerallerinin taşınması ve kök bölgesinde yüksek tuz birikimine neden olmasından kaynaklanmaktadır. Bu olgu dikkate alındığında, bitkilerin tolere edemeyeceği tuz stresine uzun süre maruz kalmaları bitkilerin fizyolojik gelişimini sınırlandırmakta ve birim su tüketimine karşılık verimin azalmasına neden olduğu söylenebilir. İkinci durum ise, taban suyu derinliği 30 cm olduğunda, toprağın üst bölgesinde suya doymuş ortam oluşması sonucunda kök bölgesinde su ve hava dengesi bozularak, bitkilerin kök gelişimi zayıf olmaktadır. Bu durumda, bitkilerin su ve besin alımı azalarak verimin azalmasına

neden olduğu söylenebilir. Benzer sonuçlar ise Ghobadi vd. (2017) çalışmasında yüzlek taban suyunun kök bölgesinde yetersiz oksijen birikimine ve yüksek düzeyde karbondioksit birikimine neden olarak buğday bitkisinin üst ve alt organlarının gelişimini önemli derecede etkileyeceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Xu vd. (2013) ve Abliz vd. (2016) yaptıkları çalışmalarda, yüzlek ve tuzlu taban suyunun toprakta ikincil tuzlulaşma veya sodyumlulaşmaya neden olarak buğday bitkisinin su kullanımının azalmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Kahlown vd. (2005), taban suyunun yüzlek ve su kısıtı uygulamalarının olduğu koşullarda mısır tane veriminin çok az etkilendiğini ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Mejia vd. (2000) 0.5-0.8 m taban suyu koşullarında elde edilen mısır verimi, 1 m'den fazla derinlikte tutulan taban suyu koşullarında elde edilen mısır verimine göre %5-10 oranında daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumu ise, taban suyu derinliği arttıkça taban suyundan beslenme miktarının azaldığını ve buna bağlı olarak verimin az bir oranda azalması sonucunda su kullanım etkinliğinin artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Çalışmada, taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullarda taban suyu tuzluluğu arttıkça buğday bitkilerinin su kullanım etkinliği artmıştır. Bu durum, toprak tuzluluğu ve bitkilerin tuz stresine maruz kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullarda taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m^{-1} 'ten 8.0 dS m^{-1} 'e kadar arttığında toprak profilinde ortalama toprak tuzluluğu değeri 2018 yılında $0.90 - 5.05 \text{ dS m}^{-1}$ arasında, 2019 yılında $1.12 - 3.09 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Araştırmalara göre, buğday bitkisinin tuzluluk eşik değerini; Mass ve Hoffman (1977) yılında 6.0 dS m^{-1} , Mostafazadeh-Fard vd. (2009) yılında 5.3 dS m^{-1} ve Tekin (2010) yılında ise 5.1 dS m^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, Khataar vd. (2018) yaptıkları araştırmada 8.0 dS m^{-1} 'den daha düşük toprak tuzluluğu değerlerinin buğday bitkisinin su kullanım etkinliğini önemli derecede etkilemediğini rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, elde edilen toprak tuzluluğu değerleri, başka araştırmacıların rapor ettikleri buğday bitkisinin tuzluluk eşik değerlerinden daha düşüktür. Bir başka ifade ile, çalışmamızda lizimetrelerin toprak profilinde biriken ortalama tuzluluk düzeyi buğday bitkilerinin verimini önemli derecede azaltabilecek seviyede olmadığını göstermektedir. Elde edilen bu durum; toprak tuzluluğu arttıkça ozmotik potansiyele karşı bitkilerin kök bölgesinden su kullanımının azalmasına neden olduğu söylenebilir. Ancak, bitki su tüketimindeki azalma verime göre daha yüksek olduğundan dolayı 2, 4 ve 8.0 dS m^{-1} taban suyu

tuzluluğu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin su kullanım etkinliğinin arttığı söylenebilir. Bu bulgular dikkate alındığında, kontrollü drenaj koşullarında taban suyunun yüksek tuz içeriğine sahip olması toprakların çoraklaşmasına ve sürdürülebilir tarımsal üretim açısından sorunlar oluşturmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir buğday üretimi, su kaynaklarının korunması, kapilarite ile kök bölgesinde aşırı tuz minerallerinin birikmemesi ve yüksek su kullanım etkinliği için kontrollü drenaj koşullarında taban suyunun tuz içeriği dikkate alınarak drenaj sisteminin yönetilmesi önerilmektedir.

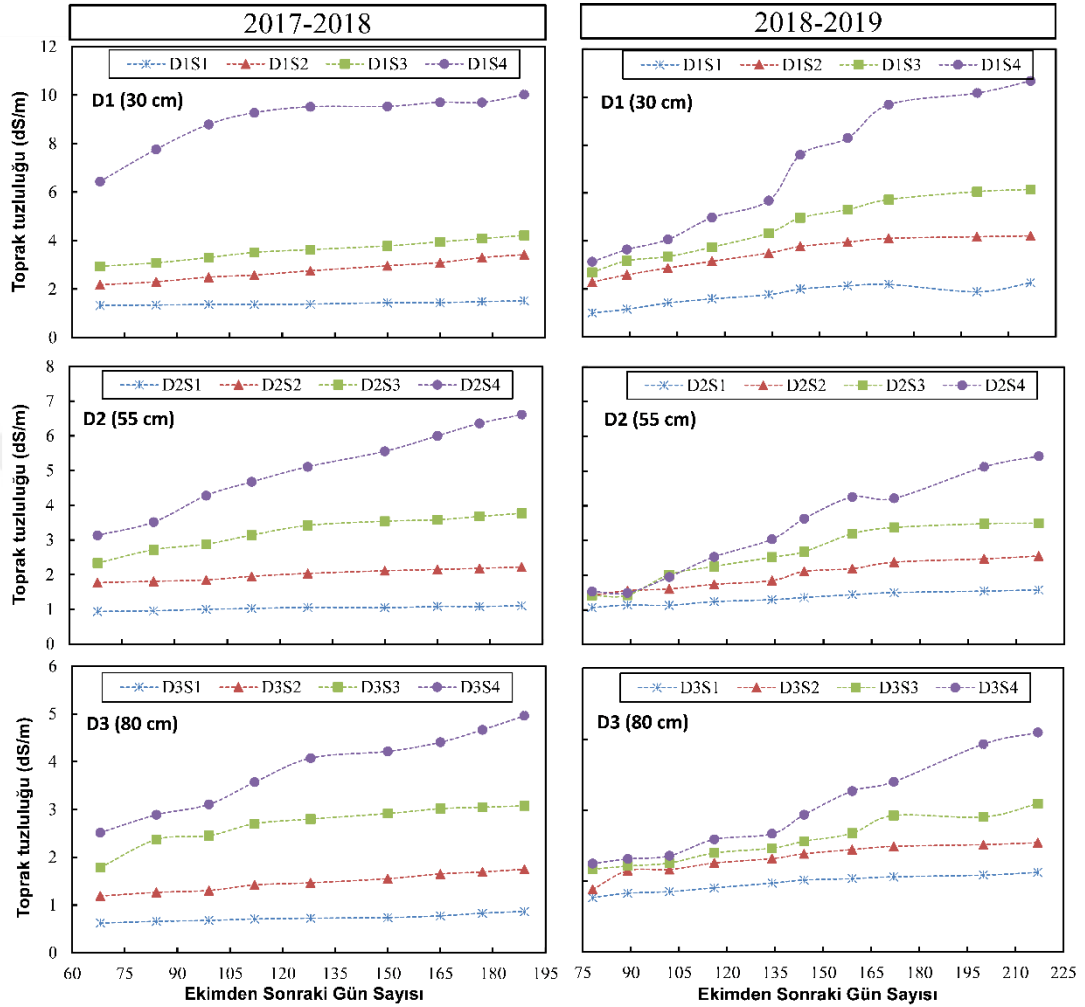
4.4. Toprak Tuzluluğu

Denemenin birinci yılında 22.01.2018 tarihinden itibaren, denemenin ikinci yılında ise 08.02.2019 tarihinden itibaren lizimetrelerdeki toprak tuzluluk değerleri 15 gün aralıklarda olacak şekilde farklı toprak derinliklerinde portatif EC metre (dS m^{-1} biriminde) ile ölçülmeye başlanılmış ve denemelerin sonuna kadar ölçümler yapılmıştır. 2018 ve 2019 yıllarına ait toprak tuzluluğun zamansal değişimleri Şekil 4.6' da verilmiştir.

Her iki yılda da toprak tuzluluğunun zamansal değişimleri birbirine benzerlik göstermiştir. 30, 55 ve 80 cm taban suyu koşullarında, T2, T3 ve T4 konuları için zaman içerisinde toprak tuzluluk değerlerinde artış gerçekleşirken, T1 konularında ise zaman içerisinde toprak tuzluluğunda çok fazla değişim olmamıştır. Taban suyu derinliği arttıkça toprak tuzluluğu azalmıştır. En yüksek toprak tuzluluk değerleri D1 konularında gerçekleşirken, en düşük toprak tuzluluk değerleri ise D3 konularında ölçülmüştür. Taban suyunun tuzlu ve taban suyu derinliğinin sığ olduğu koşullarda topraklarda aşırı tuzlaşma gerçekleşmiştir (Şekil 4.6).

Denemenin birinci yılında toprak tuzluluğunun derinlik boyunca dağılımı Şekil 4.7' de verilmiştir. Taban suyu derinliğinin 30 cm ve taban suyu tuzluluğunun 0.38 dS m^{-1} olduğu T1 konusunda toprak tuzluluğun en düşük, taban suyu tuzluluğunun ise 8 dS m^{-1} olduğu T4 konusunda ise toprak tuzluluğunun en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Taban suyu derinliğinin 55 cm olduğu lizimetrelerdeki toprak tuzluluk değişimleri incelendiğinde, toprak tuzluluğunun üst katmanlarda daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük toprak tuzluluğu, taban suyu tuzluluğunun 0.38 dS m^{-1} olduğu T1 konusunda ve en yüksek toprak tuzluluğu ise taban suyu tuzluluğunun 8.0 dS m^{-1} olduğu T4 konusunda gerçekleşmiştir (Şekil 4.6). Taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu konular incelendiğinde, taban suyu tuzluluğundaki artışa bağlı olarak

toprak tuzluluklarının da artış gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte toprak tuzluluğu diğer taban suyu derinliklerine göre, toprak profili boyunca çok fazla değişim göstermemiştir.



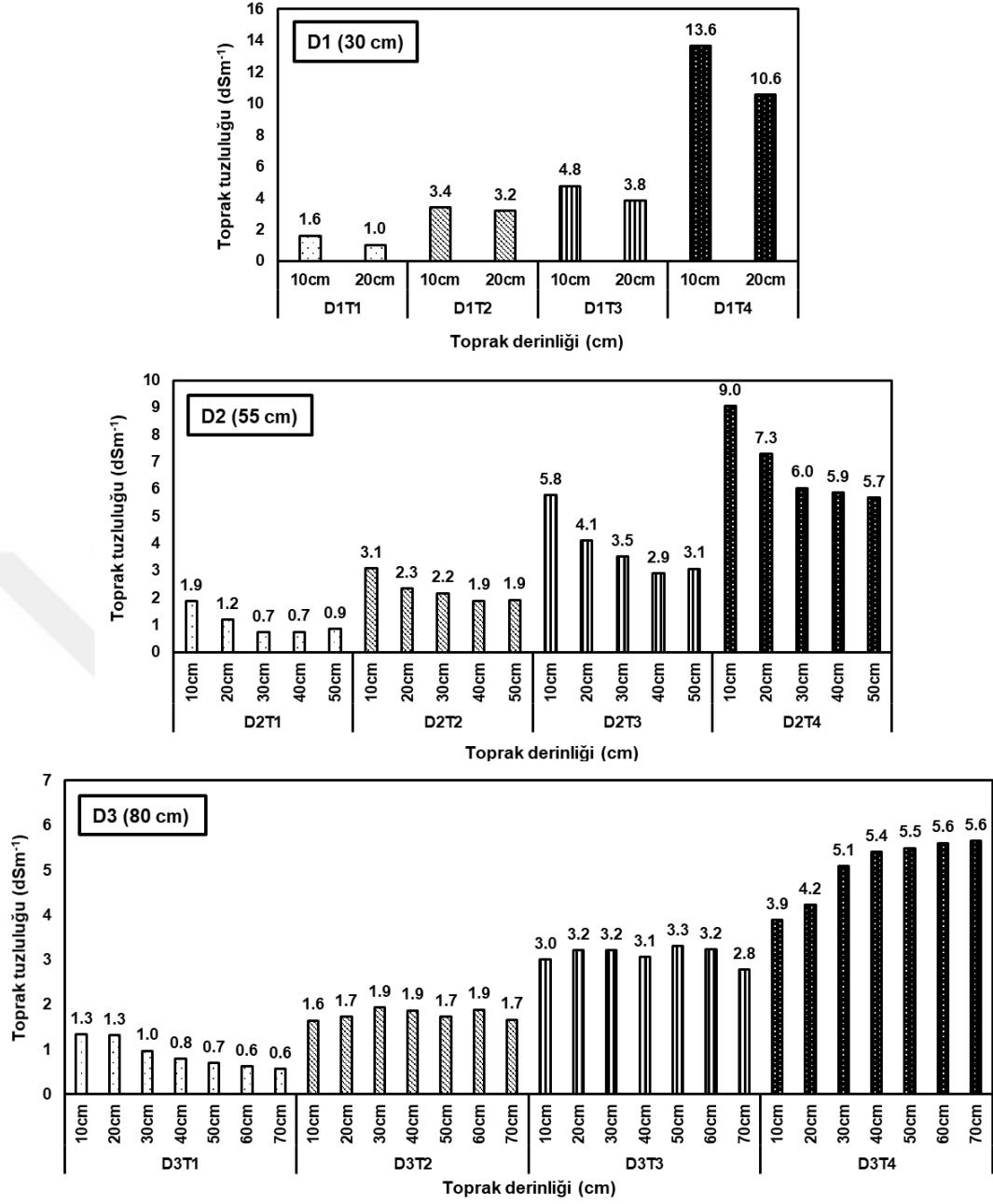
Şekil 4.6. 2018-2019 yılları için toprak tuzluluğunun konulara göre zamansal değişimi

İkinci yıl toprak tuzluluğu sonuçları ilk yıla benzerlik göstermiştir. 30 ve 55 cm taban suyu derinliklerindeki tüm tuzluluk konularında, en tuzlu toprak derinliği toprak yüzeyinin 10 cm’lik kısmında olmuştur (Şekil 4.8). Alt derinlikleri doğru inildikçe toprak tuzluluğunun azaldığı görülmektedir. Taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu konularda ise, taban suyu tuzluluğunun 0.38 dS m^{-1} ve 2.0 dS m^{-1} olduğu konularda, alt katmanlara doğru inildikçe, toprak tuzluluğu azalırken, T3 ve T4 taban suyu tuzluluk konularında ise alt katmanlara doğru toprak tuzluluğunun arttığı belirlenmiştir. Taban suyu derinliği 30 cm ve 55 cm olduğu koşullarda elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, 30 cm ve 55 cm aban suyu derinlikleri için en yüksek toprak tuzluluğu değerleri 0-10 cm’lik katmanda tespit edilmiştir. Özellikle, 55 cm taban suyu

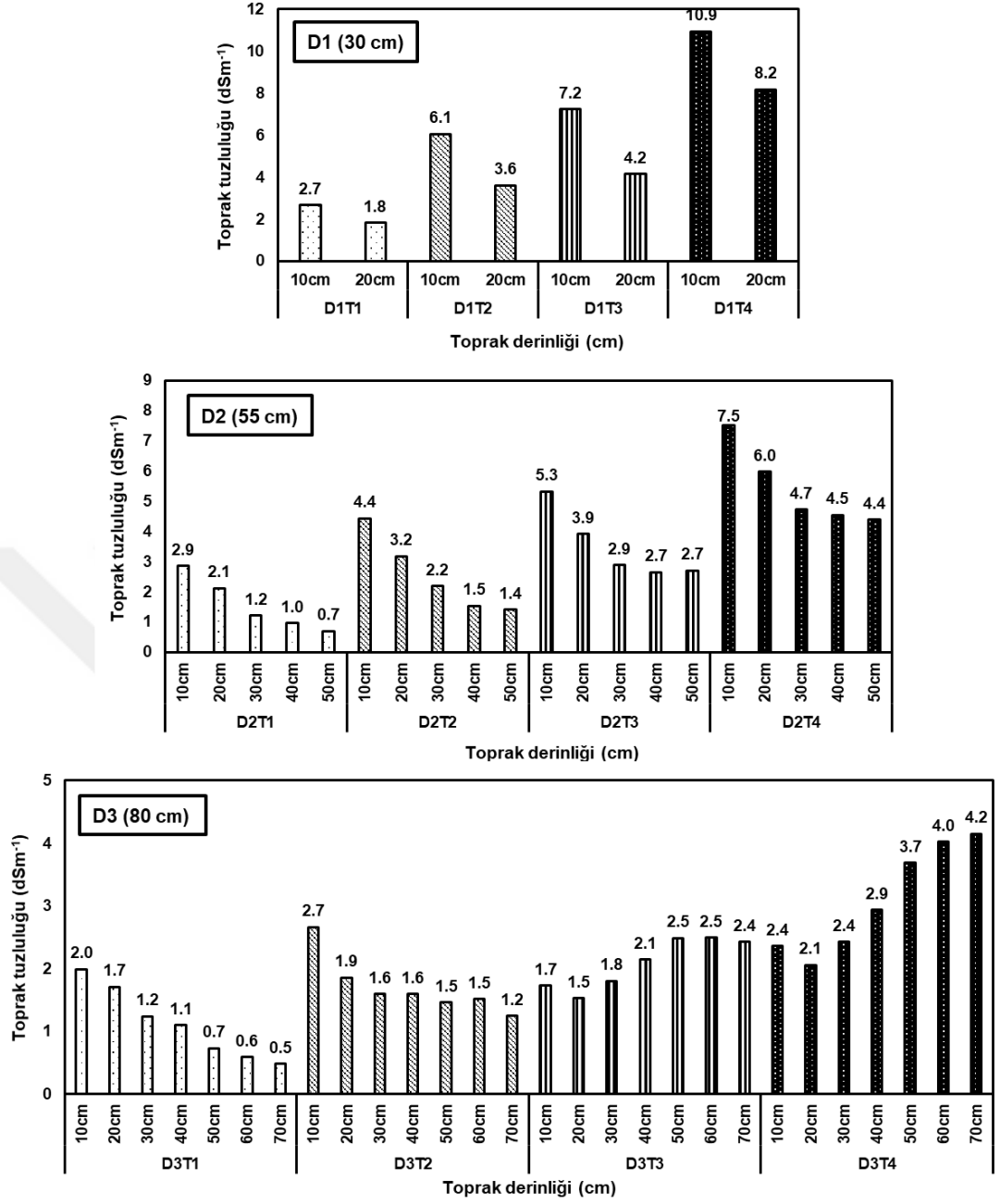
derinliği için toprak profilinde 0 cm'den 50 cm'ye doğru derinlik arttıa toprak tuzluluğu değeri artmaktadır. Bu durumun nedeni ise, taban suyunun sığ olması durumunda kapilarite ile toprağın st bölgesine sürekli su akışı gerçekleştirmesi, toprak yüzeyinden evaporasyonu artırarak toprağın st bölgesinde aşırı tuzlanmaya sebep olduğu söylenebilir. Xia vd. (2016) yaptıkları çalışmada, taban suyu derinliği arttıa, suyun kapillar yükselme ile kök bölgesine su ve mineral taşınımı azalır ve böylece st bölgede toprak tuzluluğu ve toprak nem düzeyinin azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, denemede, 30 cm ve 55 cm taban suyu derinliğine sahip konularda elverişli nem düzeyi %50'e kadar düşmemesi nedeniyle yetiştirme periyodu boyunca sulama suyu uygulamasının bir defa yapılması, toprakların st bölgesinde tuz birikimine neden olduğu söylenebilir. 80 cm taban suyu derinliği için ise, toprak profili boyunca toprak tuzluluğu değeri taban suyu tuzluluğuna göre değişik seyir izlemiştir. D3×T1 konusunda, toprak profilinde 70 cm'den 0 cm'ye doğru yükseldikçe toprak tuzluluğu artmaktadır. Ancak, D3×T2, D3×T3 ve D3×T4 konularında toprak profilinde 70 cm'den 0 cm'ye doğru yükseldikçe toprak tuzluluğu parabolik seyir izlemiş olup, toprak tuzluluğu önce artış sonra azalış göstermiştir. Bu durum, taban suyundan beslenme durumuna bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Toprak yüzeyinden buharlaşma ve bitkilerin taban suyundan beslenmesi, toprak nem düzeyinin azalmasına ve kapilarite ile su ve tuz minerallerinin toprağın st bölgesine hareketini teşvik eder, bu durum ise toprağın yüzey katmanlarında nispeten daha yüksek bir tuz birikimine neden olur (Sun et al., 2012; Chen et al., 2014). Ghamarnia vd. (2011) yılında yaptığı çalışmada taban suyu tuzluluğunun 10 dS m⁻¹ ve taban suyu derinliğinin 60 cm, 80 cm ve 110 cm olduğu konularda, toprağın alt katmanlarında st katmanlarına oranla daha fazla tuz biriktiğini belirlemişlerdir. Xia vd. (2016)'da farklı taban suyu derinliğinin toprak tuzluluğu üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, taban suyu derinliğinin 90 veya 120 cm'de sabit tutulduğunda, en düşük toprak tuzluluğu değeri 90 cm taban suyu derinliği için 0-30 cm'de 120 cm taban suyu derinliği için ise 0-50 cm arasında meydana geldiğini ve alt tabakalarda ise toprak tuzluluğunun arttığını tespit etmişlerdir. Bu durumun ise, taban suyunun su ve tuz minerallerinin yukarı doğru hareketini teşvik etmesinden kaynaklandığını ifade etmişler ve taban suyu derinliği arttıa taban suyu ile toprağın st bölgesi arasındaki etkileşimin zayıfladığını bu da taban suyunun orta toprak katmanlarında tuz birikimi üzerindeki etkisinin kademeli olarak azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda, toprağın st bölgelerinde toprak tuzluluğunun azalması buğday bitkilerinin tuz

minerallerini kökleri aracılığıyla besin maddesi olarak almasından dolayı kaynaklanabileceği söylenebilir. Yapılan çalışmalarda buğdayın tuzluluk eşik değerinin 6 dS m^{-1} olduğu ve bu değerin üzerine çıkılması durumunda ise verimde azalmaların oluşacağı bildirilmiştir (FAO, 1994; Apedinpour, 2017). Özellikle, D3 konularında toprak profilinde meydana gelen toprak tuzluluğu değerleri buğday bitkisinin tuzluluk eşik değerinin altında gerçekleşmiştir. Buda, buğday bitkisinin, kökleri aracılığıyla orta katmanlardan besin elementlerini alabileceğini göstermektedir.

2018 ve 2019 yılı toprak tuzluluğunun, toprak profili boyunca tuz değişimleri karşılaştırıldığında, 2018 yılının toprak tuzluluk değerleri 2019 yılının değerlerinden daha yüksek düzeyde gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Bu durumun gerçekleşmesinde, bitkilerin taban suyundan beslenme miktarı, bitkilerin biokütle miktarı ve iklimsel koşullardan kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.7. 2018 yılı farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu için ortalama toprak tuzluluğunun derinlik boyunca değişimi



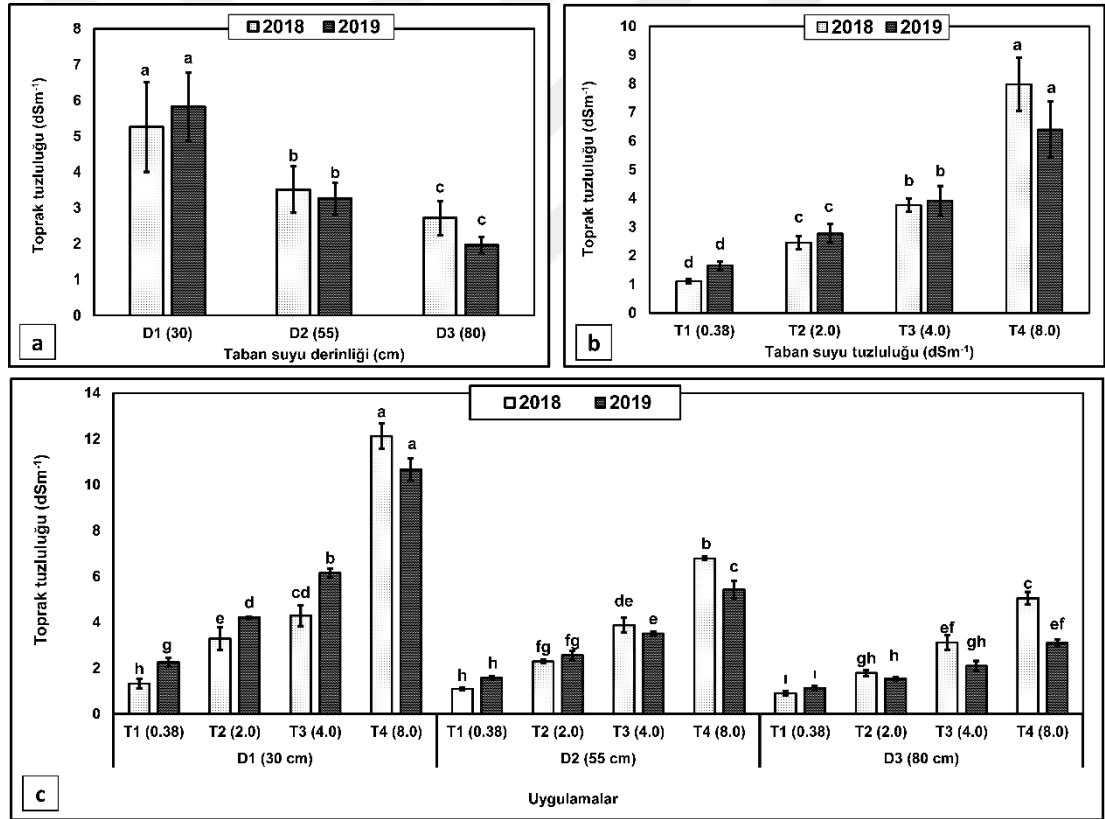
Şekil 4.8. 2019 yılı farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu için ortalama toprak tuzluluğunun derinlik boyunca değişimi

Çalışma kapsamında her iki yılda denemenin sonunda her bir lizimetre de ortalama toprak tuzluluk değerleri belirlenmiştir. 2018 ve 2019 araştırma yıllarında ortalama toprak tuzluluğuna ait varyans analizi Tablo 4.12 ve istatistiksel gruplandırmaları Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Yıllara göre tane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	333.48			
	Blok	2	0.50	0.25	0.89	0.4255
	Taban Suyu Derinliği	2	40.63	20.32	71.69	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	239.36	79.79	281.54	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	46.75	7.79	27.50	0.0001**
	Hata	22	6.23	0.28		
VK (%)		13.91				
2019	Genel	35	243.62			
	Blok	2	0.22	0.11	0.70	0.5073
	Taban Suyu Derinliği	2	92.52	46.26	300.35	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	111.43	37.14	241.16	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	36.07	6.01	39.03	0.0001**
	Hata	22	3.39	0.15		
VK(%)		10.71				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.



Şekil 4.9. Yıllara göre farklı taban suyu derinliği (a), taban suyu tuzluluğu (b) ve taban suyu derinliği x taban suyu tuzluluğu interaksyonunun (c) toprak tuzluluğu üzerine etkileri

2018 ve 2019 yılları varyans analizine göre toprak tuzluluğu ile taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunu arasında %1 önem düzeyinde önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.12).

Denemenin 2018 yılı verileri Şekil 4.9a' da incelendiğinde, taban suyu derinliği ile toprak tuzluluğu arasında önemli bir ilişki olduğu ve taban suyu derinliğine göre en yüksek toprak tuzluluğu değeri 5.26 dS m^{-1} ile D1 konusunda gerçekleşirken, en düşük değer ise 2.71 dS m^{-1} ile D3 konusunda belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğu ile toprak tuzluluğu arasındaki ilişki (Şekil 4.9b) incelendiğinde en yüksek toprak tuzluluğu 7.99 dS m^{-1} ile T4 konusunda, en düşük değer ise 1.12 dS m^{-1} ile T1 konusunda belirlenmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre, en yüksek toprak tuzluluğu değerleri taban suyunun 30 cm seviyesinde olduğu koşullarda, en düşük toprak tuzluluğu değerleri ise taban suyunun 80 cm olduğu koşullarda tespit edilmiştir. Buna göre en yüksek toprak tuzluluğu değeri 12.12 dS m^{-1} ile D1×T4 konusunda tespit edilmiş, en düşük değer ise 1.32 dS m^{-1} ile D3×T1 konusunda gerçekleşmiştir.

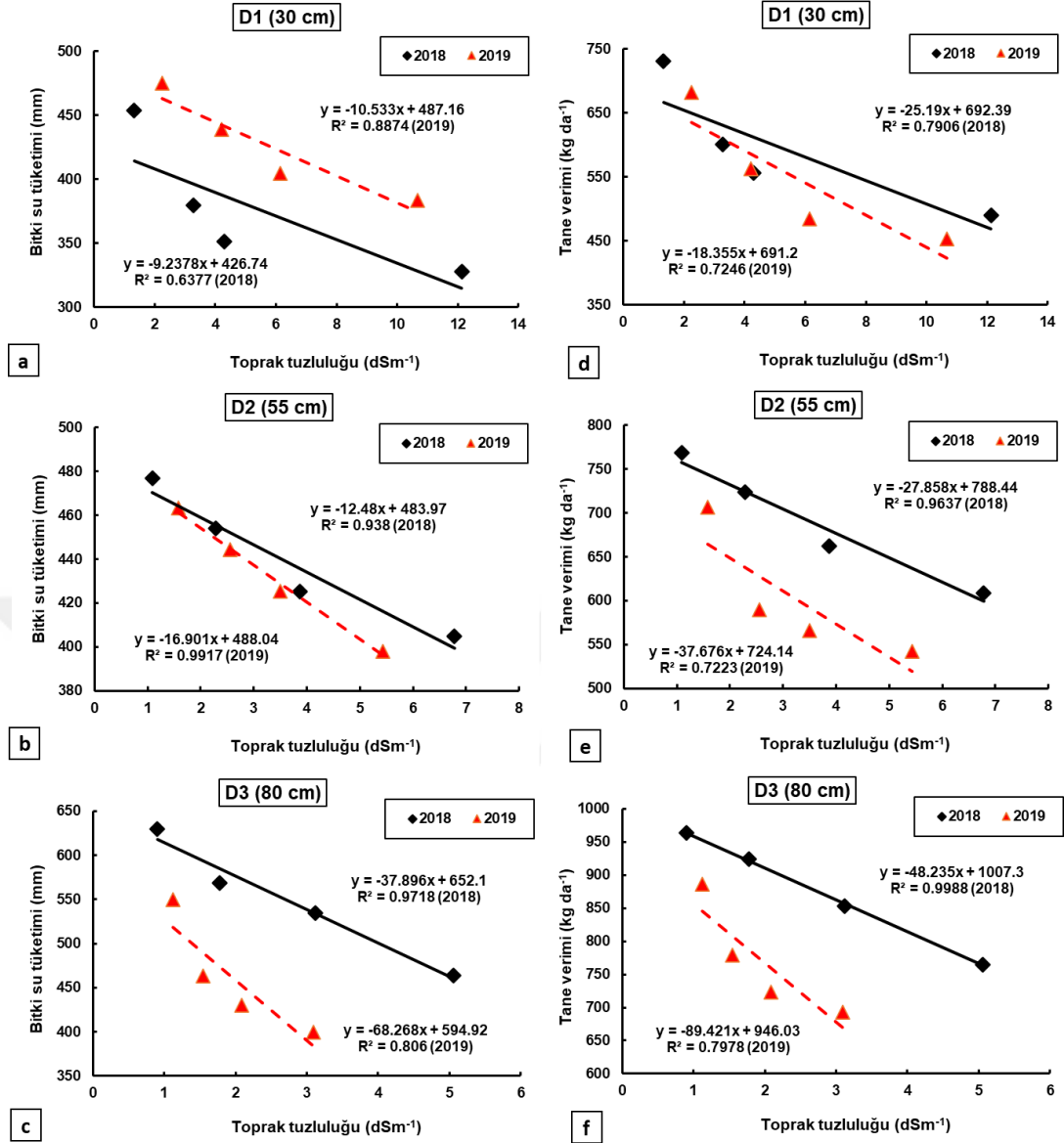
Araştırmanın 2019 yılı verileri Şekil 4.9' da irdelendiğinde, toprak tuzluluğu değerlerinin uygulamalara göre değişimi 2018 yılında gerçekleşen değerlere göre benzerlik göstermiştir. Taban suyu derinliğine göre en yüksek toprak tuzluluğu değeri 5.82 dS m^{-1} ile D1 konusunda, en düşük değer ise 1.96 dS m^{-1} ile D3 konusundan belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğu ile toprak tuzluluğu arasındaki ilişki incelendiğinde (Şekil 4.9b), taban suyu tuzluluğu ile toprak tuzluluğu arasında doğrusal ilişki olduğu Şekil 4.9b'de görülmektedir. Taban suyu tuzluluğu arttıkça toprak tuzluluğu artmıştır. Buna göre en yüksek toprak tuzluluğu 6.40 dS m^{-1} ile T4 konusunda gerçekleşmiş, en düşük değer ise 1.65 dS m^{-1} ile T1 konusundan belirlenmiştir. Taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun toprak tuzluluğu üzerine önemli derecede etkileri olmuş, D1, D2 ve D3 konularında taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m^{-1} 'den 8.0 dS m^{-1} 'e kadar arttığında toprak tuzluluğu değerleri sırasıyla $2.26\text{-}10.67 \text{ dS m}^{-1}$, $1.57\text{-}5.43 \text{ dS m}^{-1}$ ve $1.12\text{-}3.09 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.9c).

Elde edilen verilere göre, 2018 yılındaki 55 ve 80 taban suyu derinliğine ait toprak tuzluluğu değerleri 2019 yılındakine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ise, bitkilerin gelişimi ve taban suyundan beslenme miktarına bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Özellikle, 2018 yılında bitkilerin gelişimi 2019 yılına göre daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Bu durumda bitkilerin taban suyundan beslenmelerinin daha yüksek olmasına ve kılcal taşıma ile bitki kök bölgesine su ve tuz mineralleri birlikte taşınması nedeniyle toprak tuzluluğunun 2019 yılına kıyasla

daha yüksek seviyede gerçekleşmesine neden olmuştur. Xu vd. (2013) yaptıkları çalışmada, taban suyu derinliği arttıkça bitki kök bölgesinde biriken tuz miktarının azaldığını ifade etmişlerdir. Li vd. (2014) taban suyunun dikey hareketi ile taban suyu derinliği arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ve taban suyu derinliğinin bitki kök bölgesindeki tuz birikme derecesini direk etkilediğini belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada, Jalili vd. (2011) yılında taban suyu derinliği ile toprak tuzluluğu arasındaki ilişkiyi belirlemek için yaptıkları çalışmada 30 cm, 50 cm ve 80 cm derinlikte farklı taban suyu tuzluluğuna sahip suların, toprakta tuz birikimi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda taban suyunun tuzlu ve sık olmasının toprakta tuz birikimini arttırdığını belirlemişlerdir. Ghamarnia vd. (2012) yılında 10 dS m⁻¹ tuzluluğa sahip farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilen, aspir bitkisinin verim ve kalite parametresi ile toprak tuzluluğundaki değişimini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda taban suyu derinliği 60 cm olan konularda toprak tuzluluğu 12 dS m⁻¹, 80 cm olduğu konularda 11.2 dS m⁻¹ ve 110 cm taban suyu derinliğine sahip konularda ise toprak tuzluluğu 10.2 dS m⁻¹ elde etmişlerdir. Taban suyu derinliği arttıkça toprak tuzluluğunun azaldığını belirlemişlerdir.

Çalışma sonucunda taban suyunun 30 ve 55 cm de tutulması durumunda, bitki su ihtiyacının tamamını taban suyundan sağlayabileceği ve ilave hiçbir sulama ihtiyaç duyulmayacağı tespit edilmiştir. Ancak, taban suyunun tuzlu olması durumunda ise toprakların tuzlanması kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle taban suyunun tuzlu olması durumunda taban suyu derinliğinin 30 ve 55 cm’lerde sabit tutulması önerilmemektedir. Taban suyu derinliğinin 80 cm’de olduğu durumda ve yararlı suyun %50 si tüketildiğinde sulama yapılması durumunda bitki su ihtiyacının tamamının taban suyundan karşılanacağı belirlenmiştir. Taban suyu derinliğinin 80 cm ve taban suyunun tuzlu olması durumunda, yararlı nemin %50’ ye düşmeden, %70-80 aralığında iken sulama yapılması, topraklarda fazla tuzluluk oluşturmayacak ve bitki su ihtiyacının bir kısmının taban suyundan sağlanmasını mümkün kılacaktır.

2018 ve 2019 yıllarında toprak tuzluluğu ile bitki su tüketimi ve tane verimi arasındaki ilişkiler ise Şekil 4.10’ da gösterilmiştir. Şekil 4.10(a-b-c) regresyon grafikleri irdelendiğinde, toprak tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında negatif bir ilişki olduğu ve R² değerlerinin 0.64 - 0.99 arasında değişim göstermiştir. Çalışmanın her iki yılında da toprak tuzluluğu arttıkça bitki su tüketimi azalmıştır. Benzer sonuçlar Tekin (2010), Wang vd. (2015), Zhang vd. (2018) çalışmalarında da elde etmişlerdir.



Şekil 4.10. Farklı taban suyu derinliğine göre toprak tuzluluğu ile tane verimi ve bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler

Şekil 4.10(d-e-f)'da toprak tuzluluğu ile tane verimi arasındaki ilişki incelendiğinde, toprak tuzluluğu ile tane verimi arasında negatif yönlü bir ilişkiler olduğu ve R^2 değerleri 0.72 - 0.99 arasında değişim göstermiştir. Buna göre, araştırmanın her iki yılında toprak tuzluluğu arttıkça tane veriminin azaldığı tespit edilmiştir. Gerek saksı ve gerekse arazi çalışmalarında yürütülen birçok araştırmada, buğday yetiştiriciliğinde toprak tuzluluğunun göz önünde bulundurulması gerektiğini birçok araştırmacı ifade etmiştir (Singh et al., 2009; Pang et al., 2010; Jiang, et al., 2012). Mass ve Hoffman (1977) ise, buğday bitkisinin tuza karşı orta düzeyde toleranslı bitki olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, buğday bitkisinin tuzluluk eşik değerini 6 dS m⁻¹ ve birim toprak tuzluluğundaki artış verimde %7 oranında

azalışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Wang vd. (2015) arazide yürüttükleri çalışmada, 3.3, 5.0 ve 6.8 dS m⁻¹ sulama suyu tuzlulukları ile buğday bitkisini suladıklarında sırasıyla 7588, 7390 ve 7139 kg ha⁻¹ verim elde etmişlerdir. Mosaffa ve Sepaskhah (2019) yaptıkları çalışmada, 5, 7.5 ve 10 dS m⁻¹ sulama suyu tuzluluklarının 0.6 dS m⁻¹ sulama suyu tuzluluğuna kıyasla buğday verimini %5, %11 ve %18 oranında azalttığını tespit etmişlerdir. Çalışma ile ilgili elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda, tuzlu taban suyu bitki kök bölgesinde toprak tuzluluğunun artmasına ve kök gelişimini sınırlandırarak bitkilerin optimum şekilde gelişimini sınırlandırmıştır. Bu nedenle, buğday yetiştiriciliği yapılan bölgelerde, taban suyu derinliği, taban suyu kalitesi ve sulama programı dikkate alınması gerektiği söylenebilir.

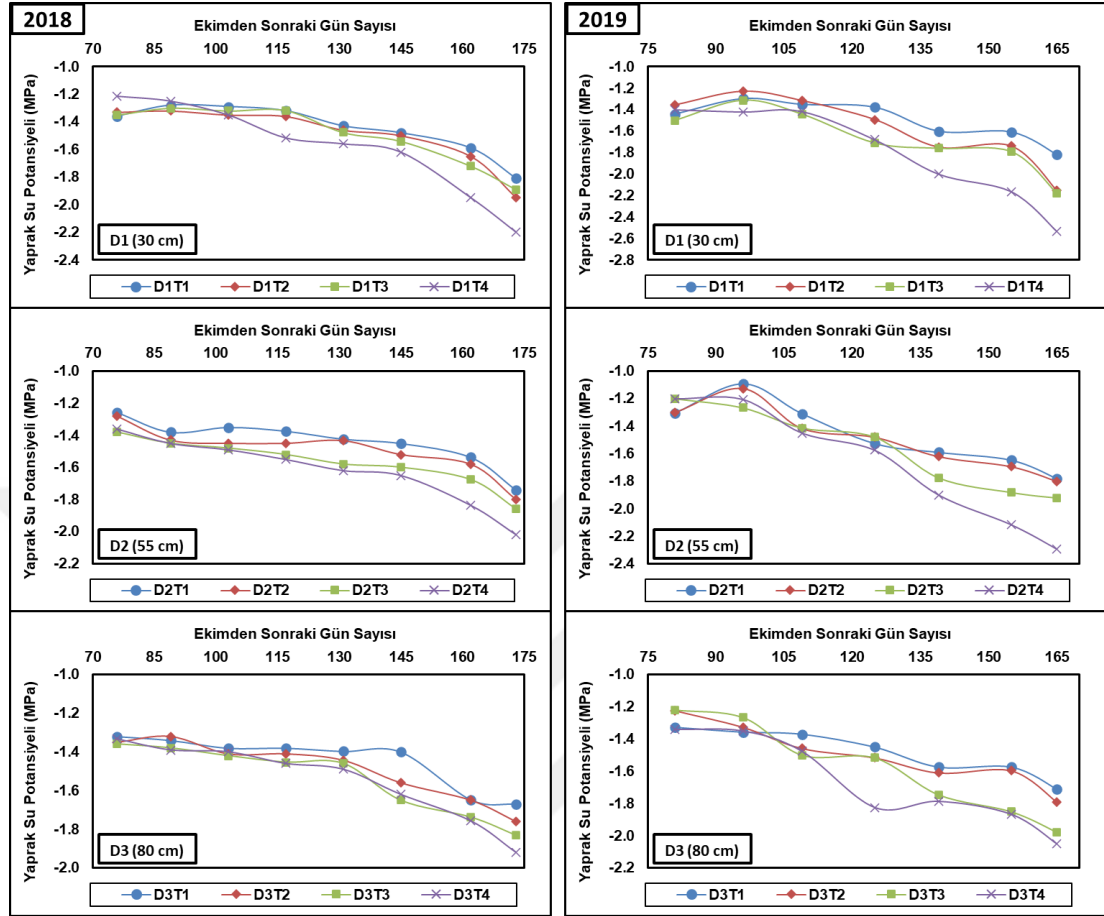
4.5. Yaprak Su Potansiyeli

Araştırmanın ilk yılına ait yaprak su potansiyeli ölçümlerine 30.01.2018 tarihinde başlanılmış ve 15 günlük aralıklar ile buğday bitkisinin yaprak su potansiyeli değerleri ölçülmüştür. Ölçümler yaprakların sararmaya başladığı 07.05.2018 tarihine kadar devam etmiş ve toplam 8 adet ölçüm yapılmıştır. Denemenin ikinci yılında yaprak su potansiyeli ölçümlerine 11.02.2019 tarihinde başlanılmış ve ölçümler 06.05.2019 tarihinde sona ermiştir. Konulara göre 2018 ve 2019 yıllarına ait yaprak su potansiyelinin zamansal değişimi Şekil 4.11’de verilmiştir.

Tüm konulardaki yaprak su potansiyeli değerleri zaman içerisinde azalmış ve konular arasında farklılık görülmüştür. Aynı derinliğe sahip farklı taban suyu tuzluluğu konularında, taban suyu tuzluluğundaki artış ile birlikte yaprak su potansiyeli değerleri azalmıştır. Yaprak su potansiyeli değerleri denemenin başlangıcında konular arasında birbirine yakın seyir ederken, stres şartlarının oluşması ile birlikte 2018 yılı için 117.gün ve 2019 yılı için ise 110.gün’ den sonra konular arasında farklılıklar görülmeye başlanılmıştır (Şekil 4.11).

Tüm konulardaki yaprak su potansiyeli değerleri zaman içerisinde azalmış ve konular arasında farklılık görülmüştür. Aynı derinliğe sahip farklı taban suyu tuzluluğu konularında, taban suyu tuzluluğundaki artış ile birlikte yaprak su potansiyeli değerleri azalmıştır. Yaprak su potansiyeli değerleri denemenin başlangıcında konular arasında birbirine yakın seyir izlerken, stres şartlarının oluşması ile birlikte 2018 yılı için 103.günden sonra ve 2019 yılı için ise 109.’ncu günden sonra konular arasında farklılıklar görülmeye başlanılmıştır (Şekil 4.11). 2018 ve 2019

yıllarında en düşük yaprak su potansiyeli değerleri D1×T4 konusunda, sırasıyla -2.20 MPa ve -2.53 MPa ölçülmüştür.



Şekil 4.11. 2018-2019 yılları için yaprak su potansiyeli değerlerinin konulara göre zamansal değişimi

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu uygulanan buğdayda 2018 ve 2019 yıllarına ait yaprak su potansiyeli sonuçlarına ait varyans analizi Tablo 4.13'te ve istatistiksel analiz sonuçları ise Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Yıllara göre yaprak su potansiyeli değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	0.24			
	Blok	2	0.004	0.002	2.26	0.1278
	Taban Suyu Derinliği	2	0.12	0.06	73.27	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.08	0.03	33.43	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.006	0.001	1.15	0.3689 ^{ÖD}
	Hata	22	0.019	0.001		
	VK (%)	1.87				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	0.53			
	Blok	2	0.015	0.017	4.18	0.0289*
	Taban Suyu Derinliği	3	0.13	0.065	36.56	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	2	0.34	0.11	63.98	0.0001**
	T. Suyu D. x T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.01	0.002	1.00	0.4529 ^{ÖD}
	Hata	22	0.04	0.002		
	VK(%)	2.56				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.14. Yıllara göre yaprak su potansiyeli (MPa) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	-1.57	-1.47	-1.44	-1.49 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	-1.61	-1.49	-1.47	-1.52 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	-1.62	-1.56	-1.52	-1.56 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	-1.72	-1.59	-1.55	-1.62 d
	Ort.	-1.63 c	-1.53 b	-1.49 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	-1.59	-1.52	-1.48	-1.53 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	-1.66	-1.55	-1.52	-1.58 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	-1.75	-1.62	-1.61	-1.66 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	-1.88	-1.79	-1.69	-1.79 d
	Ort.	-1.72 c	-1.62 b	-1.57 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Tablo 4.13 incelendiğinde, 2018 ve 2019 yıllarında taban suyu tuzluluğu, taban suyu derinliği ve taban suyu derinliği ile yaprak su potansiyeli değerleri arasında çok önemli ($p < 0.01$) bir ilişki olurken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu etkileşimi arasında ise önemli bir ilişki olmamıştır (Tablo 4.13).

2018 yılına ait değerler incelendiğinde, taban suyu derinliği ile yaprak su potansiyeli arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Taban suyu derinliği arttıkça buğday bitkisinin yaprak su potansiyeli değeri artmıştır. En yüksek yaprak su potansiyeli değeri -1.49 MPa ile D3 konusunda, en düşük değer ise -1.63 MPa ile D1 konusundan elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre ise T1, T2, T3 ve T4 konuları

için yaprak su potansiyeli değeri sırasıyla -1.49, -1.52, -1.56 ve -1.62 MPa olarak belirlenmiştir (Tablo 4.14). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna ait değerlerin arasında farklılık olmasına karşın istatistiksel bir önemlilik arz etmemiştir. Buna göre ise, en düşük yaprak su potansiyeli değeri -1.72 MPa ile D1×T4 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.14).

2019 yılına ait yaprak su potansiyeli değerleri incelendiğinde, taban suyu derinliğine göre 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliğinde buğday bitkilerinin yaprak su potansiyeli değerleri sırasıyla -1.72, -1.62 ve -1.57 MPa olarak tespit edilmiştir. Buna göre ilk yılda olduğu gibi en düşük değer 30 cm taban suyu derinliği konusunda elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre ise, en düşük yaprak su potansiyeli değeri -1.79 ile 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu konusundan elde edilmiştir. Her iki yılda taban suyu tuzluluğu arttıķa bitkilerin yaprak su potansiyeli değeri azalmıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna ait değerler incelendiğinde ise, en yüksek yaprak su potansiyeli değeri -1.48 MPa ile D3×T1 uygulamasından elde edilmiştir. Buğday bitkisinin yaprak su potansiyeli ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde; Alghory ve Yazar (2019) yılında su kısıtının buğdayın verim ve yaprak su potansiyeli üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında, deneme sonunda tam sulamalı konulardaki yaprak su potansiyeli değerini -2.015 MPa ve %25 sulamalı konulardaki yaprak su potansiyeli değerini ise -2.275 MPa olarak tespit etmişlerdir. Bitki su tketimeinin yaprak su potansiyeli ile yakından ilişkili olduğunu ve stres şartlarına bağlı olarak azalış gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışmamızda, 2019 yılına ait yaprak su potansiyeli değerleri 2018 yılına kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bitkilerin su tketimeine, topraktaki suyun varlığı ve yarayışlılığı ve toprak profilinde çözünmüş madde miktarı ile ilgili yakından ilişkilidir. En yüksek (negatif olarak) yaprak su potansiyeli değerleri, toprak tuzluluğunun düşük olduğu 80 cm taban suyu derinliği konularından elde edilmiştir. Özellikle, 2019 yılındaki toprak tuzluluğu 2018 yılına kıyasla daha düşük olmasına rağmen, kapilarite ile suyun toprağın st bölgelerine taşınımının azalması, toprağın su potansiyelini azaltarak bitkilerin toprak suyunu kullanabilirliğini azaltmaktadır. D1 konularında yaprak su potansiyelinin azalması üzerine tuzluluk etki ederken, D3 konularında ise topraktaki nem durumu etkili olmuştur. Nishida vd. (2009) yılında yapmış oldukları çalışmada, 45 cm taban suyu derinliğinde, 0.2 dS m⁻¹, 8 dS m⁻¹ ve 16 dS m⁻¹ tuzluluğa sahip taban suyunun buğday bitkisinin yaprak su potansiyeli üzerine olan etkilerini

incelemişlerdir. Denemenin ilk başlarında konular arasında çok fazla farklılık oluşmamış ve ortalama yaprak su potansiyeli -1.50 MPa elde edilmiştir. Bu tarihten sonra ise konular arasındaki farklılıklar oluşmuş ve taban suyu tuzluluğu 16 dS m^{-1} olan konudaki yaprak su potansiyeli -5.00 MPa a kadar düştüğünü belirlemişlerdir. Benzer şekilde Hassan (2017) yılında yaptıkları çalışmada 0.35 dS m^{-1} , 6 dS m^{-1} ve 12 dS m^{-1} 'lik tuzluluğa sahip sular ile sulanan buğday bitkisindeki yaprak su potansiyelinin değişimini incelemişlerdir. Kontrol konusunda yaprak su potansiyeli -1.25 MPa iken, 6 dS m^{-1} 'lik su ile sulanan bitkilerde -1.80 MPa ve 12 dS m^{-1} 'lik sular ile sulanan bitkilerde ise -2.0 MPa 'a kadar düşüş göstermiştir. Tuzluluktaki artış ile birlikte yaprak su potansiyelinin azalış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

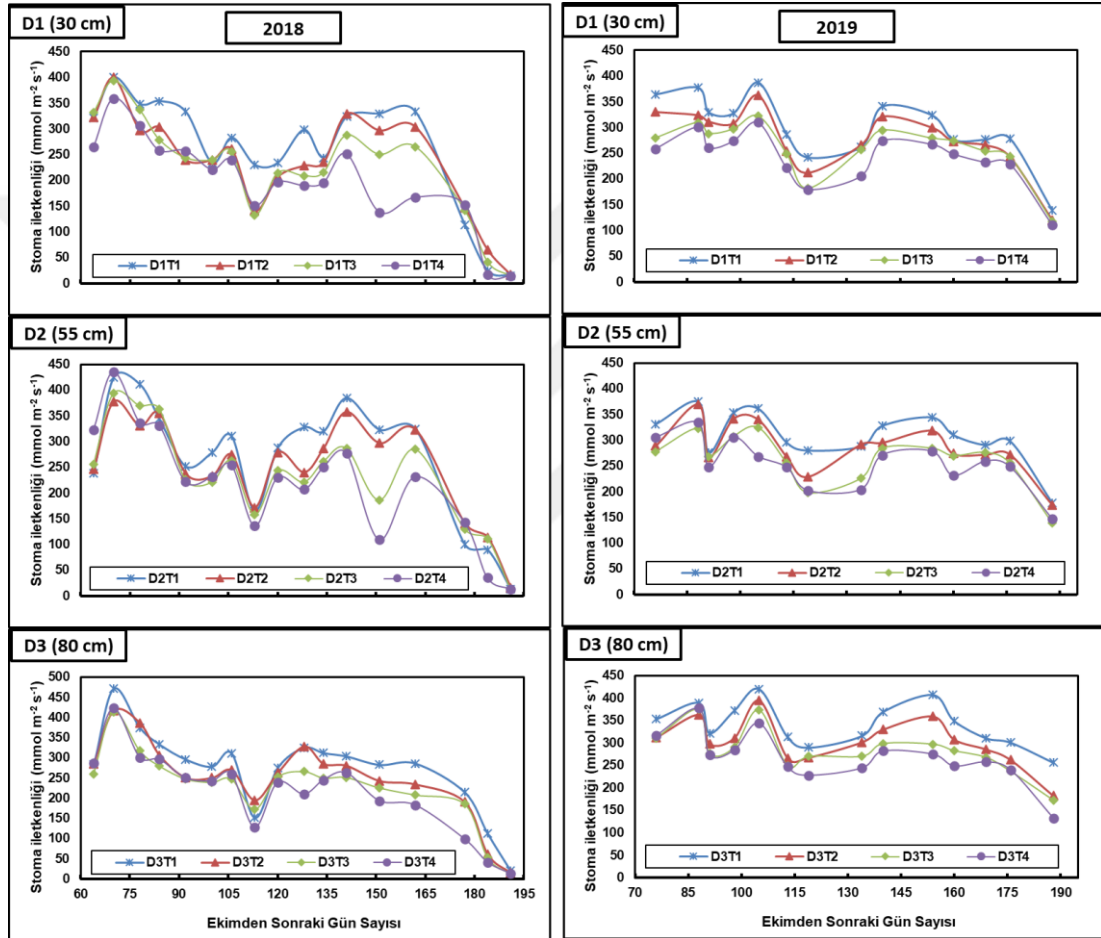
4.6. Stoma İletkenliği

Konulara göre 2018 ve 2019 yıllarına ait stoma iletkenliğinin zamansal değişimi Şekil 4.12'de verilmiştir. Stoma iletkenliği değerleri sıcaklık ve ışığa bağlı olarak değişim göstermekle birlikte genel olarak her iki yılda konulara göre zaman içerisinde azalmıştır. Birinci yılda stoma iletkenliği değerleri ekimden itibaren 113. gündeki ölçüme kadar birbirlerine yakın olurken, bu tarihten sonra konular arasında farklılıklar oluşmaya başlamıştır. En düşük stoma okumaları ise hasat dönemine yakın olan zamanlarda, buğday bitkisinin sararmaya başladığı döneme ait 177 ile 191'nci günler arasında ölçülmüştür (Şekil 4.12).

Denemenin ikinci yılında ise taban suyu derinliğine göre taban suyu tuzluluğu değerinin artması ile birlikte stoma iletkenliği değerleri azalmıştır. Taban suyu derinliğinin aynı olduğu uygulamalarda stoma iletkenlik değerleri 87'nci güne kadar birbirlerine çok yakın değerlerde elde edilmiş, stres şartlarının oluşması ile birlikte taban suyu tuzluluk konuları arasındaki ölçülen değerler arasında farklılıklar oluşmuştur. 167'nci günden sonra tüm konulara ait stoma iletkenliği değerlerinde aşırı düşmeler olduğu görülmektedir. Her iki yılda en yüksek stoma iletkenlik değerleri T1 konularında, en düşük stoma iletkenlik değerleri ise T4 konularında ölçülmüştür (Şekil 4.12).

2018 yılında konularına zamansal stoma iletkenliği değişimi irdelendiğinde, ekimden sonra 120'nci güne kadar; 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinin T2, T3 ve T4 konularında stoma iletkenliği değerleri arasında aşırı farklılık oluşmamıştır. Bunun nedeni ise, toprak profilinde oluşan toprak tuzluluğunun bitkinin stoma düzeyini önemli derecede etkileyecek seviyeye ulaşmadığından dolayı kaynaklandığı

söylenbilir. Ancak, 151'nci günden sonra özellikle D1×T4, D2×T3 ve D2×T4 konularının stoma iletkenliği değerleri diğer konulara göre belirgin şekilde azalmaya başlamıştır. Bu durum ise, buğday bitkilerinin toprak tuzluluğundan etkilenmeye başladığını ve bitkilerin tuz stresinden dolayı stomalarını kapatmaya başladığını söylenbilir. 2019 yılında ise, konular arasında 123'ncü günden sonra farklılık oluşmaya başlamıştır. 2019 yılında oluşan toprak tuzluluğu değerleri 2018 yılına göre daha az olduğundan dolayı konular arasında belirgin farklılık oluşmamıştır.



Şekil 4.12. 2018-2019 yılları için stoma iletkenliği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi

Stoma iletkenliği değerlerinin konulara göre değişimini belirlemek amacıyla, her bir konuda ölçüm süresince elde edilen verilerin ortalamaları kullanılmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında stoma iletkenliği ölçümlerine ait varyans analizleri Tablo 4.15 ve istatistiksel gruplandırmaları Tablo 4.16' da verilmiştir.

Tablo 4.15. Yıllara göre stoma iletkenliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	31247.30			
	Blok	2	218.38	109.19	5.72	0.012*
	Taban Suyu Derinliği	2	3241.65	1620.82	84.87	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	26280.61	8760.20	458.71	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	1086.53	181.09	9.48	0.0545**
	Hata	22				
VK (%)			1.62			
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	25305.88			
	Blok	2	1122.41	561.20	23.98	0.0842
	Taban Suyu Derinliği	2	5605.40	2802.70	79.79	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	16964.32	5654.77	160.98	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	840.94	140.16	3.99	0.0075**
	Hata	22	772.82	35.13		
VK(%)			1.99			

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.16. Yıllara göre stoma iletkenliği ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m^{-1})	286.76 c	309.03 b	323.36 a	306.38 a
	T2 (2.0 dS m^{-1})	265.78 e	287.72 c	278.66 d	277.39 b
	T3 (4.0 dS m^{-1})	255.81 f	257.16 f	268.32 e	260.43 c
	T4 (8.0 dS m^{-1})	215.07 h	239.45 g	241.09 g	231.87 d
Ort.		255.85 c	273.34 b	277.86 a	
2019	T1 (0.38 dS m^{-1})	311.20 cd	321.30 b	352.00 a	328.17 a
	T2 (2.0 dS m^{-1})	301.68 de	295.30 ef	315.85 bc	304.28 b
	T3 (4.0 dS m^{-1})	272.11 g	270.66 g	299.32 e	280.69 c
	T4 (8.0 dS m^{-1})	256.62 h	272.81 g	288.32 f	272.59 d
Ort.		285.40 b	290.02 b	313.87 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

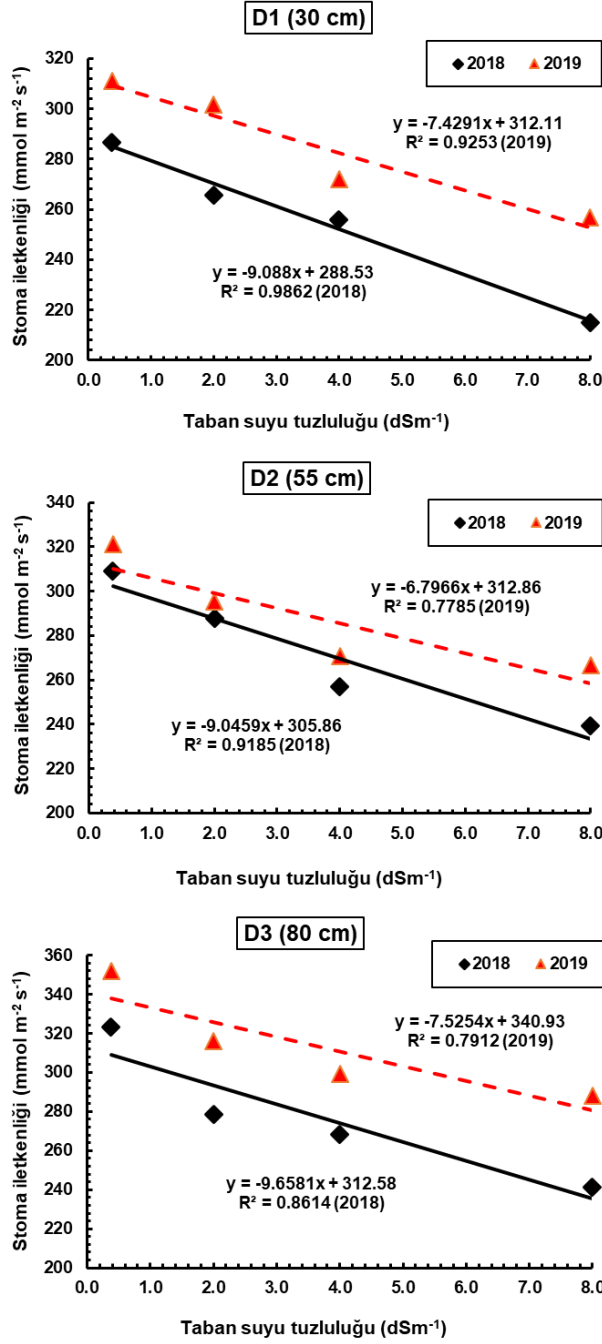
Çalışmada, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun stoma iletkenliği değeri üzerine hem 2018 hem de 2019 yılında istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun 2018 ve 2019 yıllarında stoma iletkenliği üzerine $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.15).

2018 yılı istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliğine göre en yüksek stoma iletkenliği değeri $277.86 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ile D3 konusunda, en düşük değer ise $255.85 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ile D1 konusundan belirlenmiştir. Buna göre; taban suyu derinliği 80 cm'den 30 cm'e doğru yükseldikçe stoma iletkenliği değeri %7.9 oranında

azalmıştır. Taban suyu tuzluluğuna göre stoma iletkenliği değerleri incelendiğinde ise, T1, T2, T3 ve T4 konularında stoma iletkenliği değerleri sırasıyla 306.38, 277.39, 260.43 ve 231.87 mmol m⁻² s⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 4.16). Buna göre taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m⁻¹'den 8.0 dS m⁻¹ kadar arttığında stoma iletkenliği değeri %24.3 oranında azalmıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre stoma iletkenliği değerleri incelendiğinde; en yüksek stoma iletkenliği değeri 323.86 mmol m⁻² s⁻¹ değeri D3×T1 konusunda, en düşük değer ise 215.07 mmol m⁻² s⁻¹ ile D1×T4 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.16).

2019 yılında, taban suyu derinliğine göre stoma iletkenliği değerleri incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça stoma iletkenliği değerleri artmıştır. Buna göre, en yüksek stoma iletkenliği değeri 313.87 mmol m⁻² s⁻¹ ile 80 cm taban suyu derinliğinde, en düşük değer ise 285.40 mmol m⁻² s⁻¹ ile 30 cm taban suyu derinliğinde gerçekleşmiştir (Tablo 4.16). İstatistiksel analiz sonucunda ise, 30 ve 55 cm taban suyu derinliklerinin ortama stoma iletkenliği değerleri arasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre stoma iletkenliği değişimi irdelendiğinde; taban suyunun tuz içeriği arttıkça bitkilerin stoma iletkenliği değerleri azalmıştır. Buna göre, T2, T3 ve T4 konularının stoma iletkenliği değeri T1 konusuna kıyasla %7.3, %14.5 ve %16.9 oranında azalmıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu da stoma iletkenliği üzerine önemli etkisi olduğu ve en yüksek stoma iletkenliği değerinin 352.00 mmol m⁻² s⁻¹ ile D3×T1 kombinasyonunda, en düşük değer ise 256.62 mmol m⁻² s⁻¹ ile D1×T4 kombinasyonundan tespit edilmiştir (Tablo 4.16).

Şekil 4.13'de farklı taban suyu derinliği koşullarında farklı taban suyu tuzluluğu ile stoma iletkenliği değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Grafikler irdelendiğinde; her iki yılda da taban suyu tuzluluğu arttıkça, buğday bitkilerinin stoma iletkenliği değerleri doğrusal olarak azalmıştır.



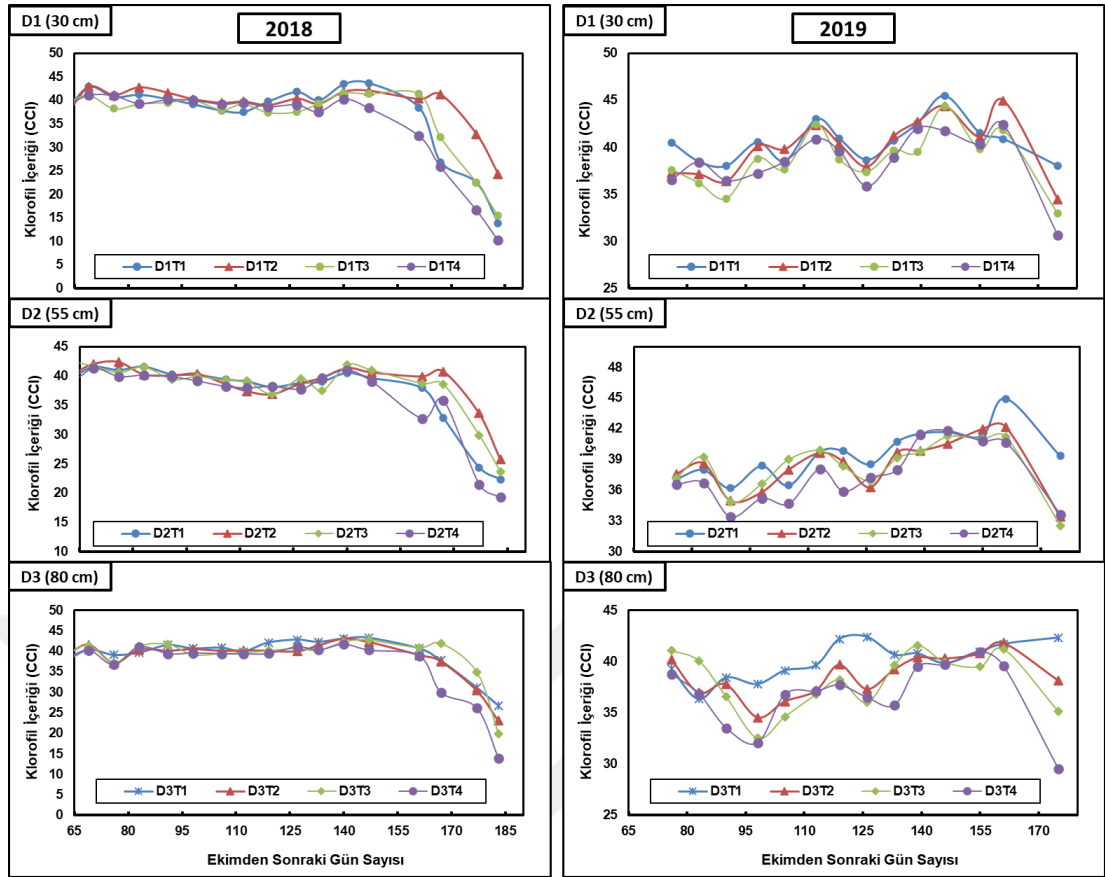
Şekil 4.13. Farklı taban suyu derinliği koşullarında taban suyu tuzluluğu ile stoma iletkenliği arasındaki ilişkiler

Her iki yılda elde edilen stoma iletkenliği değerleri karşılaştırıldığında ise, 2019 yılının stoma iletkenliği değerleri 2018 yılına kıyasla daha yüksek düzeyde ölçülmüştür. Bu durum ise, iki yıl arasında gerçekleşen toprak tuzluluğundan dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle, ilk yılda toprak tuzluluğu sonucu osmotik potansiyelin yüksek olması nedeniyle bitkilerin ksilem iletim borularında su potansiyelinin azalması fotosentez ürünlerinin taşınımını azaltarak, bitkilerin stomalarının kapanmasına neden olduğu söylenebilir. Zhu vd. (2018)'de tuz stresinin

bitki yapraklarının mezofil hücrelerine fotosentez için CO₂ girişinin azalması ile birlikte stomaların kapandığını ve karbon fiksasyonunun önemli derecede etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, 30 ve 55 cm taban suyu derinliklerinde, stoma iletkenliğinin azalması tuz stresi ile birlikte taban suyu derinliğinin sığ olması durumunda göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü, taban suyunun sığ olması, bitki kök bölgesinde hem nem içeriği hem de karbondioksit içeriğinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu durum ise, bitki kök bölgesinde anaerobik koşulların oluşmasına, kök gelişiminin yavaşlanmasına ve bunun sonucunda asimilatların alımı azalmakta bitki fotosentez hızını azaltarak, stomaların kapanmasına neden olabileceği söylenebilir. Xia vd. (2018) yılında farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğunun *Tamarix chinensis* bitkisinin fotosentetik verimliliği üzerine etkilerini incelemişler ve çalışmada *Tamarix chinensis* bitkisinin stoma iletkenliğindeki azalma sadece bitkinin tuz stresine karşı olan direncine bağlı olmadığını, çevresel faktörlerden; taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu, ışık şiddeti ve taban suyunun oluşturduğu su ve tuz stresleri ile yakından ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Bir başka araştırmacılar (Di et al., 2019; Wu et al., 2019; Wang et al., 2020) ise, kurak ve yarık bölgelerde, taban suyu derinliğinin toprak profilinin elverişli nem ve tuz içeriğinde meydana getirdiği değişim, bitkilerin fizyolojik aktivitelerini, transpirasyon hızındaki değişimi, su-karbon dengesini ve fotosentez düzeyini değiştirebileceğini vurgulamışlardır. Elde edilen bulgular ve diğer araştırmacıların sonuçları dikkate alındığında, buğday bitkisinin fizyolojik ve morfolojik özellikleri göz önünde bulundurularak taban suyu derinliğinin <80 cm'den daha düşük seviyede sabit tutulmaması hem bitkinin fizyolojik gelişimi hem de tuzlu taban suyu koşullarında sürdürülebilir tarımsal üretim açısından yarar sağlayacağı söylenebilir.

4.7. Klorofil İçeriği

2018 ve 2019 araştırma yıllarında buğday bitkisinin klorofil içeriği değerlerinin zamansal değişimlerine ait grafikler Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. 2018-2019 yılları için klorofil içeriği değerlerinin konulara göre zamansal değişimi

2018 yılına ait değişim grafikleri incelendiğinde klorofil miktarlarının zaman içerisinde stres şartlarına göre değişim gösterdiği görülmektedir. Taban suyu tuzluluğunun artması ile birlikte tüm konulardaki klorofil içeriklerinde bir azalma olmuştur. Konulara göre ortalama klorofil değerleri 36.7 ile 40.7 CCI arasında değişim göstermiştir. Her bir konuda en düşük klorofil miktarı T4 uygulamalarında ölçülmüş ve taban suyu derinliğine bağlı kalmaksızın tuzluluk artışı ile birlikte bitkilerdeki klorofil miktarları azalma göstermiştir (Şekil 4.14).

Denemenin 2019 yılında klorofil içerikleri denemenin başlangıcında tüm konularda birbirine yakın bir şekilde ölçülmüş ancak konularda stres şartlarının oluşması ile birlikte konular arasında farklılıklar oluşmuştur. Konularda ortalama klorofil içerikleri 38.2 CCI ile 40.6 CCI arasında değişim göstermiştir. En düşük ortalama klorofil içeriği değeri D1×T4 konusunda ve en yüksek klorofil içeriği değeri ise D3×T1 konusunda ölçülmüştür (Şekil 4.14). Her iki yılda elde edilen değerler dikkate alındığında, 155'nci günden sonra konulara göre klorofil içeriği azalmaya başlamıştır. Konulara göre klorofil içeriğinin zamansal değişimi, iklimsel koşullara,

toprak profilinde tuz oluşumuna, taban suyundan beslenme durumuna bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir.

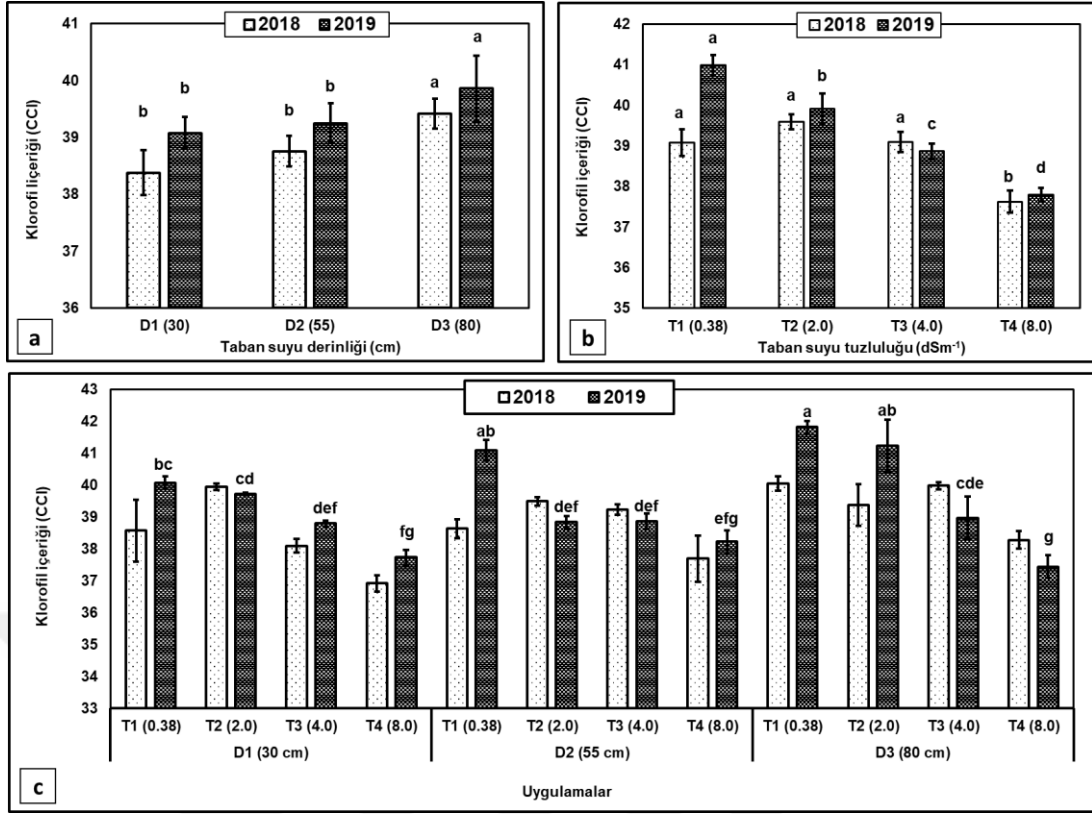
2018 ve 2019 yıllarına ait farklı taban suyu tuzluluğu, taban suyu derinliği, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun klorofil içeriği üzerine etkilerinin istatistiksel analizi yapılmış ve varyans analiz sonuçları Tablo 4.17’de, istatistiksel değerlendirmeler Şekil 4.15’te verilmiştir.

Tablo 4.17. Yıllara göre klorofil içeriği (CCI) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	46.17			
	Blok	2	2.12	1.06	2.01	0.158
	Taban Suyu Derinliği	2	6.61	3.31	6.28	0.007**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	19.51	6.50	12.35	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	6.34	1.06	2.01	0.1082 ^{ÖD}
	Hata	22	11.59	0.53		
VK (%)		1.87				
	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	75.54			
	Blok	2	0.25	0.12	0.27	0.7668
	Taban Suyu Derinliği	2	4.06	2.03	4.41	0.0245*
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	50.84	16.95	36.87	0.001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	10.27	1.71	3.73	0.0104*
	Hata	22	10.11	0.46		
VK(%)		1.72				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.17 incelendiğinde, 2018 yılına ait varyans P değerlerine göre, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun klorofil içeriği üzerine istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde etkili olduğu, ancak taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun klorofil içeriği üzerine istatistiksel olarak etkisi olmadığı tespit edilmiştir. 2019 yılına ait varyans analiz sonucuna göre ise, taban suyu tuzluluğunun p<0.01 düzeyinde, taban suyu derinliği ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun ise p<0.05 düzeyinde klorofil içeriğini etkilediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.15. Yıllara göre farklı taban suyu derinliği (a), taban suyu tuzluluğu (b) ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun (c) klorofil içeriği üzerine etkileri

Şekil 4.15a’da klorofil içeriği değerleri incelendiğinde, taban suyu derinliğine göre klorofil içeriği hem 2018 yılında hem de 2019 yılında taban suyu derinliği arttıkça klorofil içeriği de artmıştır. En yüksek klorofil içeriği değeri 2018 yılında 39.42 CCI, 2019 yılında 39.86 CCI ile 80 cm taban suyu derinliği konusundan belirlenmiştir. En düşük klorofil içeriği ise 2018 ve 2019 yılları için sırasıyla 38.38 ve 39.08 CCI değerleri 30 cm taban suyu derinliğinden elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre klorofil içeriği değişimi incelendiğinde, 2018 yılında taban suyu tuzluluğu arttıkça buğday bitkisinin klorofil içeriği azalmıştır. Ancak T1, T2 ve T3 konuları arasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek klorofil içeriği de 39.60 CCI değeri 2.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu koşullarında elde edilmiştir. 2019 yılında taban suyu tuzluluğuna göre klorofil içeriği değişimi irdelendiğinde, istatistiksel olarak 4 farklı grup oluşmuş, en yüksek ve en düşük değerler (40.99 CCI ve 37.80 CCI) sırasıyla 0.38 dS m⁻¹ ve 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu konularından belirlenmiştir (Şekil 14.5b)

2019 yılına ait taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre, en düşük değer 37.44 CCI ile D3×T4, en yüksek değer ise 41.82 CCI ile D3×T1

konusundan elde edilmiştir (Şekil 14.5c). Taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m^{-1} 'den 8.0 dS m^{-1} 'e arttığında klorofil içeriği değerleri 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinlikleri için sırasıyla 40.07-37.73 CCI, 41.08-38.22 CCI ve 41.82-37.44 CCI arasında değişim göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, her iki yılda da buğday bitkisinin klorofil içeriği değerleri konular arasında aşırı düzeyde farklılık göstermemiştir. Her iki yılda ise, taban suyu derinliğinin artışı klorofil içeriğine pozitif etki yapmıştır. Ancak, 30 ve 55 cm taban suyu derinlikleri için klorofil değerleri arasında istatistiksel fark oluşmamıştır. Bitkiler, çevresel streslere karşı (su ve tuz stresleri) morfolojik değişimler göstermekle birlikte ve yaprak anatomisinde farklılıklar oluşmaktadır (Toscano et al., 2018). Beikircher ve Mayr (2009) ise bitkiler uzun süre stres koşullarına (su ve tuz) maruz kaldıklarında bitki-su ilişkisinin devamlılığını sürdürebilmek için yapraklarında yapısal modifikasyonlar gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Bu modifikasyonlardan bazıları ise, bitki yapraklarında klorofil içeriğinin (Liu et al., 2011), protein içeriğinin (Fazeli et al., 2007) ve stoma iletkenliğinin (Zaeshan et al., 2020) azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Shah vd. (2017) yaptıkları çalışmada buğdayda tuzluluğun klorofil miktarı üzerine olan etkilerini incelemişler ve tuzluluk düzeyi arttıkça buğday bitkisini klorofil miktarında azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Sabagh vd. (2015) yılında soya fasulyesinde tuzluluk ile klorofil miktarları arasında çok önemli ilişkiler olduğunu ve tuzluluktaki artışın nispi klorofil miktarlarında azalmaya neden belirlemişlerdir. Halim ve Omae (2020) yılında buğdayda farklı su kısıtının verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada su kısıtı arttıkça, klorofil miktarının azaldığını ve bitki su tüketim değeri ile klorofil miktarı arasında çok önemli ilişkilerin olduğunu tespit etmişlerdir. Keyvan (2010) yürüttüğü çalışmada, Charman, Marvdasht, Shahriar buğday çeşitlerine farklı dönemlerinde uyguladığı su kısıtı uygulamalarında ortalama klorofil a değerlerini 37.55 , 34.55 ve 29.09 mg g^{-1} taze ağırlık olarak tespit etmiştir. Çalışma sonuçları ışığında ve elde edilen bulgulara göre, taban suyu derinliğinin sığ ve tuz içeriğinin yüksek olması, buğday bitkisinin yaprak klorofil içeriği miktarında önemli azalmalara neden olacağı söylenebilir.

4.8. Toprak Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.8.1. Toprak pH Değeri

Toprağın konularına göre pH değerleri için 2018 ve 2019 yıllarına ait varyans analizleri Tablo 4.18’de ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.18. Yıllara göre toprak pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	1.6			
	Blok	2	0.0	0.01	1.09	0.3543
	Taban Suyu Derinliği	2	0.1	0.07	12.17	0.0003**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	1.2	0.40	65.10	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.1	0.01	1.58	0.2012 ^{ÖD}
	Hata	22	0.1	0.01		
VK (%)		1.01				
	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	0.3336			
	Blok	2	0.0300	0.01501	3.92	0.0349*
	Taban Suyu Derinliği	2	0.0573	0.02865	7.49	0.0033**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.1502	0.05008	13.08	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.0118	0.00197	0.51	0.7913 ^{ÖD}
	Hata	22	0.0842	0.00383		
VK(%)		0.83				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

2018 ve 2019 deneme yıllarına ait varyans analiz sonucuna göre, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu toprak pH değerini istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkilediği, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu ise toprak pH değerlerini istatistiksel olarak etkilemediği tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.19’da 2018 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, toprak pH değerleri taban suyu derinliği D1’den D3’e doğru artış göstermiştir. En yüksek toprak pH değeri 7.82 ile D3 konusunda elde edilirken en düşük değer ise 7.66 ile D1 konusunda elde edilmiştir. Ancak D3 ve D2 konularının toprak pH değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.19). Taban suyu tuzluluğuna göre incelendiğinde ise, taban suyu tuz içeriğinin artması ile birlikte toprak pH değerinin azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek toprak pH değeri 8.02 ile T1 konusunda, en düşük pH değeri ise 7.52 ile T4 konusunda tespit edilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Yıllara göre toprak pH değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	8.01	7.97	8.07	8.02 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	7.64	7.84	7.89	7.79 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	7.58	7.70	7.70	7.66 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	7.42	7.52	7.62	7.52 d
	Ort.	7.66 b	7.76 a	7.82 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	7.49	7.56	7.56	7.54 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	7.37	7.45	7.52	7.45 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	7.41	7.45	7.48	7.44 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	7.32	7.33	7.41	7.35 c
	Ort.	7.40 b	7.45 ab	7.49 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

2019 yılına ait istatistiksel analiz sonuçlarına göre taban suyu derinliğine göre en yüksek toprak pH değeri 7.49 ile D3 konusunda elde edilirken en düşük değer ise 7.40 ile D1 konusundan tespit edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre toprak pH değerleri incelendiğinde ise; araştırmanın ilk yılında olduğu gibi taban suyu tuzluluğu arttıkça toprak pH değerleri de azalmıştır. Buna göre en yüksek pH değeri 7.54 ile T1 konusunda en düşük değer ise 7.35 ile T4 konusunda gerçekleşmiştir (Tablo 4.19).

Araştırmada elde edilen toprak pH değerleri göz önünde bulundurulduğunda; taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun toprak pH değerleri üzerine önemli bir sorun oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Anonim (2014) göre, toprak pH'sı 7.0 olan toprakları “ nötr ”, 7.1 - 7.3 arasındakileri “ çok hafif alkali “, 7.4 – 7.8 arasındakileri “ hafif alkali “, 7.9 – 8.4 arasındakileri “ orta alkali “ olarak sınıflandırmıştır. Deneme başlangıcında toprak pH değeri 8.08 olarak tespit edilmiş, ancak deneme sonunda ise toprak pH değerlerinin azalmasının nedeni ise taban suyu tuz minerallerinin suda çözünürlüğü, bitki besin maddesi alımı, toprağın katyon değişim kapasitesi, taban suyu derinliğine bağlı olarak mikro organizma aktivitesi gibi nedenlerden dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

4.8.2. Katyon Değişim Kapasitesi

Çalışmada, her bir derinlikten alınan toprak örneklerinin katyon değişim kapasite (KDK) değeri hesaplanmış ve her bir konuya ait ortalama toprak KDK değeri üç tekerrürün ortalaması alınarak elde edilmiştir. Araştırma yıllarına ait farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğuna göre toprak KDK değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.20 ve istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.21’de gösterilmiştir.

Tablo 4.20. Yıllara göre toprak katyon değişim kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	1323.2			
	Blok	2	93.0	46.50	9.00	0.051
	Taban Suyu Derinliği	2	226.3	113.17	14.00	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	459.4	153.14	18.95	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	366.6	61.10	7.56	0.0002**
	Hata	22	177.8	8.08		
VK (%)		5.34				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	508.3436			
	Blok	2	1.6418	0.82090	0.34	0.7144
	Taban Suyu Derinliği	2	337.7942	168.89710	70.26	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	75.3004	25.10010	10.44	0.0002**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	40.7239	6.78730	2.82	0.0342*
	Hata	22	52.8833	2.40380		
VK(%)		3.15				

**.: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.21. Yıllara göre toprak katyon değişim kapasitesi (meq/100 g) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	51.42 cd	52.51 cd	50.83 cd	51.59 b
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	51.23 cd	49.37 d	49.85 cd	50.15 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	51.86 cd	54.52 c	49.15 d	51.84 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	68.09 a	60.58 b	49.25 d	59.31 a
	Ort.	55.65 a	54.25 a	49.77 b	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	50.46 b	46.09 d	46.37 d	47.64 c
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	51.30 b	46.61 d	46.48 d	48.13 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	54.72 a	47.57 cd	45.90 d	49.40 bc
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	57.19 a	49.98 bc	46.97 d	51.38 a
	Ort.	53.42 a	47.56 b	46.43 b	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

2018 ve 2019 ürün yetiştirme yıllarına ait varyans analiz sonuçlarına göre; taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun toprak katyon değişimi üzerine istatistiksel olarak $p < 0.01$ önem düzeyinde, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu kombinasyonunun toprak katyon değişim kapasitesi üzerine istatistiksel olarak 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla $p < 0.01$ ve $p < 0.05$ önem düzeylerinde farklılıklar elde edilmiştir (Tablo 4.20).

2018 yılına ait katyon değişim kapasitesi verilerine göre; taban suyu derinliği D1 (30 cm)'den D3 (80 cm)'e doğru arttıkça, toprağın en yüksek KDK değeri 55.65 meq/100 g ile D2 konusunda elde edilirken, en düşük değer ise 49.77 meq/100 g ile

D3 konusunda belirlenmiştir (Tablo 4.21). Ayrıca istatistiksel analiz sonucuna göre, D1 ve D2 konularının KDK değerleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre KDK değerleri incelendiğinde, en yüksek KDK değeri 59.31 meq/100 g ile T4 konusunda elde edilirken en düşük 50.15 meq/100 g KDK değeri ise T1 konusunda tespit edilmiştir. Ayrıca, T1, T2 ve T3 konularının KDK değerleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre ise, en yüksek toprak KDK değeri 68.09 meq/100 g ile D1×T4 konusunda elde edilirken, en düşük değer ise 49.15 meq/100 g ile D3×T3 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.21).

Araştırmanın 2019 yılına ait KDK değerleri incelendiğinde, araştırmanın ilk yılında olduğu gibi, taban suyu derinliği arttıkça toprağın KDK değeri azalmıştır. İstatistiksel olarak taban suyu derinliği göre toprak KDK değeri incelendiğinde en yüksek değer 53.42 meq/100 g ile D1 konusunda elde edilirken, en düşük ise 46.43 meq/100 g ile D3 konusunda elde edilmiştir. Bununla birlikte, D2 ve D3 konularının KDK değerleri aynı grupta olup arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır (Tablo 4.21). Toprak KDK değerleri taban suyu tuzluluğuna göre incelendiğinde, en yüksek KDK değeri 51.38 meq/100 g ile T4 konusunda olurken en düşük değer ise 48.13 meq/100 g ile T2 konusunda elde edilmiştir (Tablo 4.21). Bununla birlikte, T2 ve T3 konularının toprak KDK değerleri arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır (Tablo 4.21).

Her iki yılda elde edilen sonuçlara göre; taban suyu derinliği ve taban suyu tuz içeriğinin toprağın KDK değeri üzerine önemli derecede etki ettiği söylenebilir. Metson (1961) ile Hazelton ve Murphy (2007) KDK sınıflandırmasına göre toprak KDK değerlendirmesinde $KDK > 40$ olduğunda “çok yüksek” sınıfında olduğunu ifade etmişlerdir. Buna göre, araştırmanın her iki yılında elde edilen KDK değerlerinin denemenin başlangıçtaki KDK değerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu durumun ise; taban suyunun tuz içeriğinden kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle, taban suyu derinliğinin 30 cm olduğu koşullarda toprak yüzeyinden meydana gelen evaporasyon D2 ve D3 konularına göre daha yüksek olduğundan dolayı bitki kök bölgesinde daha çok mineral birikmesine neden olmuştur. Ayrıca, bitkilerin taban suyundan beslenmesine bağlı olarak, toprağın aktif kök bölgesinde toprak nemi azaldıkça, taban suyundan kapilarite ile su ve mineral taşınımı artmaktadır. Bu durumun toprakların KDK değerini arttırabileceği söylenebilir.

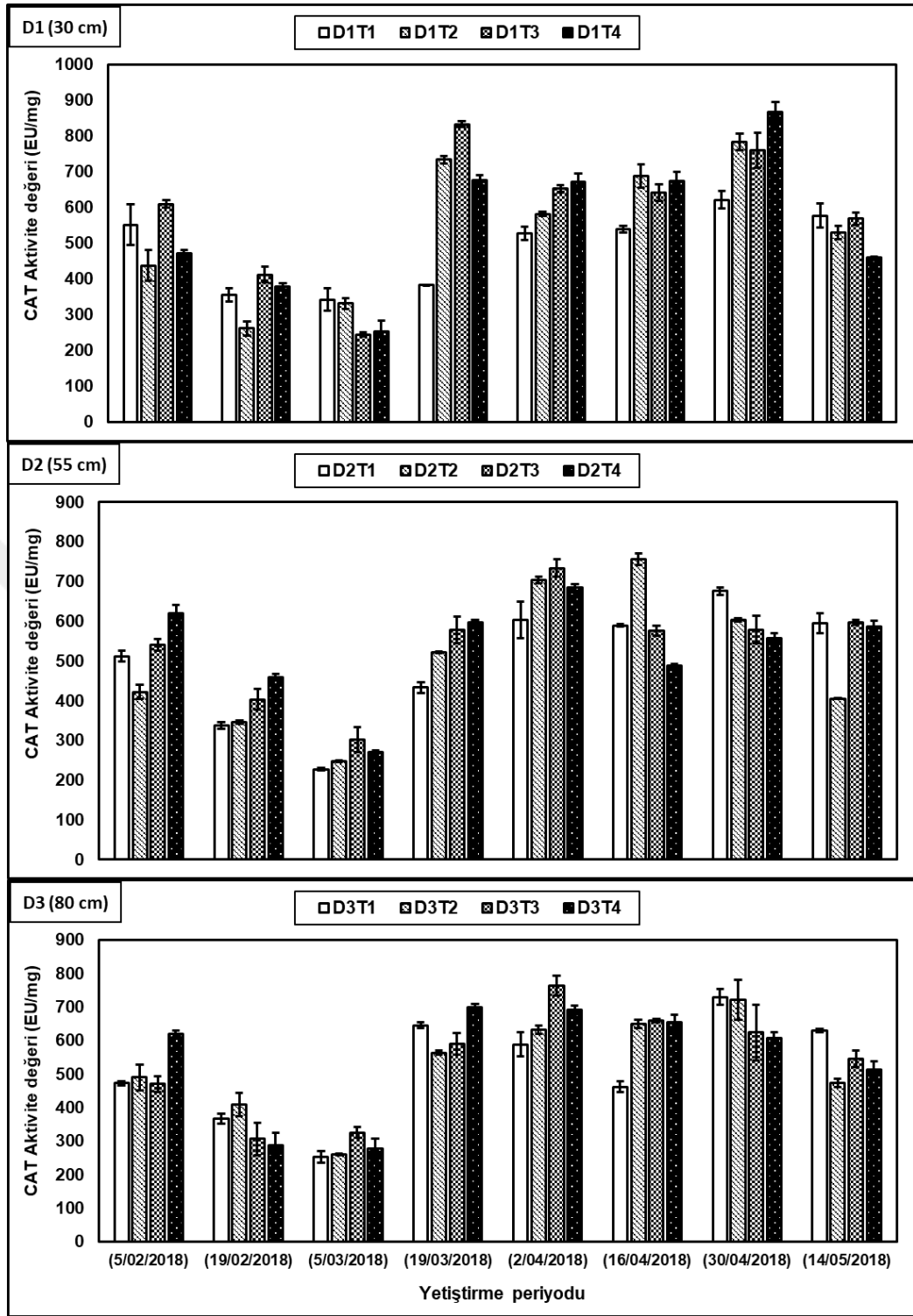
4.9. Enzim Aktivitelerinin Değerlendirilmesi

Antioksidan enzim aktiviteleri bitkilerin stres şartlarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Enzim aktiviteleri, bitkilerin kuraklığa, tuzluluğa veya soğuğa karşı dayanımının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Stres şartlarına dayanıklı olan çeşidin belirlenmesinde maksimum aktivite değeri kullanılmaktadır. En yüksek değeri veren çeşit strese en dayanıklı olandır. Yapılan çalışmalarda bitkilerde tuzluluk, kuraklık veya sıcaklık değerlerine bağlı olarak enzimsel aktivitelerde artış olduğu ancak belirli bir noktadan sonra ise aktivite değerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte enzim aktivitelerinin tuzluluk ve sulama yönteminde kullanılabilirliğinin incelenmesi gerekmektedir.

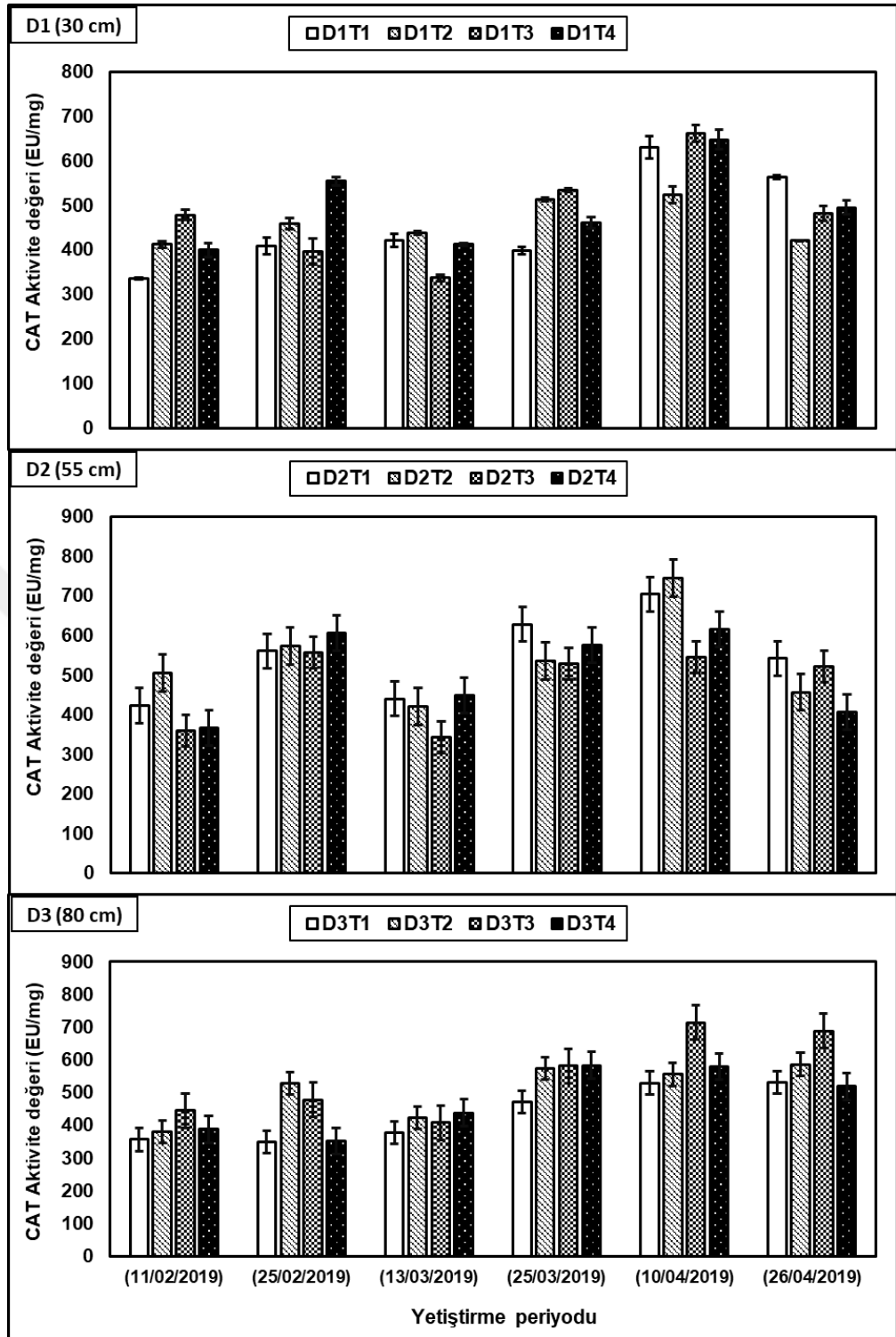
Çalışmada kapsamında taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu şartlarında buğday bitkisinin antioksidan enzim aktiviteleri üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için bitki yapraklarında Süperoksit dismutaz (SOD), Katalaz (CAT), Glutasyon Redüktaz (GR), Glutasyon S-transferaz (GST) enzimleri ölçülmüştür.

4.9.1. Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi

Birinci yıla ait katalaz enziminin zamansal değişimleri Şekil 4.16' da verilmiştir. 2018 yılına ait katalaz enzim aktivite değerleri Şekil 4.16'da incelendiğinde; tüm konularda enzimsel aktivite değerlerinin başlangıçta birbirine yakın değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bundan sonraki iki ölçümde tüm konularda daha az değerlerde aktivite ölçülmüş ve sonraki ölçümlerde konulara göre farklı boyutlarda artarak devam etmiştir. Son ölçümde ise enzimsel aktivite değeri azalmıştır. Taban suyu tuzluluğu konularına göre enzimsel aktivite değerleri incelendiğinde D1 ve D2 konularındaki tuz uygulamalarında, konular arasında farklılığın daha fazla olduğu görülmektedir. Enzimsel aktivite değerlerinin çoğunlukla her tuzluluk konusunda bir pik değere ulaştıktan sonra tekrar azalmaya gösterdiği belirlenmiştir. Bunun nedeni ise bitkilerin stres şartlarına karşı dayanabileceği bir nokta olmasıdır. Stres şartlarının artarak devam etmesi durumunda ise bitkinin strese karşı vereceği tepki azalacak ve enzim aktivite değerleri düşüş gösterecektir. Bu durum bitkilerin stres şartlarına karşı dayanımının belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Çalışmada özellikle taban suyunun 8 dSm⁻¹ tuzluluğa sahip olduğu konularda toprak tuzluluğunun giderek artması nedeniyle bitkilerin maruz kaldığı stres şartları artış göstermiştir. En yüksek aktivite değerleri D1 konularından elde edilmiştir.



Şekil 4.16 2018 yılı katalaz enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

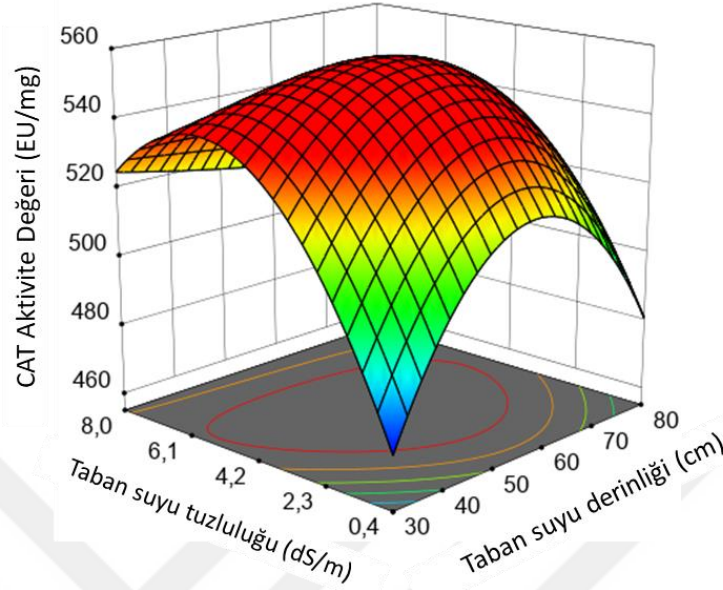


Şekil 4.17. 2019 yılı katalaz enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Denemenin 2. yılındaki katalaz ölçümlerine ait zamansal değişimler Şekil 4.17’ de verilmiştir. Tüm konulardaki katalaz değerlerinin 13.03.2019 tarihinde yapılan ölçüme kadar çok fazla değişim göstermediği, bu tarihten sonra ise artış gösterdiği görülmektedir. Bu durumun stres şartlarının ve sıcaklığın artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Denemenin son ölçümünde ise değerlerde tekrar bir azalma olduğu

tespit edilmiştir. Şekil 4.17 incelendiğinde; konulara göre enzimsel aktivite değerlerinin pik yaptığı tarihlerin farklı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise konulardaki stres şartlarının farklı tarihlerde oluşmuş olması düşünülmektedir. Aktivite değeri pik yaptıktan sonra azalmaya başlamıştır. Pik yaptığı andaki tuzluluk durumu bitkinin dayanım sınırının göstergesi olabileceği düşünülmektedir. Taban suyu tuzluluğu ile bitkilerdeki enzimsel aktiviteler arasındaki ilişkiler ile ilgili literatürde yapılmış çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle tuzluluk veya kuraklığın enzim aktivitesi üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Benzer sonuçlar, Srivastava ve Shahi (2018) yılında yaptıkları çalışmadan da elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada 4 farklı sulama suyu tuzluluğunun buğdaydaki katalaz ve SOD enzimlerinin zamansal değişimi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çalışma süresi toplam 60 gün sürmüş ve 5 farklı zamanda örnek alınmıştır. Deneme başlangıcında aktivite değerleri düşük olmuş ve zamanla artış göstermiş sonra tekrar azalmıştır. En yüksek aktivite değeri denemenin 40. Günde ve 200 mM lık tuzluluk konusunda olmuş ve bu tarihten sonra aktivite değeri azalmıştır. Kontrol konusunda ve 300 mM lık tuz konusundaki aktivite değerleri daha düşük olmuştur. Her iki yılda elde edilen değerler karşılaştırıldığında hem taban suyu derinliği hem de taban suyu tuzluluğuna göre katalaz enzim aktivelerindeki farklılıklar, konularına göre lizimetrelerde gerçekleşen zamansal taban suyuna bağlı bitki kök bölgesindeki tuz birikimi, elverişli nem düzeyi, alınan örneğin yaşı ve gelişime durumuna bağlı olarak enzim aktivitelerinde farklılık olmasına neden olduğu söylenebilir. Munns ve Tester (2008) tuzlu koşullarda bitkilerdeki antioksidan enzim aktivitelerinin değişimi, bitkinin tuz toleransına, bitki türü-çeşidine, stres düzeyine bağlı olarak değişim gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Mohamed vd., (2017) tuzluluğun buğdaydaki katalaz enzim aktivitesine olan etkilerini belirlemek için kontrol ve 150 mM NaCl'li su ile sulama yapmışlardır. Çalışma sonucunda tuzluluk ile birlikte oluşan stres sonucunda katalaz aktivitesinin arttığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte, Yekbun ve Kabay (2019) kuraklığın domates bitkisinde katalaz ve SOD enzimlerindeki aktivite değerinde artışa neden olduğunu belirlemişlerdir. Feki vd. (2017) 2 farklı buğday çeşidinde yaptıkları çalışmada tuzluluğun artışının bitkilerdeki CAT ve SOD enzimlerinin aktivitesinde artışa neden olduğunu, bununla birlikte enzim aktivite değeri yüksek olan çeşidin ise tuzluluğa karşı daha toleranslı olacağını belirlemişlerdir.

Şekil 4.18’de katalaz enzimi, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği arasındaki ilişkiler regresyon analizi yardımıyla 3 boyutlu grafik ile gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Buğday bitkisinin yaprak katalaz enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler

Tablo 4.22. CAT enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları

Bağımsız değişkenler	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	P-değeri	R ²
Etkileşim sabitesi	271.47	4.03	***	
TSD	8.51	1.49	***	
TST	54.41	2.80	***	
TSD×TST	-1.12	1.91	***	
TSD ²	0.07	3.19	***	
TST ²	-2.63	3.33	***	
TSD ² ×TST	0.009	3.38	***	
Model		1.26	***	0.92

***: $p < 0.0001$. TSD: Taban suyu derinliği, TST: Taban suyu tuzluluğu’nu ifade etmektedir.

Parametreler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda katalaz enzimi ile taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkinin derecesi (R^2) 0.92 ($p < 0.0001$) olarak tespit edilmiş ve denkleme ait regresyon katsayıları Tablo 4.22’de verilmiştir. Grafiğe göre; katalaz enzimi taban suyu derinliği ve tuzluluğu arasında parabolik bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Buna göre ise; taban suyu derinliği arttıkça buğday bitkisinin katalaz enzimi pik noktasına ulaşip daha sonra azalış göstermektedir. Benzer durum ise, taban suyu tuzluluğu koşulları için de benzer seyir izlemiştir. Elde edilen regresyon analizi sonucunda; en yüksek katalaz enzim değeri 556.89 EU/mg ile taban suyu derinliğinin 56 cm ve taban suyu tuzluluğunun 4.12 dS m⁻¹ olduğu koşullarda belirlenmiştir. En düşük katalaz enzim aktivite değeri

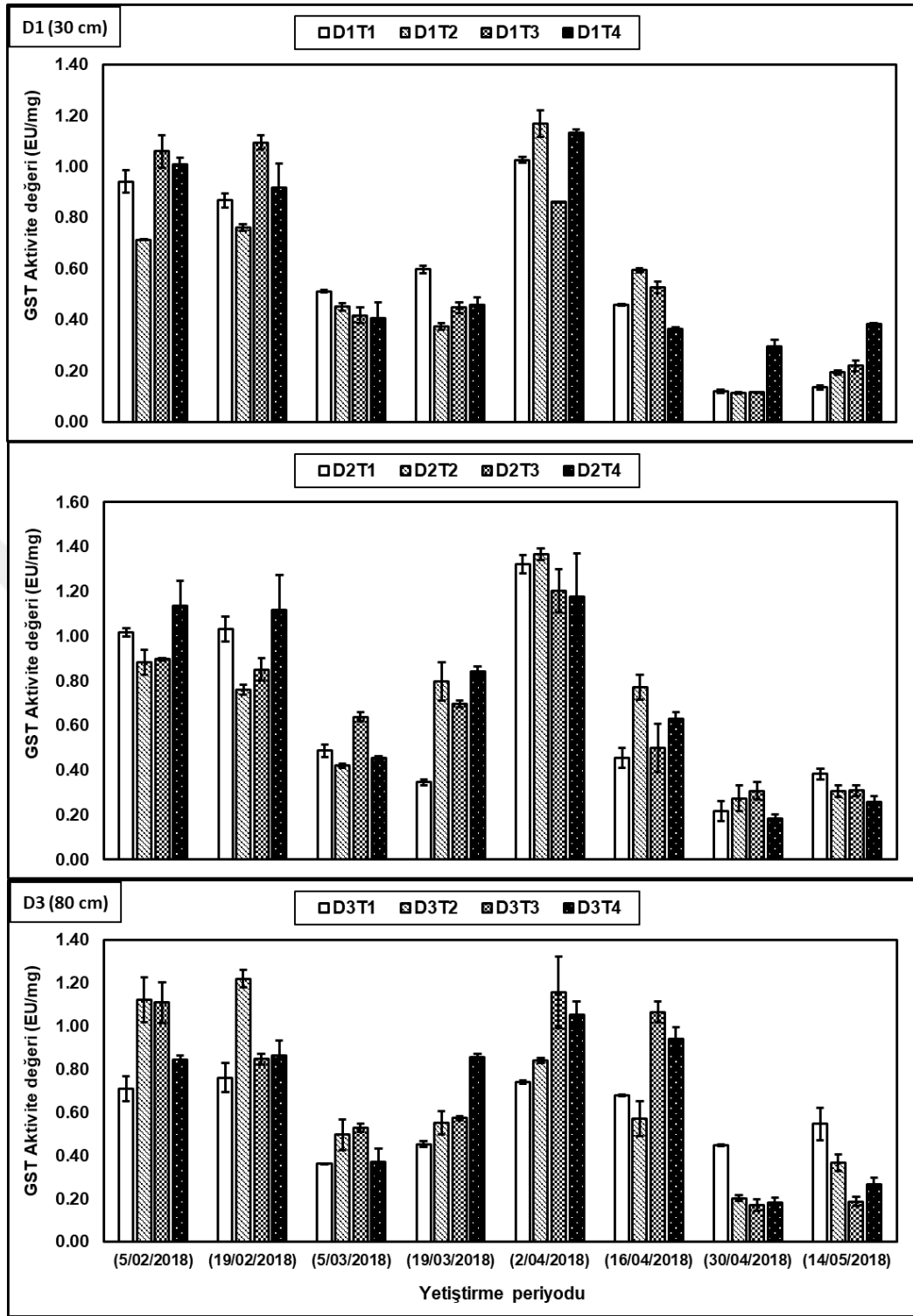
ise 470.14 EU/mg ile taban suyu derinliği ve tuzluluğunun sırasıyla 30 cm ve 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullardan bulunmuştur. Elde edilen eşitliğe göre ise, taban suyu derinliği ve tuzluluğunun regresyon katsayıları incelendiğinde, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliğinde bir birimlik artış katalaz enziminde sırasıyla 54.41 ve 8.51 birimlik artış sağlamaktadır. Buna göre ise, taban suyu tuzluluğunun katalaz enzimi üzerine etkisinin taban suyu derinliğine göre daha ylıksek olduğunu ifade etmektedir. Elde edilen sonuqlara göre, buğday bitkisi iwin katalaz enzimi taban suyu tuzluluğu eşik değerı 4.12 dS m⁻¹ olarak tespit edilmiş ve bu değerden sonra tuzluluk arttıka buğday bitkinin maruz kaldığı strese karşı direncinin azalacağını ifade etmektedir.

4.9.2. Glutasyon S-transferaz (GST) Enzim Aktivitesi

2018 ve 2019 yıllarına ait GST enziminin konulara göre zamansal değerini şekil 4.19’da ve şekil 4.20’de verilmiştir.

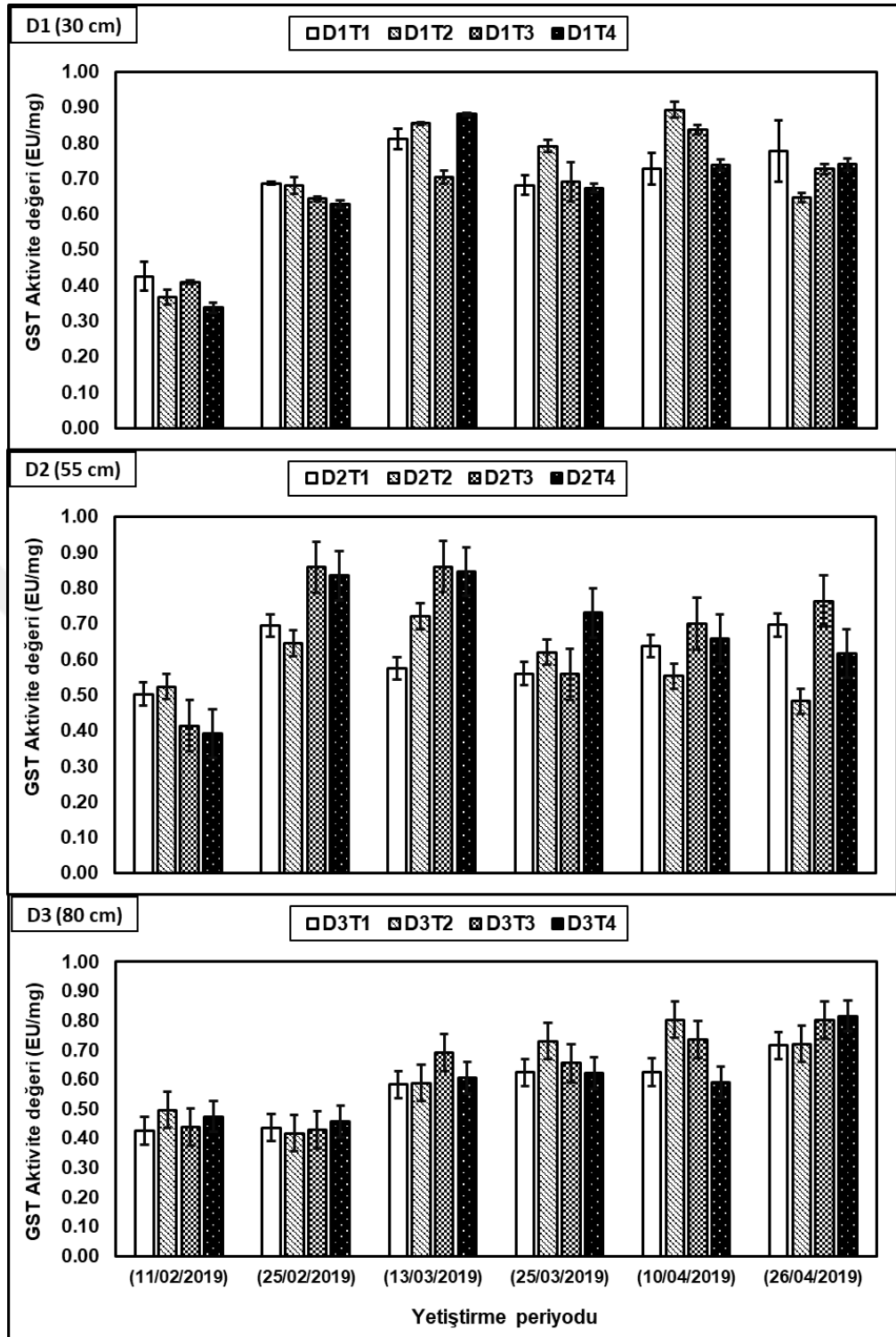
2018 yılında, enzim değerlerinin tüm konularda ilk ölçümden sonra azalış göstermiş ve 20.04.2018 tarihinde ise tüm konularda en ylıksek değerlere ulaşmıştır. Bu tarihten sonra aktivite değerleri tekrar azalma göstermiştir. Konulara göre GST enzim aktivite değerleri incelendiğinde en ylıksek aktivite değerı 02.04.2018 tarihinde 1.42 EU/mg ile D2×T2 konusunda ve en düşük aktivite değerı ise D1×T1 konusunda 30.04.2018 tarihinde 0.12 EU/mg olarak ölçölmüştür. GST enzim değerlerinin tuzluluk ile birlikte artış gösterdiği belirlenmiştir.

GST enzim aktivitesinin 2019 yılına ait zamansal değerini şekil 4.20’ de verilmiştir. şekil incelendiğinde ilk dönemlerde tüm konulardaki enzim aktivite değerlerinin düşük olduğu ve zaman iwerisinde enzim aktivite değerlerinde artış gösterdiği görölmektedir. D1 konularındaki aktivite değerlerinin tüm dönem boyunca daha ylıksek değerlerde olduğu görölmüştür. Bunun nedeninin ise bu konudaki tuzluluk stresinin daha ylıksek olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir. D1 konusunda en ylıksek aktivite ölçümü 13.03.2019 tarihinde T4 konusunda ölçölmüş, bu tarihten sonra ise bu konuda aktivite değerı azalış göstermiştir. Bu tarihten sonra ise T3 konusunda aktivite değerinde artış görölmeye başlamıştır. D2 konularında ise en ylıksek aktivite değerı T3 ve T4 konularında 25.02.2019 ve 13.03.2019 tarihlerinde ölçölmüş ve bu tarihten sonra aktivite değerı azalış göstermiştir.



Şekil 4.19. 2018 yılı GST enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Şekil 4.19 grafikleri incelendiğinde, GST enzimi TI konularında daha düşük seyir izlemiştir. Ancak, taban suyu tuzluluğu arttıkça GST enzim değeri artış göstermiştir. Grafiklerde, konulara göre GST enziminde meydana gelen dalgalanmalar, bitkilerin gelişme durumu ve tuz stresine maruz kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir.



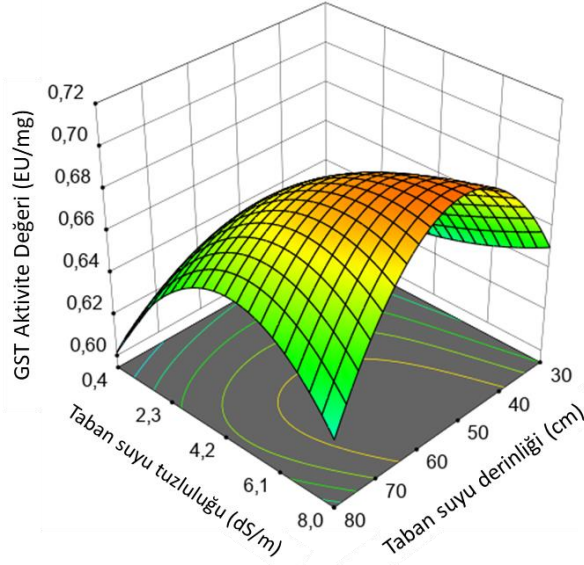
Şekil 4.20. 2019 yılı GST enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Şekil 4.20 incelendiğinde, GST enzimi 30 ve 55 cm taban suyu derinliklerinde sapa kalkma dönemine doğru pik düzeye ulaşmış ve fizyolojik olum dönemine doğru azalış göstermiştir. 80 cm taban suyu derinliğinde ise, GST enzim değeri fizyolojik olum döneminde artış göstermiştir. Elde edilen bu farklılığın, farklı taban suyu derinliğine göre toprakta oluşan tuzlulaşmadan kaynaklandığı söylenebilir. Bir başka

ifade ile, GST enzimi, 30 ve 55 cm taban suyu derinliği koşullarında 13.03.2019 tarihinde pik düzeye ulaşırken, 80 cm taban suyu derinliğinde ise 26.04.2019 tarihinde pik düzeye ulaşmıştır. Elde edilen bu durum, taban suyunun 30 cm derinlikte ve tuzlu olduğu koşullarda buğday bitkisinin tuz stresine sapa kalkma döneminde maruz kalmasına neden olduğunu göstermektedir. Ancak, 55 cm taban suyu derinliği ve 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunun olduğu koşullarda, GST enzimi yetiştirme periyodu boyunca aşırı derecede değişim göstermemiştir. Bu durum ise, buğday bitkisinin taban suyunun 55 cm derinlikte ve 0.38 dS m⁻¹ tuzluluğu koşullarında toleranslı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen veriler irdelendiğinde, taban suyu derinliğine göre GST enziminin tepkisi yıllara göre farklılık göstermiştir. Bunun nedeni ise, enzim aktivitesinin zamansal olarak nasıl değişim göstereceği net olarak bilinmemektedir. Çünkü, yapraklardaki enzim molekülleri, yetiştirme koşullarına, ortam sıcaklığına, stres koşullarına bağlı olarak farklı tepkiler vermektedir. Taban suyu tuzluluğuna göre, her iki yılda GST enzimi taban suyunun tuz içeriği artması ile birlikte artış göstermiş ve en yüksek değerler 4 ve 8 dS m⁻¹ koşullarında gerçekleşmiştir. Bir başka ifade ile, taban suyu tuzluluğunun toprak profilinde oluşturduğu toprak tuzluluğu GST enzimini önemli derecede etkilemiştir. Çünkü, GST enzimi aktivite değeri pik değere ulaştıktan sonra tekrar azalış göstermiştir. GST enzim aktivite değerinin toprak tuzluluğundan etkilendiği ve pik yaptığı değerlerin tuzluluğa dayanım sınırı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Temizgül vd. (2016) sorgumun tuzluluk şartlarında enzim aktivitesinin değişimini incelemişler ve GST enzim aktivitesinin 100 mM tuzluluğa kadar arttığı, bu değerden sonra ise azaldığını belirlemişlerdir. Sharma vd. (2014) tuzluluğun çeltik bitkisine etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada tuzluluk stresi altında GST enzimin artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürler ile benzerlik göstermektedir.

Şekil 4.21’de GST enzimi, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği arasındaki ilişkiler regresyon analizi yardımıyla 3 boyutlu grafik ile gösterilmiştir. Elde edilen regresyon eşitliği istatistiksel olarak $p < 0.0001$ önemlilik düzeyinde olduğu ve elde edilen denklemin kararlılık katsayısı 0.81 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.21. Buğday bitkisinin yaprak GST enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler

Tablo 4.23. GST enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları

Bağımsız değişkenler	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	P-değeri	R ²
Kesişim sabitesi	0.452	0.0058	***	
TSD	0.008	0.0052	***	
TST	0.0004	0.0058	***	
TSD ²	-0.00007	0.0056	***	
TST ²	0.001	0.0060	***	
TSD ² ×TST	4E-06	0.0072	***	
TSD×TST ²	-0.000043	0.0072	***	
Model		0.0025	***	0.81

***: $p < 0.0001$. TSD: Taban suyu derinliği, TST: Taban suyu tuzluluğu'nu ifade etmektedir.

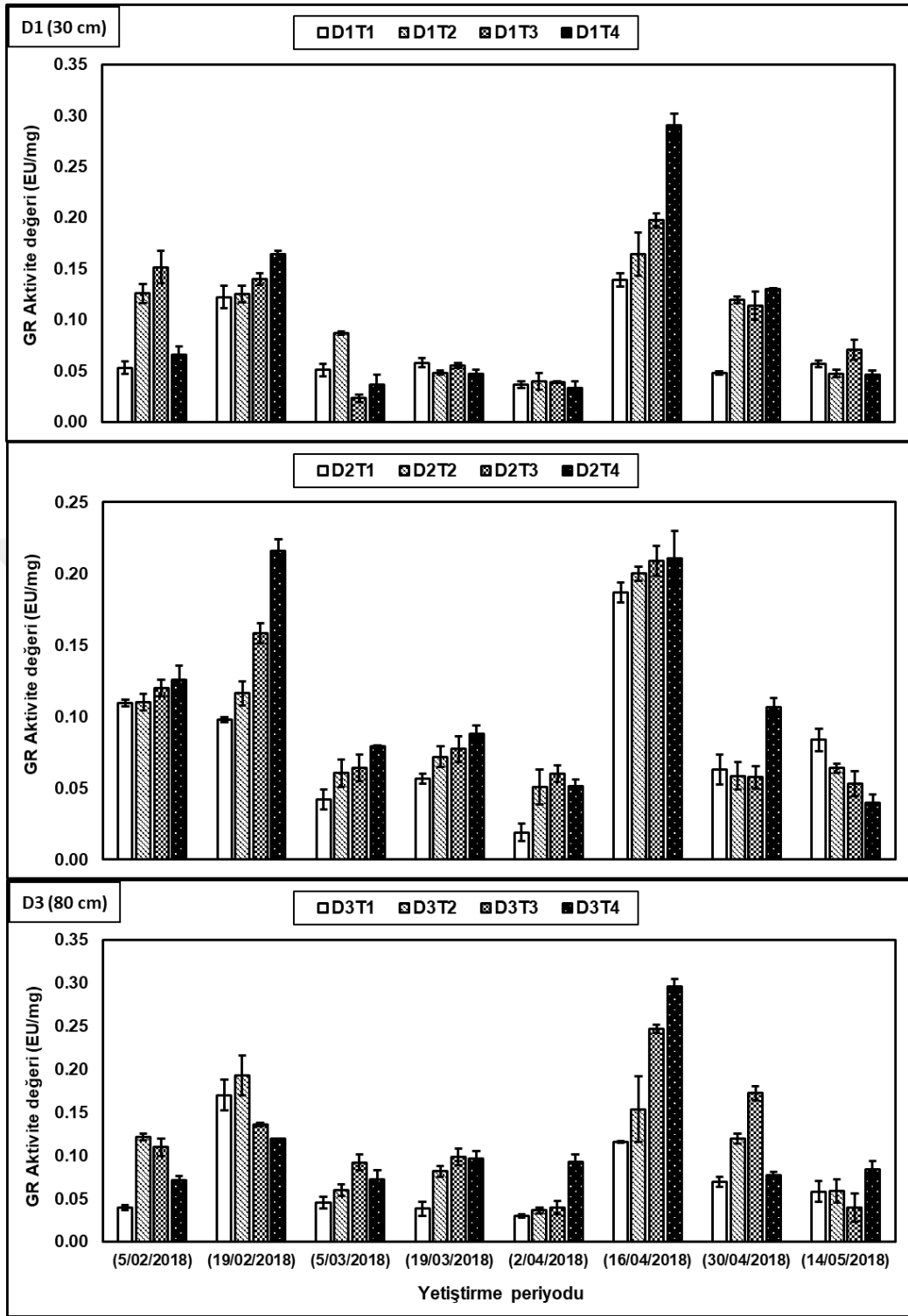
Şekil 4.21'de görüldüğü gibi hem taban suyu derinliği hem de taban suyu tuzluluğu koşullarında GST enzimi belli bir değerde pik düzeye ulaşmış ve daha sonra azalmıştır. Elde edilen denkleme göre, GST enziminin en yüksek aktivite değeri (0.70 EU/mg); taban suyu derinliğinin 53 cm ve taban suyu tuzluluğunun 7.95 dS m⁻¹ olduğu koşullarda elde edilmiştir. GST enziminin aktivite değerinin en düşük (0.60 EU/mg) olduğu koşullar ise, taban suyu derinliğinin 80 cm ve taban suyu tuzluluğunun 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullardan saptanmıştır. Elde edilen değerler, buğday bitkisinde GST enziminin maksimum dayanım sınırının 53 cm taban suyu derinliği ve 7.95 dS m⁻¹ olduğu koşullarda gerçekleşmiştir. Taban suyu derinliğine göre, taban suyu tuz içeriği arttıkça GST enziminin aktivite değeri farklılık göstermektedir. Buna göre; taban suyu derinliğinin 80 cm ve taban suyu tuzluluğunun 4.34 dS m⁻¹ olduğu koşullarda GST enziminin aktivite değeri 0.66 EU/mg olarak bulunmuştur. Ancak, taban suyu derinliğinin 43 cm ve taban suyu tuzluluğunun 6.92 dS m⁻¹ olduğu koşullarda GST

enziminin aktivite değeri 0.69 EU/mg olarak belirlenmiştir. Bu durum ise, tuzlu taban suyu seviyesi toprak yüzeyine doğru yaklaştıkça bitkinin aşırı düzeyde reaktif oksijen türlerinin stresine maruz kaldığını ifade etmektedir. Taban suyunun 80 cm derinlikte ve tuzsuz olması GST enziminin aktivite değerinin düşük olmasına yani buğday bitkisinin strese maruz kalmadan gelişim gösterebildiğini ifade etmektedir. Taban suyu derinliği 80 cm olduğu koşullarda buğday yapraklarında GST enzimi değerinin tuzluluğa karşı dayanım sınırı 4.34 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir. Literatür incelendiğinde, buğday bitkisinin GST enzim değerlerinin taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliğine göre optimum olduğu koşullar ile ilgili çalışma yapılmamıştır.

4.9.3. Glutasyon Redüktaz (GR) Enzim Aktivitesi

Enzim ölçümlerine 05.02.2018 tarihinde başlanılmış olup, 14.05.2018 tarihine kadar devam edilmiştir. Denemenin ikinci yılında bitkilerde GR enzim aktivite ölçümlerine 11.02.2019 tarihinde başlanılmış olup, 26.04.2019 tarihine kadar ölçümlere devam edilmiştir. Enzimsel aktivite değerleri bitkilerdeki yeşil yapraklarda ölçülmesi gerektiğinden, bu tarihten sonra yapraklar sararmaya başladığından enzimsel aktivite değerleri ölçülememiştir. GR enzim aktivitesinin 2018 ve 2019 yıllarına ait zamansal değişimleri Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’de verilmiştir.

Bitkilerde tuzluluk, kuraklık, sıcaklık veya bitkinin fizyolojik dönemine bağlı olarak enzimsel aktivite değeri değişim gösterebilmektedir. GR enzimi, toleranslı genotiplerin tuz, kuraklık ve soğuk stresine karşı bitkilerin savunma mekanizmasında etkin rol olarak kloroplast ve mitokondride hidrojen peroksidin suya indirgenmesini sağlar ve bitkilere strese karşı toleranslı olmalarını sağlar (Scandalis, 1993; Kuşvuran vd., 2013).

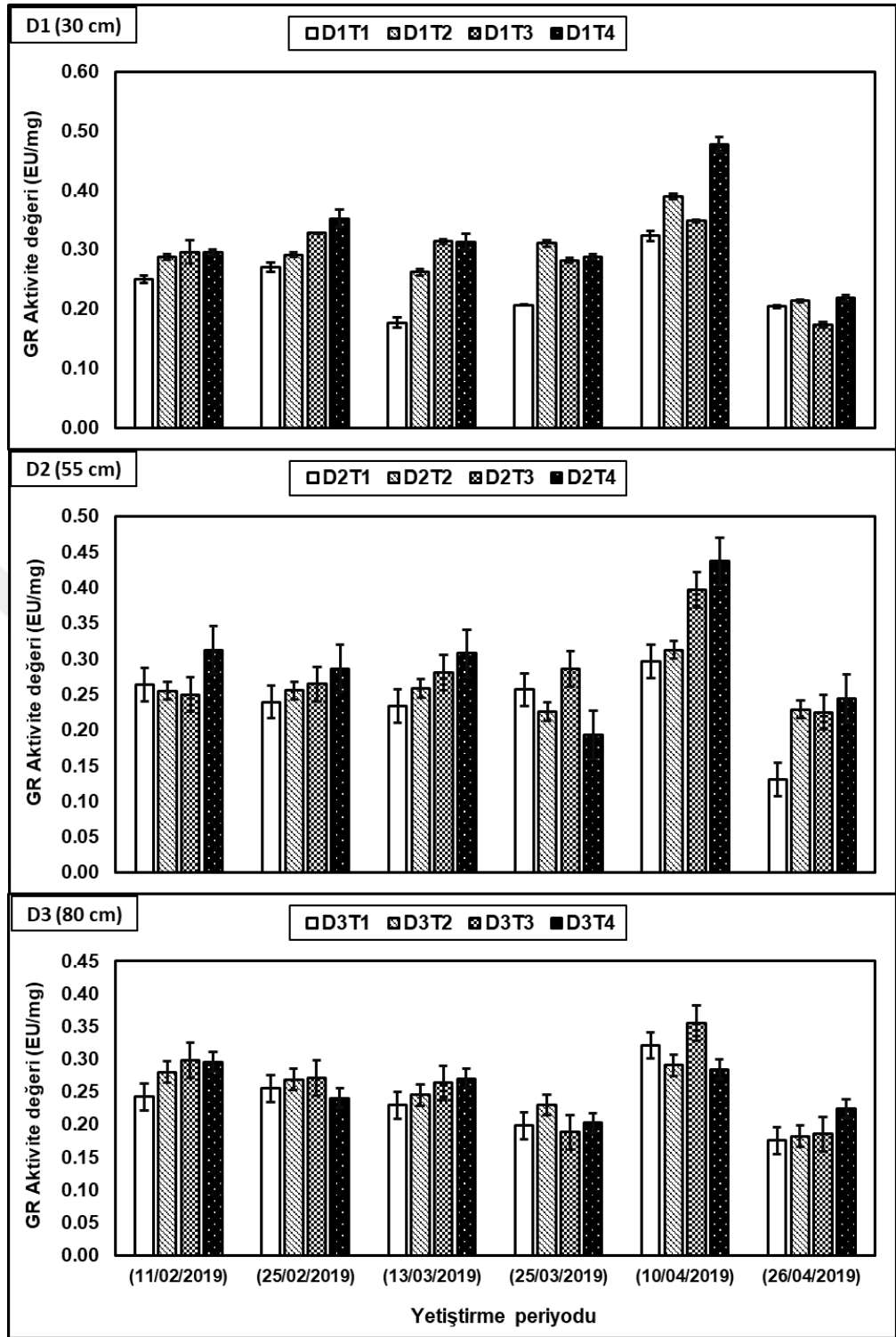


Şekil 4.22. 2018 yılı GR enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Şekil 4.22’de grafik incelendiğinde, GR enzim aktivite değeri stres ile birlikte artış göstermekte ancak, stres şartlarının devam etmesi durumunda ise aktivite değeri tekrar düşüşe geçmektedir. 16.04.2018 tarihinde yapılan ölçümlerde tüm konulardaki enzimsel aktivite değerlerinde artış olmuş ve bu tarihten sonra ise tekrar düşüşe

geçmiştir. Elde edilen değerler irdelendiğinde, enzim aktiviteleri taban suyu derinliğine ve taban suyu tuz içeriğine göre farklılıklar göstermiştir. 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliği için, en yüksek GR enzim aktivite değerleri sırasıyla 0.14, 0.22 ve 0.30 EU/mg ile T4 konularından saptanmıştır. Özellikle, kardeşlenme döneminde, taban suyunun oluşturulması ile, bitkilerin tuz stresine karşı tepkileri farklılaşmış ve en düşük GR enzim aktivite değerleri 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunda elde edilmiştir. Çalışma periyodu boyunca en yüksek GR enzim aktivite değeri 0.30 EU/mg ile D3×T4 konusundan elde edilmiştir. Brown ve Poon (2016)'da her enzimin stres faktörlerine bağlı olarak belli bir düzeye kadar dayanım sınırı olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer durum ise Jaleel vd. (2009b) ve Bhatnagar-Mathur vd. (2008) tarafından da belirtilmiştir. Taban suyunun 30 cm olduğu koşullarda, GR enzim aktivitesinin zamansal seyri 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerine göre daha az düzeyde gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise, taban suyunun tuzlu ve sık olduğu koşullarda toprak tuzluluğunun artması, bitkilerde strese bağlı savunma mekanizmasının artmasına neden oluşturmuştur. Ancak, bu artış fizyolojik olum döneminde doğru toprak profilinde tuzluluğun artması ve bitkilerin olgunlaşmasıyla GR enzimi aktivite değerinde azalışlara neden olmuştur.

Denemenin ikinci yılında bitkilerde enzimsel aktivite ölçümlerine 11.02.2019 tarihinde başlanılmış olup, 26.04.2019 tarihine kadar ölçümlere devam edilmiştir (Şekil 4.23). Şekil 4.23 incelendiğinde konular arasındaki GR değerleri arasında zamansal olarak farklılıklar olduğu görülmektedir. D1 konularındaki GR değerleri diğer taban suyu derinliklerine göre daha yüksek olmuştur. Ölçüm dönemi süresince taban suyu derinliğinin az olduğu D1 ve D2 konularında tuzluluk arttıkça GR enzim aktivite değerinin arttığı, bununla birlikte D3 konularında ise çok fazla farklılık olmadığı belirlenmiştir. Zamansal olarak en yüksek aktivite değeri 0.48 EU/mg ile D1×T4 konusunda 10.04.2019 tarihinde gerçekleşmiştir. İlk yılda elde edilen sonuç gibi ikinci yıl da zamansal olarak en düşük GR enzim aktivite değeri T1 konularında gerçekleşmiştir.

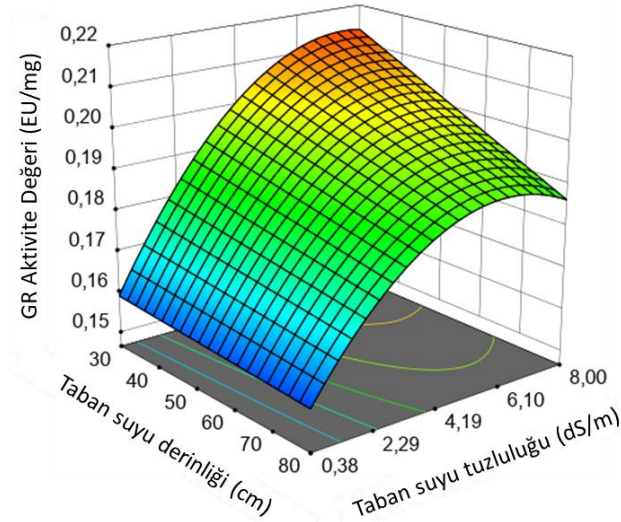


Şekil 4.23. 2019 yılı GR enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Her iki yılda elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, 2019 yılında GR enzim aktivite değeri 2018 yılına göre daha yüksek düzeyde seyir izlemiştir. Bu durum iki olgu ile açıklanabilir; birincisi, ikinci yılın toprak tuzluluğu değerleri ilk yıla kıyasla daha düşük olması bitkilerin tüm taban suyu koşullarında stres faktörlerine karşı daha çok dirençli olmasına, ikinci olgu ise; 2019 yılının 2018 yılına kıyasla iklim koşullarının

daha serin olması GR enziminin artışına neden olduğu düşünülmektedir. Bir başka ifade ile, serin iklim koşullarında bitkilerin stres protein seviyelerinin daha çok artmasına neden olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar Turk vd. (2014)'te yaptıkları çalışmada elde etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, 14 günlük soğuk stresine ve normal koşullara maruz kalan buğday fidelerinin antioksidan enzim değişimleri incelenmiş ve çalışmada soğuk stresine maruz kalan bitkilerin GR enzim aktivite değeri ($13.559 \text{ EU mg}^{-1}$) normal şartlarda yetiştirilen bitkilerden GR enziminin aktivite değerinden ($12.088 \text{ EU mg}^{-1}$) daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Türkan vd. (2013) iki farklı sinir otu çeşidinin tuzlu ve sığ taban suyu koşullarının GR enziminin aktivite değeri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, en yüksek GR aktivite değerini tuzlu ve sığ taban suyu ($<30 \text{ cm}$) koşullarında olduğunu tespit etmişlerdir. Hossain vd. (2009) ise, yüzlek taban suyu bitki dokularında reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikmesine yol açarak bitkilerin fotosentez sisteminde bozulmalara neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, sığ taban suyu stresi bitki gelişimini arttırmayarak, aksine oksidatif stresi artırarak bitki fizyolojik sorunlarının oluşmasını hızlandırdığını tespit etmişlerdir. Sığ taban suyu koşullarında GR enziminin artışı ile ilgili bilgiler güvercin bezelyesi için Bansal ve Srivastava (2012), mısır çeşitleri için Chugh vd. (2016) tarafından rapor edilmiştir. Ayrıca, tuzluluk koşullarında GR enziminin aktivite değerindeki artış ile ilgili bilgiler nohut bitkisi için Kumari vd. (2017) tarafından rapor edilmiştir. Duhan vd. (2017) ise, sığ ve tuzlu taban suyu koşullarında GR enziminin aktivite değerindeki önemli derecedeki artışın nedeni sığ taban suyundan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Çalışmamız da elde edilen bulgular, bir önceki araştırmacıların rapor ettikleri bilgiler ile benzerlik göstermektedir. Taban suyu derinliğinin 30 cm olduğu koşullarda enzim aktivite değerlerinin 55 ve 80 cm taban suyu derinliğine göre daha yüksek seviyede gerçekleşmesi 30 cm koşullarında bitkilerin tuzluluk stresine daha çok maruz kalması ile açıklanabilir.

Yapılan regresyon analizi sonucunda buğday bitkilerinin GR enzim aktivite değeri ile taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişki 3 boyutlu model ile Şekil 4.24'te gösterilmiş ve regresyon analizine ait denklem Tablo 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Buğday bitkisinin yaprak GR enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler

Tablo 4.24. GR enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları

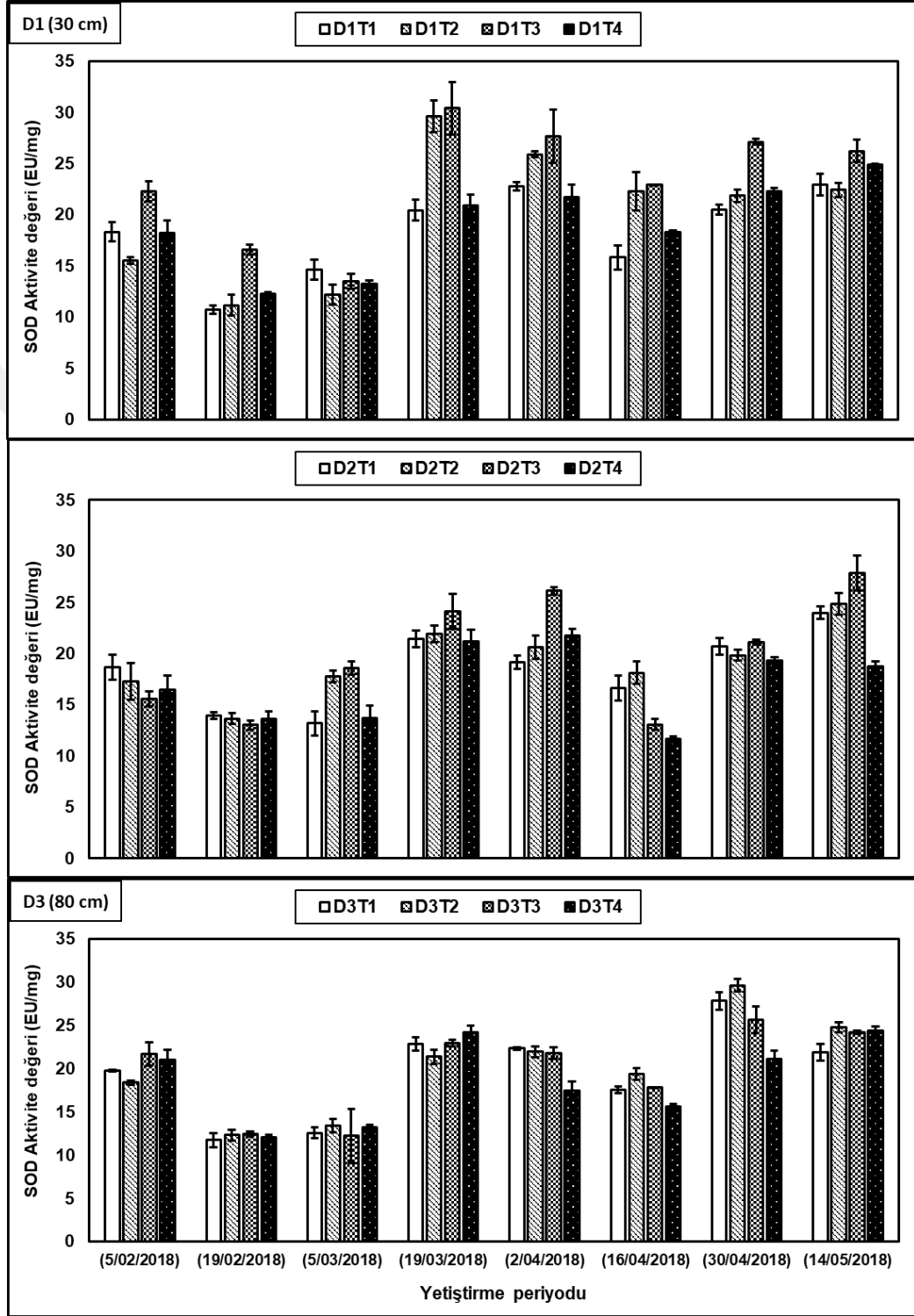
Bağımsız değişkenler	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	P-değeri	R ²
Kesişim sabitesi	0.154	0.0019	***	
TSD	-0.000033	0.0014	***	
TST	0.0182	0.0015	***	
TSD×TST	-0.000063	0.0018	***	
TST ²	0.0001	0.0026	***	
Model		0.0001	***	0.89

***: $p < 0.0001$. TSD: Taban suyu derinliği, TST: Taban suyu tuzluluğu'nu ifade etmektedir.

Şekil 4.24 grafiği incelendiğinde, GR enzimi taban suyu tuzluluğundan önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Taban suyu tuzluluğunun 2.70 dS m^{-1} 'e kadar olduğu koşullarda ve 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinde GR enzimi önemli derecede azalış göstermemiştir. Bu değerden sonra ise, taban suyu tuzluluğu ve derinliği artması ile birlikte GR enziminin aktivite değeri azalmıştır. Elde edilen grafiğe göre; en yüksek GR aktivite değeri (0.22 EU/mg) taban suyu derinliğinin 30 cm ve taban suyu tuzluluğunun 7.60 dS m^{-1} olduğu koşullardan belirlenmiştir. En düşük GR aktivite değeri (0.156 EU/mg) ise; taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu ve taban suyu tuzluluğunun 0.38 dS m^{-1} olduğu koşullardan saptanmıştır. GR enzimi aktivite değeri, taban suyu derinliğinin 55 ve 80 cm ve sırasıyla taban suyu tuzluluğunun 6.97 dS m^{-1} ve 6.21 dS m^{-1} olduğu koşullara kadar artış göstermektedir. Bu tuzluluk değerlerinden sonra taban suyu tuzluluğu arttıkça, GR enziminin aktivite değeri azalmaktadır. Elde edilen bu bulgular, buğday bitkisinin taban suyunun 30 cm derinlikte ve tuzlu olduğu koşullarda yetiştirildiğinde GR enziminin tuz stresine karşı bitkilerin direncini arttıran önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

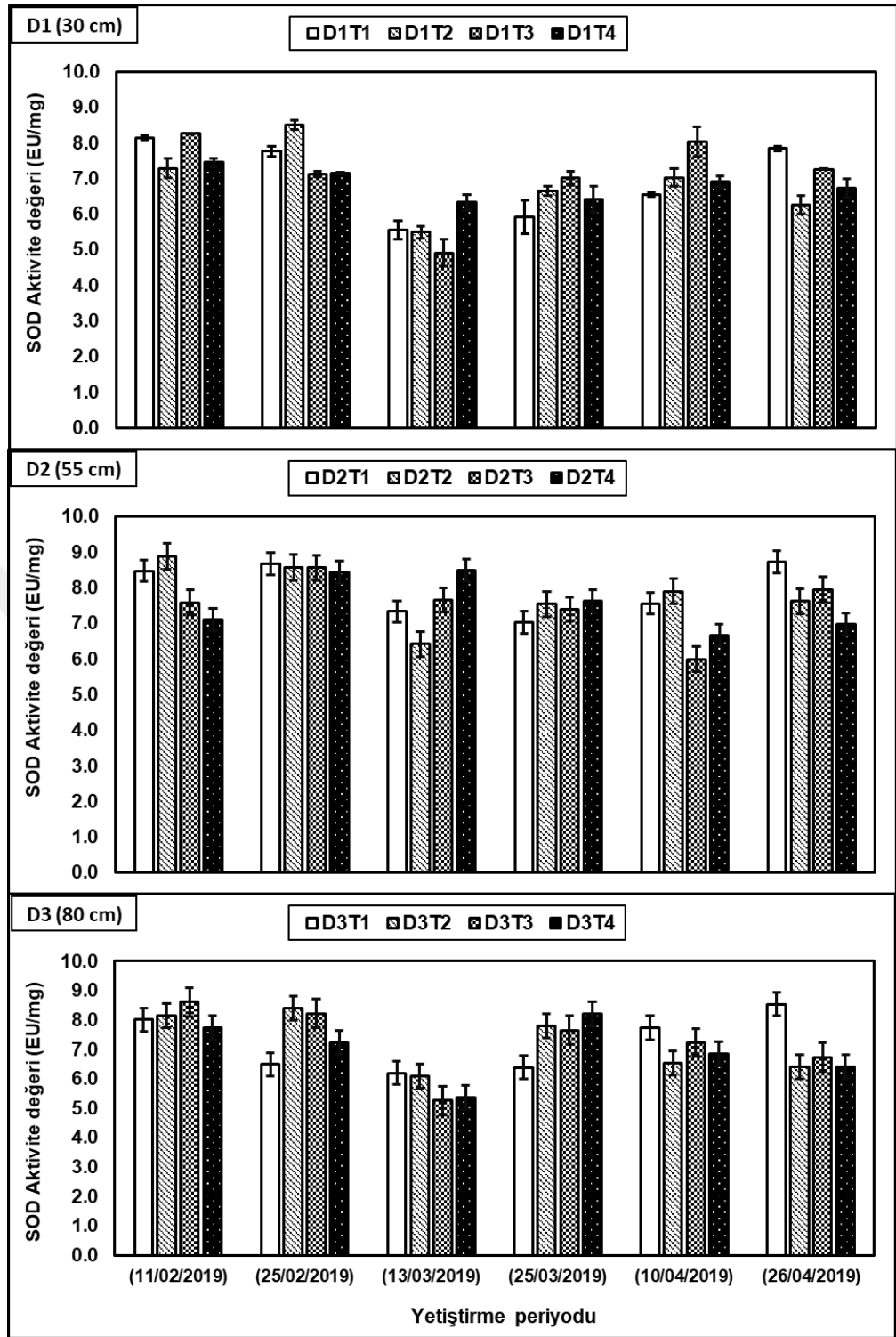
4.9.4. Superoksit Dismutaz (SOD) Enzim Aktivitesi

Denemenin 2018 yılına ait SOD enziminin aktivite değerlerinin zamansal değişimleri Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25. 2018 yılı SOD enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Şekil 4.25 incelendiğinde enzim değerlerinin 05.03.2018 tarihinden sonra giderek arttığı görülmektedir. Bu artış üzerine stres şartlarının etki ettiği düşünülmektedir. Taban suyu tuzluluğuna göre SOD enzimi aktivite değeri zaman içerisinde değişiklik göstermiştir. Taban suyunun derinliği ve taban suyu tuzluluğu kombinasyonuna göre de farklılık göstermiştir. Taban suyunun 30 ve 55 cm olduğu koşullarda, SOD enzimi taban suyu tuzluluğunun 4.0 dS m^{-1} olduğu seviyeye kadar artış göstermiş ve daha sonra azalmıştır. Ancak, taban suyunun 80 cm olduğu koşulda ise, taban suyu tuzluluğu arttıkça konular arasında önemli derecede farklılıklar oluşmamıştır. Tüm konular göz önünde bulundurulduğunda, SOD enzimi aktivite değerleri 10.8 ile 30.4 EU/mg arasında değişim göstermiş ve 2018 yılında ortalama SOD enzimi değeri 19.5 EU/mg olarak bulunmuştur. Zamansal olarak SOD aktivite değerleri bazı dönemlerde hep birlikte yükseliş veya düşüş göstermiştir. Bunun nedeni ise bitkilerin fizyolojik büyüme dönemlerine, tuz ve oksidatif streslere, analiz edilen örneğin yaşı, bitkilerin gelişme durumundan dolayı kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.26. 2019 yılı SOD enzim aktivitesinin konulara göre zamansal değişimi

Denemenin 2019 yılına ait SOD değerlerinin konulara göre zamansal değişimleri Şekil 4.26’ da verilmiştir. Şekil incelendiğinde aktivite değerlerinin zaman içerisinde konulara göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Tüm konular göz önünde bulundurulduğunda, SOD enzimi aktivite değerleri 4.9 ile 8.9 EU/mg arasında değişim göstermiş ve 2018 yılında ortalama SOD enzimi değeri 7.3 EU/mg olarak

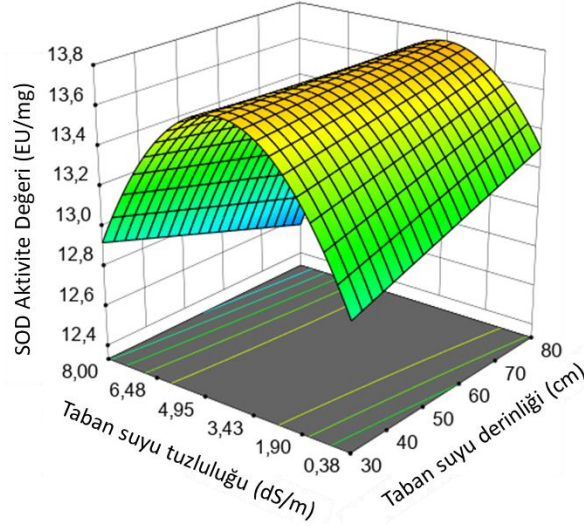
bulunmuştur. Farklı tuzluluk konularındaki en yüksek aktivite değerlerinin farklı tarihlerde ölçüldüğü ve bu tarihten sonra ise söz konusu konudaki aktivite değerinde azalma olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise ölçüm yapılan konudaki stres şartlarının farklı zamanlarda oluşması ve bitkinin bu duruma karşı vermiş olduğu tepkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Büyük vd. (2012) göre, SOD enziminin aktivite değerindeki artışların biyotik ve abiyotik strese bağlı meydana gelen oksidatif stresle başa çıkmak ve bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Kaplan vd. (2016) yürüttüğü çalışmada, 0, 50, 100, 150, 200 ppm tuz uygulamalarının farklı sorgum genotiplerinin antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, BTx623 sorgum genotipinin köklerindeki en yüksek SOD enzim aktivite değerini (5.827) 100 ppm tuz uygulamasından, en düşük SOD enzim aktivite değerini (3.321) 0 ppm tuz uygulamasından elde etmişlerdir. Aynı çalışmada, sulama suyu tuzluluğu arttıkça yaprak SOD enziminin aktivite değeri artmıştır ve BTx623 sorgum genotipine ait en yüksek yaprak SOD enzim aktivite değerini (5.912) 200 ppm tuz uygulamasından elde etmişlerdir. Çalışmada, sorgum genotiplerinin tuz stresine karşı SOD enzim aktivite değerlerinin değişimi farklılık gösterdiğini ve her bir çeşitte en yüksek SOD enzim aktivite değeri farklılık göstermiştir. Farklı çeşit ve genotiplerin antioksidan enzim aktiviteleri, çevresel koşullardaki değişikliklere farklı tepkiler verdiğini birçok araştırmacı tarafından da saptanmıştır (Janda et al., 2003; Jaleel et al., 2009a; Kocsy et al., 2011; Varga et al., 2012). 2019 yılında, özellikle 25.03.2019 tarihinden sonra 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliğinde ve 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluklarında SOD enziminin arttığı görülmektedir. Bu durum, mart ayı ile birlikte hava sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

Her iki yılda elde edilen konulara göre elde edilen grafikler göz önünde bulundurulduğunda, buğday bitkisinde 2019 yılındaki ortalama SOD enzimi aktivite değeri 2018 yılındakine göre %62.6 oranında azalış göstermiştir. Bu durum ise, SOD enziminin sıcak koşullarda reaktif oksijen türlerine karşı daha fazla protein sentezi gerçekleştirdiği söylenebilir. Elde edilen bu bulgular, pandas buğday bitkisinde SOD enziminin aktivitesi sıcak iklim koşullarında daha fazla artış gösterebildiğini ifade ettiği söylenebilir.

Her iki yılda elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, pandas buğday bitkisi için SOD enziminin iyi bir oksidatif stres tolere edici enzim olup

olmadığına karar verilmesinde; iklim koşulları, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve toprak tuzluluğu faktörleri dikkate alınarak karar verilmesi, gerek bitkilerin maruz kaldığı streslere karşı tolerans gösterip göstermediğinin ifade edilmesinde ve gerekse bitkilerin fizyolojik ve morfolojik gelişimlerinin SOD enzimi ile karşılaştırmasında daha doğru kararlar verilmesine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada elde etmiş olduğumuz sonuçlardan farklı olarak, Türk vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada, 14 gün boyunca soğuk stresine ve normal koşullarda yetiştirdikleri buğday fidelerinde, soğuk stresinin buğday bitkisinde SOD enzimini önemli derecede arttırdığını, soğuk stresi ve normal koşullarda SOD enziminin aktivite değerlerini sırasıyla 31.25 U mg⁻¹ protein ve 27.08 EU mg⁻¹ protein olarak bulmuşlardır. Ancak, sıcaklık stresinin buğday bitkisinde SOD enziminin aktivite değerini arttırdığını Gupta vd. (2013) çalışmalarında rapor etmişlerdir. Ayrıca, çalışmamızda tuzluluk stresi sonucunda SOD enziminin artması, literatür ile benzerlik göstermektedir. Daoud vd. (2018) buğday bitkisinde ve Pakar vd. (2016) arpa bitkisinde yapmış oldukları çalışmalarda tuzlu şartların bitkideki SOD aktivitesini artırdığını belirlemişlerdir. Mubeen vd. (2017)'de yaptıkları çalışmada, sığ taban suyu ve taban suyu olmayan sodyumlu topraklarda 15 buğday genotiplerinin antioksidan enzimlerinin değişimini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, sığ taban suyu ve sodyumlu olan topraklarda tüm buğday genotiplerinin SOD enzim aktivitesi artmış, ancak KRL3-4, KR99, NW 1014, DBW17, HD2009 genotiplerinin SOD enzim aktivitesi diğer genotiplere göre daha yüksek düzeyde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, sığ taban suyu koşullarında yetiştirilen buğdayların SOD enzim aktivite değerleri taban suyu olmayan koşullarda yetiştirilen buğdaylara göre 1.5 kat daha fazla artış gösterdiğini saptamışlardır.

SOD enziminin aktivite değeri ile taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkinin grafiği Şekil 4.27'de gösterilmiş ve denklemi Eşitlik 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.27. Buğday bitkisinin yaprak SOD enziminin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasındaki ilişkiler

Tablo 4.25. SOD enziminin tahmini için elde edilen modelin regresyon katsayıları

Bağımsız değişkenler	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	P-değeri	R ²
Kesişim sabitesi	13.016	0.081	**	
TST	0.388	0.055	**	
TSD×TST	-0.0001	0.065	***	
TST ²	-0.052	0.106	***	
Model		0.042	***	0.76

***: $p < 0.0001$, **: $p < 0.001$ TSD: Taban suyu derinliği, TST: Taban suyu tuzluluğu'nu ifade etmektedir.

Şekil 4.27 incelendiğinde, taban suyu tuzluluğu ile SOD enzimi arasında parabolik ilişkinin olduğu, taban suyu derinliği ile SOD enzimi arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna göre, 0.38 dS m^{-1} taban suyu tuzluluğu koşullarında, taban suyu derinliği 30 cm 'den 80 cm 'ye doğru arttıkça SOD enziminin aktivite değeri doğrusal olarak artmaktadır, taban suyunun 8.0 dS m^{-1} olduğu koşullarda ise doğrusal olarak azalmaktadır. Elde edilen bu durum, taban suyunun sıg ve tuz içeriğinin düşük olduğu koşullarda buğday bitkisinin enzim aktivite değeri önemli derecede etkilenmemektedir. Bir başka ifade ile, taban suyunun tuz içeriği arttıkça, buğday bitkisinde SOD enziminin aktivite değeri artmaktadır. Elde edilen eşitlik göz önünde bulundurulduğunda, taban suyu tuzluluğundaki bir birimlik artış SOD enziminin aktivite değerini 0.388 EU/mg arttırdığını göstermektedir. Buda, SOD enzimindeki artışın veya azalışın taban suyu tuzluluğu ile yüksek düzeyde ilişkili olduğunu göstermektedir. En yüksek SOD enziminin aktivite değeri (13.75 EU/mg) taban suyu tuzluluğunun 3.22 dS m^{-1} ve taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullarda elde

edilmiştir. En düşük değer (12.56 EU/mg) ise taban suyu derinliğinin 80 cm ve taban suyu tuzluluğunun 8.0 dS m⁻¹ olduğu koşullardan saptanmıştır. Taban suyu derinliğinin 30, 55 ve 80 cm olduğu koşullarda SOD enziminin pik yaptığı taban suyu tuzluluğu değerleri sırasıyla 4.17 dS m⁻¹, 3.71 dS m⁻¹ ve 3.22 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden sonra taban suyu tuzluluğu arttıkça SOD enziminin aktivite değeri azalmaktadır. SOD enziminin farklı taban suyu tuzluluklarında en yüksek seviyeye ulaşması, buğday bitkisinin oksidatif strese karşı toleransı bitki kök bölgesinde tuz birikimi ve bitkilerin bu tuz düzeyine karşı maruz kalma süresinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.10. Fizyolojik Ölçüm Sonuçları

4.9.1. Çiçeklenme Gün Sayısı

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu konularına göre 2018 ve 2019 yıllarına ait çiçeklenme gün sayısı (gün) değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.26'da ve istatistiksel analizleri ise Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.26. Yıllara göre çiçeklenme gün sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	166.8			
	Blok	2	1.5	0.75	1.32	0.2875
	Taban Suyu Derinliği	2	109.5	54.75	96.36	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	21.2	7.06	12.43	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	22.1	3.68	6.47	0.0005**
	Hata	22	12.5	0.57		
VK (%)		0.54				
2019	Genel	35	432.7500			
	Blok	2	31.5000	15.75000	4.01	0.0328*
	Taban Suyu Derinliği	2	57.1667	28.58333	7.27	0.0038**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	59.6389	19.87963	5.06	0.0082**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	197.9444	32.99074	8.39	0.0001**
	Hata	22	86.5000	3.93180		
VK(%)		1.23				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

2018 ve 2019 yıllarına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bakımından çiçeklenme gün sayısını istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) düzeyde etkiledikleri belirlenmiştir (Tablo 4.26).

Tablo 4.27. Yıllara göre çiçeklenme gün sayısı (gün) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	134.33 ef	138.00 bc	138.00 bc	136.78 bc
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	137.00 cd	137.00 cd	140.67 a	138.22 a
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	134.67 e	138.33 b	138.67 b	137.22 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	133.33 f	136.00 d	139.00 b	136.11 c
	Ort.	134.83 c	137.33 b	139.08 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	140.33 bc	139.67 bc	150.67 a	143.56 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	142.00 bc	139.67 bc	141.33 bc	141.00 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	140.33 bc	142.67 b	140.00 bc	141.00 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	140.67 bc	139.00 c	140.67 bc	140.11 b
	Ort.	140.83 b	140.25 b	143.17 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Denemenin ilk yılı verilerine göre sulamanın çiçeklenme gün sayısı üzerine önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. 0.38, 2.0, 4.0 ve 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluklarına göre ortalama çiçeklenme gün sayıları sırasıyla 136.78, 138.22, 137.22 ve 136.11 gün olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.27). En uzun çiçeklenme gün sayısı 2.0 dS m⁻¹ taban suyu uygulamasından elde edilmiştir. Çiçeklenme gün sayısı bakımından en kısa ise 8.0 dS m⁻¹ taban suyu uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Taban suyu derinliğine göre çiçeklenme gün sayısı incelendiğinde, taban suyu derinliğinin artması ile birlikte çiçeklenme gün sayısı da artmıştır. D1, D2 ve D3 taban suyu derinliğine göre çiçeklenme gün sayısı ortalamaları sırasıyla 134.83, 137.33 ve 139.08 gün olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.27). En uzun çiçeklenme gün sayısı D3 uygulamasından elde edilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre ise D3 konusu ilk grupta yer almıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bakımından çiçeklenme gün sayısı incelendiğinde, en uzun çiçeklenme gün sayısı 140.67 gün ile D3×T2 uygulamasında, en kısa çiçeklenme gün sayısı ise 133.33 gün ile D1×T4 uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4.27).

2019 yılında çiçeklenme gün sayısı, taban suyu derinliğine göre ise ilk yıla benzer olarak taban suyu derinliği arttıkça çiçeklenme gün sayısı artmıştır. D1, D2 ve D3 taban suyu seviyesi uygulandığı lizimetrelerde ortalamaları sırasıyla 140.83, 140.25 ve 143.17 gün olarak tespit edilmiştir. En uzun çiçeklenme gün sayısı taban suyunun 80 cm olduğu uygulamadan elde edilmiştir (Tablo 4.27). Taban suyu tuzluluğu ile çiçeklenme gün sayısı arasında önemli ilişkiler olmuştur. 0.38, 2.0, 4.0 ve 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu uygulamalarının çiçeklenme gün sayısı ortalamaları

sırasıyla 143.56, 141.00, 141.00 ve 140.11 gün olarak tespit edilmiştir. En uzun çiçeklenme gün sayısı T1 konusundan elde edilirken, ilk yıl sonuçlarına benzer şekilde en kısa çiçeklenme gün sayısı ise T4 uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4.27). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise, en uzun çiçeklenme gün sayısı 150.67 gün ile D3×T1 uygulamasından, en kısa çiçeklenme gün sayısı ise 140.00 gün ile D3×T3 uygulamasından elde edilmiştir. Ancak 2019 yılında D3×T1, D2×T3 ve D2×T4 uygulamaları dışındaki diğer konuların çiçeklenme gün sayısı arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde stres şartlarının bitkilerin çiçeklenme gün sayısı üzerinde etkili olduğunu ve tuzluluk arttıkça bitkilerin çiçeklenme gün sayısının azaldığını göstermiştir. Özellikle taban suyu derinliğinin çiçeklenme gün sayısı üzerine önemli derecede etkili olduğu, 30 cm taban suyu koşullarında yetişen buğday bitkilerinin 80 cm taban suyu derinliğinde yetişen bitkilere göre ilk yılda ortalama 5 gün, ikinci yılda ise ortalama 3 gün erken çiçeklendiği belirlenmiştir. Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında bitkilerin çiçeklenme gün sayısında oluşan farklılık, lizimetrelerde oluşan oksidatif strese ve zamanla toprak profilinde oluşan toprak tuzluluğu stresine bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Yavaş (2010) ve Talbert vd. (2001) buğdayın strese maruz kalması ile birlikte erken başaklanma gösterdiğini bildirmişlerdir. Sakin vd., (2015) yılında yaptıkları çalışmada, 20 ekmeklik buğday çeşitlerinin Tokat-Zile koşullarında çiçeklenme gün sayılarının 2013 yılında 149.7-166.0 gün, 2014 yılında ise 144.0 – 164.7 gün arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Aktaş (2010) Ankara koşullarında 2008 ve 2009 yıllarında yürüttüğü çalışmada 17 farklı ekmeklik buğday çeşitlerinin ortalama başaklanma gün sayılarını 141.5 – 152.6 gün arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, başaklanma sürelerinde oluşan farklılık çeşitlerin genotipik karakteristiklerine göre değişen bir olgu olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada elde edilen veriler, diğer araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir. Çeşitlerin erken dönemde başaklanması tane dolum süresini uzatacağından dolayı tane içerisinde daha fazla su ve mineral birikiminin gerçekleşmesine ve böylece verimin artmasına neden olacağı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Sharma, 1994; Bilgin ve Korkut, 2005; Şermet, 2019). Ayrıca, her iki yılda elde edilen çiçeklenme gün sayılarındaki farklılık her iki yılda iklim koşulları yönünden oluşan farklılıktan kaynaklandığı söylenebilir.

4.9.2. Olgunlaşma Gün Sayısı

Çalışma kapsamında 2018 ve 2019 yıllarına göre olgunlaşma gün sayılarına ait varyans analizleri Tablo 4.28’de ve istatistiksel gruplandırmaları Şekil 4.28’de verilmiştir.

2018 ve 2019 yıllarına ait varyans sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bakımından olgunlaşma gün sayısı üzerine istatistiksel olarak %1 düzeyde etkiledikleri belirlenmiştir (Tablo 4.28).

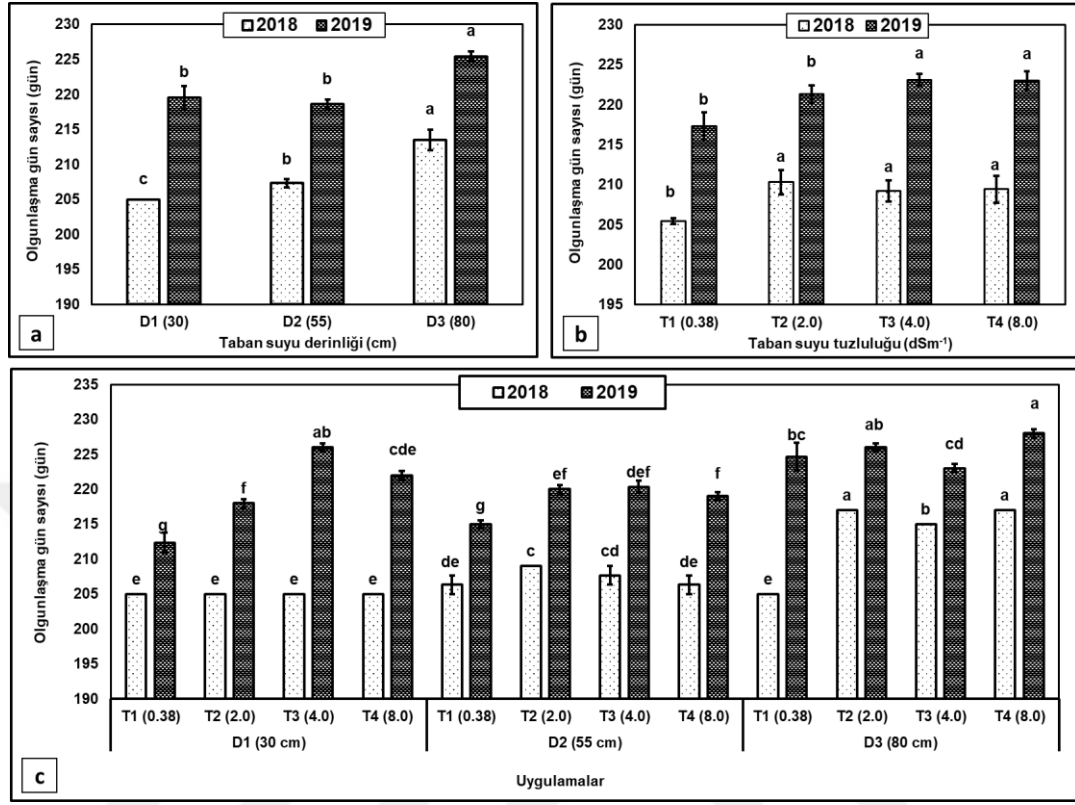
Tablo 4.28. Yıllara göre olgunlaşma gün sayısı değerlerine (gün) ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	806.6			
	Blok	2	3.6	1.78	1.38	0.2737
	Taban Suyu Derinliği	2	462.9	231.44	179.01	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	126.6	42.19	32.63	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	185.1	30.85	23.86	0.0001**
	Hata	22	28.4	1.29		
VK (%)		0.55				
2019	Genel	35	787.6389			
	Blok	2	4.0556	2.02780	0.80	0.4631
	Taban Suyu Derinliği	2	326.8889	163.44440	64.27	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	196.7500	65.58330	25.79	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	204.0000	34.00000	13.37	0.0001**
	Hata	22	55.9444	2.54290		
VK(%)		0.72				

**: p < 0.01; *: p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Denemenin 2018 yılında bitki olgunlaşma günleri ekimden itibaren 205 ile 217 günleri arasında değişim göstermiştir. Hasada gelen bitkiler ayrı ayrı hasat edilmiştir. Şekil 4.28’de olgunlaşma gün sayısı değerleri taban suyu derinliğine göre incelendiğinde, D1, D2 ve D3 taban suyu derinliğine göre olgunlaşma gün sayısı sırasıyla ortalama 205.0, 207.33 ve 213.50 gün olarak belirlenmiştir. En uzun olgunlaşma gün sayısı 80 cm taban suyu derinliği koşullarında saptanmıştır. Taban suyu tuzluluğuna göre olgunlaşma gün sayısı incelendiğinde ise, T1, T2, T3 ve T4 taban suyu tuzluluğu konuların için sırasıyla 205.44, 210.33, 209.22 ve 209.44 gün olarak belirlenmiştir. En kısa olgunlaşma gün sayısı 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu olan koşullarda elde edilmiştir. Ancak, T2, T3 ve T4 konularının olgunlaşma gün sayısı değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise, en uzun olgunlaşma gün sayısı 217.0 gün ile D3×T2 ve D3×T4 uygulamalarından elde edilmiş, en kısa

olgunlaşma gün sayısı ise 205.0 gün ile D1×T1, D1×T2, D1×T3, D1×T4 ve D3×T1 uygulamalarından bulunmuştur.



Şekil 4.28. Yıllara göre farklı taban suyu derinliği (a), taban suyu tuzluluğu (b) ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunun (c) olgunlaşma gün sayısı üzerine etkileri

2019 yılına ait olgunlaşma gün sayıları Şekil 4.29'dan incelendiğinde ise, uygulamalara göre olgunlaşma gün sayıları 212.33 - 228.0 arasında değişim göstermiştir. Taban suyu derinliğine göre incelendiğinde, D1, D2, D3 için sırasıyla ortalama olgunlaşma gün sayıları 219.58, 218.58 ve 225.42 gün olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak 30 ve 55 cm taban suyu derinliklerinin olgunlaşma gün sayıları arasında istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre olgunlaşma gün sayıları incelendiğinde, 0.38, 2.0, 4.0 ve 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzlulukları için çiçeklenme gün sayıları sırasıyla 217.33, 221.33, 223.11 ve 223.0 gün olarak saptanmıştır. Buna göre en uzun olgunlaşma gün sayısı 223.0 gün ile 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu koşullarında gerçekleşmiştir. İstatistiksel olarak; T1 ve T2 arasında ve T3 ve T4 konularının olgunlaşma gün sayıları arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonunu bakımından olgunlaşma gün sayısı irdelendiğinde, en uzun olgunlaşma gün sayısı 228.0 gün ile D3×T4 konusundan, en kısa olgunlaşma gün sayısı ise 212.33

gün ile D1×T1 konusunda bulunmuştur. Ancak, D3×T2, D3×T4 ve D1×T3 konularına ait çiçeklenme gün sayılarına ait değerler arasında istatistiksel farklılık oluşmamıştır. Sakin vd. (2015)'te yaptıkları çalışmada, ekmeklik buğday çeşitlerinin olgunlaşma gün sürelerini ilk yıl 198.7-215.7 gün arasında, ikinci yıl ise 192.7- 215.7 gün arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Olgunlaşma gün süresinin kısalması veya uzaması bitki çeşidine, iklim şartlarına, bitki genetiğine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Çetin vd., 1999; Sakin vd., 2004). Elde edilen bulgulara göre, 2018 yılında buğdayın olgunlaşma süresi 2019 yılına göre daha kısa olmuştur. Elde edilen bu durum, her iki yılda gerçekleşen iklim koşulları farklılığından dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Bir başka olgu da ilk yılın daha sıcak olması ile toprak tuzluluğunun ikinci yıla kıyasla daha yüksek olmasına dolayısıyla bitkilerin daha çok strese girerek erken olgunlaşmalarına neden olabileceği söylenebilir. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre, her iki yıl da olgunlaşma gün sayısı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna göre farklılık göstermiştir. Taban suyu sıg olduğu koşullarda bitkiler daha erken olgunlaşma dönemine geldiği tespit edilmiştir. Bu durum ise, özellikle başaklanma döneminden sonra sıcaklığın artması ile birlikte, bitki su ihtiyacının artması ile kılcallık yoluyla toprak profilinin üst kısmına su ile tuz minerallerinin taşınımı artmaktadır. Bu durum, bitkilerin sıg taban suyundan dolayı hem oksidatif strese hem de tuz stresine uzun süre maruz kalmaları buğdayların hızlı gelişim göstererek olgunlaşma süresini kısalttığı söylenebilir. Sakin vd., (2004)'te buğday bitkisinin hızlı gelişim göstermesi daha erken olgunlaşmasını sağladığını ancak verimde azalmalara neden olduğunu vurgulamışlardır. Blum (1988) başaklanma – olgunlaşma dönemleri arasında sıcaklık, tuz-su stresleri, kuru rüzgâr gibi çevresel stres faktörlerinin oluşması verimde önemli derecede azalmaların oluşmasına neden olacağını belirtmiştir. Araştırmacılar tarafından rapor edilen bu sonuçlar çalışmamız bulguları ile uyumluluk göstermektedir.

Özellikle, 30 cm taban suyu derinliği koşullarında buğday bitkileri erken olgunlaşmış ve en düşük verim 30 cm taban suyu derinliğinde elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğu koşullarında ise, buğday bitkileri her iki yılda 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu koşullarında olgunlaşma süreleri kısalmıştır. Bu durum, tuz içeriği düşük toprak profilinde buğday bitkilerinin daha fazla su ve karbonhidrat alabilmesi, tanelerin daha erken olgunluğa gelmesine neden olabileceği söylenebilir.

4.9.3. Kardeş Sayısı

2018 ve 2019 araştırma yıllarında farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin kardeş sayısı değerlerine ait varyans ve istatistiksel analiz sonuçları sırasıyla Tablo 4.29 ve Tablo 4.30’da verilmiştir.

Tablo 4.29. Yıllara göre kardeş sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	1.3			
	Blok	2	0.00	0.00	0.55	0.5859
	Taban Suyu Derinliği	2	0.76	0.38	122.42	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.42	0.14	45.18	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.05	0.01	2.87	0.0319*
	Hata	22	0.07	0.00		
VK (%)		3.77				
2019	Genel	35	0.52			
	Blok	2	0.002	0.001	0.01	0.9896
	Taban Suyu Derinliği	2	0.29	0.14	41.53	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.12	0.04	11.87	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.03	0.00	1.43	0.249 ^{ÖD}
	Hata	22	0.08	0.00		
VK(%)		5.03				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.30. Yıllara göre kardeş sayısı (adet) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			Ort.
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	1.52 cd	1.63 b	1.79 a	1.65 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	1.43 de	1.36 ef	1.70 ab	1.49 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	1.25 g	1.31 fg	1.64 b	1.40 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	1.23 g	1.28 fg	1.60 bc	1.37 c
	Ort.	1.36 b	1.39 b	1.68 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	1.14	1.22	1.32	1.23 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	1.07	1.21	1.38	1.22 a
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	1.04	1.18	1.20	1.14 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	0.96	1.11	1.18	1.08 b
	Ort.	1.05 c	1.18 b	1.27 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

Tablo 4.29’da varyans analiz sonuçları incelendiğinde, 2018 ve 2019 araştırma yıllarında taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun kardeş sayısına istatistiksel olarak %1 düzeyinde etki ederken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu 2018 yılında istatistiksel olarak %5 düzeyinde etki etmiş, 2019 yılında ise istatistiksel olarak etki etmediği tespit edilmiştir.

Tablo 4.30’da 2018 yılı istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği 30 cm’den 80 cm’ye doğru arttıkça kardeş sayısı artmıştır. En fazla başak sayısı 1.68 adet ile D3 konusunda, en düşük başak sayısı ise 1.36 adet ile D1 konusundan elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğu ile kardeş sayısı arasında negatif ilişki olduğu belirlenmiş ve en fazla kardeş sayısı T1 konusunda (1.65 adet), en düşük başak sayısı ise T4 konusundan (1.37 adet) tespit edilmiştir (Tablo 4.30). Ancak, T3 ve T4 konularına ait kardeş sayısı değerleri arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bakımından kardeş sayısı değerleri incelendiğinde; en fazla kardeş sayısı D3×T1 konusunda, en düşük kardeş sayısı ise D1×T4 konusunda tespit edilmiştir. Taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m⁻¹ ‘den 8.0 dS m⁻¹ ‘e kadar arttığında kardeş sayısı D1, D2 ve D3 konuları için sırasıyla %19.18, %21.47 ve %10.61 oranında azalmıştır (Tablo 4.30).

2019 yılına ait istatistiksel gruplandırma incelendiğinde, taban suyu derinliğine göre kardeş sayısı 3 farklı grupta yer almıştır. Buna göre en fazla kardeş sayısı 1.27 adet ile D3 konusundan elde edilirken, en düşük kardeş sayısı değeri ise 1.05 adet ile D1 konusundan belirlenmiştir (Tablo 4.30). Taban suyu tuzluluğu bakımından kardeş sayısı irdelendiğinde, istatistiksel gruplandırmaya göre 2 farklı grup oluşmuş ve buna göre en fazla kardeş sayısı T1 konusundan (1.23 adet) elde edilmiştir. Ancak, T1 ve T2 konularına ait kardeş sayısı değerleri arasındaki farklılığın önemli olmadığı tespit edilmiştir. Her iki yılda elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun buğday bitkisinde kardeşlenmeyi önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Her iki yılda, taban suyu derinliği arttıkça kardeş sayısı artmıştır. Çalışmada, tuzlu ve taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin kardeş sayısında meydana gelen değişim; taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu, taban suyundan beslenme miktarı ve kök bölgesinde biriken tuz stresine maruz kalma süresi dikkate alınarak açıklanması gerekmektedir. Jackson ve Colmer (2005) yaptığı çalışmada sığ taban suyunun buğday bitkilerinin yaşam süresini, büyümesini ve üretkenliğini önemli derecede azalttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, buğday bitkilerinin sığ taban suyuna maruz kalması kök gelişimini sınırlandırmaktadır. Kök bölgesinde, köklerin solunumu için ihtiyaç duydukları oksijen miktarının azalması köklerin büyümesini sınırlandırmakta ve kök bölgesinde fito-toksinlerin oluşmasına neden olarak bitki köklerinin çoğalması ve dallanmasını engelleyerek köklerin çürümesine sebep olmaktadır (Pezeshki, 2001). Farklı araştırmacılar tarafından rapor edilen

sonuçlar dikkate alındığında, çalışmamızda 30 ve 55 cm taban suyu derinliğinde buğday bitkilerinin kök gelişimi sınırlandığından dolayı kardeşlenme sayısı 80 cm taban suyu derinliğine göre daha az seviyede gerçekleşmiştir. Bir başka açıdan da 80 cm taban suyu derinliğinde bitkilerin su absorpsiyonunun artması, kök bölgesinde daha fazla oksijen miktarının bulunması sonucunda kök metabolizma işlevlerinin artmasına ve bitki üretkenliğinin artmasına neden olduğu söylenebilir.

Taban suyunun tuz içeriğinin yüksek olması buğday yetiştiriciliğinde kardeş sayısını etkileyen önemli bir faktör olarak dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle, taban suyunun tuzlu olması, toprak profilinin tuzlanasına neden olarak, bitkilerin gelişimini azaltmaktadır. Shrivastava ve Kumar (2015)'de tuzlu topraklarda yetişen bitkiler, yüksek ozmotik stres ve iyon toksitesine maruz kalması bitkilerin üretkenliğini azalttığını ifade etmişlerdir. Bu durum dikkate alındığında, taban suyu tuz içeriği arttığa buğday bitkilerinin kardeş sayısının azalması beklenen durumdur. Abbas vd. (2013)'te yaptığı çalışmada tuzsuz şartlarda yetiştirilen buğday bitkilerinin kardeş sayısı ortalama 4.80 iken, tuzlu şartlarda yetişen bitkilerin kardeş sayısının ise 1.80'ne kadar azaldığını belirlemişlerdir.

4.9.4. Bitki Boyu

Farklı taban suyu seviyesi ve taban suyu tuzluluğu koşullarının 2018 ve 2019 yıllarında buğday bitkisine ait bitki boyu sonuçlarına ilişkin varyans analizleri Tablo 4.31 ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.32'de verilmiştir.

2018 yılı sonuçlarına göre, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu bitki boyu üzerine istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyine etkili iken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonu bakımından bitki boyu üzerine istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.31).

2019 yılı varyans analizi sonuçlarına göre, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun bitki boyu üzerine istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyine etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.31).

Tablo 4.31. Yıllara göre bitki boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	1204.6			
	Blok	2	6.2	3.11	2.91	0.0758
	Taban Suyu Derinliği	2	80.5	40.27	37.63	0.002**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	1078.3	359.45	335.90	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	16.0	2.66	2.49	0.0546 ^{ÖD}
	Hata	22	23.5	1.07		
VK (%)		1.24				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	919.73			
	Blok	2	10.53	5.26	2.99	0.0712
	Taban Suyu Derinliği	2	115.80	57.90	32.83	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	742.47	247.49	140.33	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	12.12	2.02	1.15	0.3699 ^{ÖD}
	Hata	22	38.80	1.76		
VK(%)		1.34				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil.

Tablo 4.32. Yıllara göre bitki boyu (cm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	89.96	90.37	93.67	91.33 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	82.87	83.49	84.30	83.55 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	77.61	78.50	81.73	79.28 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	74.23	77.27	79.40	76.97 d
	Ort.	81.17 c	82.41 b	84.78 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	101.31	103.36	104.05	102.91 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	99.07	102.84	103.92	101.94 a
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	95.38	97.29	99.10	97.26 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	87.93	92.94	93.47	91.45 c
	Ort.	95.92 b	99.11 a	100.13 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

Tablo 4.32’de taban suyu derinliğine göre buğday bitkisinin bitki boyu değişimi incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça buğdayın bitki boyu artmıştır. 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerine göre bitki boyu değerleri sırasıyla 81.17, 82.41, 84.78 cm olarak belirlenmiştir. Buna göre en uzun bitki boyu taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullardan elde edilmiştir. Ancak, elde edilen sonuçlara göre 30 ve 55 cm taban suyu derinliğindeki ortalama bitki boyları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Taban suyu tuzluluğuna göre bitki boyu incelendiğinde, taban suyu tuzluluğu arttıkça bitki boyu azalmıştır. En uzun bitki boyu değeri 91.33 cm ile T1 konusunda, en kısa bitki boyu ise 76.97 cm ile T4 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.32).

Tablo 4.32’de 2019 yılına ait grafikler incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça bitki boyu artmıştır. Analiz sonucuna göre 3 farklı grup oluşmuştur. Buna göre en uzun bitki boyu 100.13 cm ile D3 konusunda, en kısa bitki boyu 95.92 cm ile D1 konusundan bulunmuştur. 0.38, 2, 4 ve 8 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğuna göre bitki boyu sırasıyla 102.91, 101.94, 97.26 ve 91.45 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.32). Ancak, 0.38 ve 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğundaki bitki boyları arasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre bitki boyu değerleri irdelendiğinde; taban suyu tuzluluğu 0.38 dSm⁻¹ ‘den 8.0 dSm⁻¹’e kadar arttığında; buğday bitkisinin bitki boyları sırasıyla 30 cm taban suyu derinliğinde 101.31-87.93 cm arasında, 55 cm taban suyu derinliğinde 103.36-92.94 cm arasında, 80 cm taban suyu derinliğinde ise 104.05-93.47 cm arasında değişmiştir (Tablo 4.32). Buna göre en uzun bitki boyu 104.05 cm ile D3×T1 uygulamasından, en kısa bitki boyu ise D1×T4 uygulamasından (87.93 cm) elde edilmiştir. Aktaş (2010)’da 17 çeşit ekmeklik buğday bitkisinin ortalama bitki boyunu 2008 yılında 72.6 cm, 2009 yılında ise 114.4 cm olarak belirlemiştir. Bitki boyunda meydana gelen değişimin araştırma yıllarında meydana gelen iklim farklılığından dolayı kaynaklandığını ve özellikle ikinci yılda meydana gelen yağışın ilk yıla kıyasla daha yüksek miktarda olması bitki boyundaki artışın temel sebebi olarak görülebileceğini ifade etmiştir. Mut vd. (2017) yılında Yozgat ekolojik koşullarında 14 çeşit buğday bitkisi yetiştirdikleri çalışmada ortalama buğday bitki boyunu 2010, 2011 ve 2012 yıllarında sırasıyla 71.9, 65.3 ve 66.9 cm olarak belirlemişlerdir. En uzun bitki boyunu ise 87.9 cm ile Bezostaya çeşidinde belirlemişlerdir. Mut vd., (2005)’te yaptıkları çalışmada, buğday bitkisinin boyu; çeşidin genetik yapısı, iklim ve toprak faktörlerine, ekim sıklığına, yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Boru vd. (2019) yılında 13 ekmeklik buğday genotipinin bitki boylarını 56.61-92.03 cm arasında belirlemişlerdir. Çalışmamız da elde edilen sonuçlar, yapılmış çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Özellikle, çalışmamız da her iki yılda iklim koşullarının farklı seyir izlemesi bitki boyunda farklılığın oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, ikinci yılda toprak tuzluluğunun ilk yıla kıyasla daha az düzeyde toprak profilinde birikmesi bitki boyunun ilk yıla göre daha fazla uzamasına neden olabileceği söylenebilir. Benzer şekilde Yassin vd. (2019)’da yaptıkları çalışmada tuzlu şartların buğday bitki boyunun uzamasını sınırlandırdığını ifade etmişlerdir. Ghamarnia ve Famanifard (2014) yaptıkları çalışmada taban suyu derinliği arttıkça, taban suyundan beslenme miktarının azaldığı ve bunun sonucunda

bitki boyunun azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar yukarıda belirtilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Zhang vd. (2018) taban suyu derinliği ile buğdayın bitki boyu arasında önemli bir ilişki olduğunu ve taban suyu derinliğindeki artışın bitki boyunun artmasını sağladığını belirtmişlerdir. Kadioğlu vd. (2019) taban suyu derinliğinin 30 ve 60 cm olduğu konularda kanola bitkisinin bitki boyu değerleri arasında istatistiksel olarak önemlilik bulunmadığını tespit etmişlerdir.

4.9.5. Başak Ekseni Uzunluğu

2018 ve 2019 yıllarına ait başak ekseni uzunluğu değerlerinin varyans ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.33 ve Tablo 4.34'te verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, 2018 ve 2019 yıllarında taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun başak ekseni uzunluğu üzerine istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) düzeyde etki ettiği, ancak taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun başak ekseni uzunluğu üzerine istatistiksel olarak etki etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.33).

2018 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça buğday bitkisinin başak ekseni uzunluğu artmıştır. Buna göre D1, D2 ve D3 konuları için başak ekseni uzunluğu değerleri sırasıyla 9.28, 9.76 ve 11.09 cm olarak tespit edilmiştir. Taban suyu tuzluluğu göre ise, taban suyu tuzluluğu arttıkça buğday bitkisinin başak ekseni uzunluğu azalmıştır. Buna göre en uzun başak boyu 10.91 cm ile T1 konusundan elde edilirken, en kısa başak ekseni uzunluğu T4 konusundan (9.13 cm) elde edilmiştir (Tablo 4.34).

2019 yılına ait başak ekseni uzunluğunun istatistiksel analizi Tablo 4.41'den irdelendiğinde, en uzun başak ekseni değeri 10.45 cm ile 80 cm taban suyu derinliğinden, en kısa başak ekseni değeri 10.05 cm ile 30 cm taban suyu derinliğinden elde edilmiştir. Buna göre, taban suyu derinliği 30 cm'den 80 cm'e kadar arttığında başak ekseni uzunluğu %4.0 oranında artmıştır. Ancak, D2 ve D3 konularına ait başak ekseni uzunluğu değerleri arasında istatistiksel farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre ise, taban suyunun tuz içeriği arttıkça başak uzunluğu değerleri azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ise, taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m^{-1} 'den 8.0 dS m^{-1} 'e kadar arttığında başak ekseni uzunluğu %7.7 oranında azalmıştır.

Tablo 4.33. Yıllara göre başak eksen uzunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	40.9			
	Blok	2	0.6	0.30	4.18	0.0289*
	Taban Suyu Derinliği	2	21.1	10.53	145.12	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	16.6	5.52	76.07	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	1.1	0.18	2.46	0.0566 ^{ÖD}
	Hata	22	1.6	0.07		
VK (%)		2.68				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	5.56			
	Blok	2	0.04	0.02	0.46	0.6349
	Taban Suyu Derinliği	2	0.99	0.50	11.85	0.0003**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	3.50	1.17	27.84	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.11	0.02	0.44	0.8467 ^{ÖD}
	Hata	22	0.92	0.04		
VK(%)		1.99				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.34. Yıllara göre başak eksen uzunluğu (cm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	9.93	10.66	12.13	10.91 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	9.74	10.01	11.53	10.43 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	8.83	9.39	10.88	9.70 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	8.61	8.99	9.80	9.13 d
	Ort.	9.28 c	9.76 b	11.09 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	10.44	10.83	10.97	10.74 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	10.17	10.43	10.49	10.36 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	9.98	10.16	10.19	10.11 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	9.63	9.96	10.14	9.91 c
	Ort.	10.05 b	10.34 a	10.45 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

Literatürde, başak eksen uzunluğu ile ilgili rapor edilen çalışmalar incelendiğinde; Şermet (2019)'da yerel ekmeklik buğday popülasyonlarına ait başak eksen uzunluğunu 2.9-16.9 cm arasında, Hocaoglu ve Akçura (2013) yılında ekmeklik buğday hatlarına ait başak eksen uzunluğunu 5.2-12.6 cm arasında, Boru (2019) yılında 13 ekmeklik buğday genotipinin başak boyunu 7.1-9.9 cm arasında olduğu belirlemiştir. Gülser ve Kızılkaya (2019) yılında %25, %50 ve %100 sulama düzeylerinde buğday başak boyu değerlerini sırasıyla 7.68, 8.62 ve 8.84 cm olarak tespit etmiştir. Tekin (2010)'da Çukurova koşullarında yürüttüğü çalışmada, 2008 ve 2009 yıllarında ortalama başak boyunu 7.8 ve 4.3 cm olarak belirlemiş, bununla

birlikte tuzluluk arttıkça başak boyunu azaldığını ancak sulama suyu miktarı arttıkça başak boyunun arttığını rapor etmiştir. Nia vd. (2012) yılında tuzlu şartlarda yetişen buğday bitkilerinin başa boyunun önemli derecede azaldığını ifade etmişlerdir. Zhang vd. (2018) yılında yaptıkları çalışmada, taban suyu derinliği 0.2 m'den 0.8 m'ye kadar arttığında başak boyunun arttığını tespit etmişler ve en uzun başak boyunu 9.30 cm ile 0.80 m taban suyu derinliğinde belirlemişlerdir. Bununla birlikte, kışlık buğday bitkilerin kardeşlenme ve gelişimi için taban suyu seviyesinin derinde bulunması gerektiğini ifade etmişlerdir. Yapılmış araştırmaların sonuçları dikkate alındığında, çalışmamızda elde edilen bulgular literatür ile benzerlik göstermektedir.

Her iki yılın sonuçları dikkate alındığında, bitki su tüketiminin fazla olduğu konularda başak eksen uzunluğunun daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, taban suyunun sığ ve tuzlu olduğu koşullarda, başak uzunluğu önemli derecede azalmıştır. Bu durum, sığ taban suyu koşullarında yüksek düzeyde evaporasyonun oluşması sonucunda 0-30 cm'lik toprak katmanında bitkilerin tolere edemeyeceği tuzluluk stresinin oluşmasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, taban suyu koşullarında bitkilerin çiçeklenme dönemlerinde tuz stresine maruz kalma süresi ve düzeyi başak eksen uzunluğunu önemli derecede etkileyebilir. Bu durum dikkate alındığında, taban suyu derinliğinin artması ile birlikte, bitki kök bölgesinde biriken tuz miktarı azalmaktadır ve bu durum kök sisteminin önemli besin iyonlarını topraktan absorpsiyonunu artırarak bitkilerin üst aksamalarına daha fazla mineral taşınımını sağlamaktadır. Böylece, buğday bitkilerinin başak uzunluğunu ve gelişimini arttırdığı söylenebilir.

4.9.6. Başakta Başakçık Sayısı

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin başakta başakçık sayısına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.35'te ve istatistiksel gruplandırmaları Tablo 4.36'da verilmiştir.

2018 ve 2019 araştırma yıllarında taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun başakta başakçık sayısı üzerine istatistiksel olarak %1 önemlilik düzeyinde etki ettiği, ancak taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun başakta başakçık sayısı üzerine istatistiksel olarak etki etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.35).

Tablo 4.35. Yıllara göre başakta başakçık sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	52.5			
	Blok	2	0.4	0.18	0.52	0.6035
	Taban Suyu Derinliği	2	16.4	8.18	23.37	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	23.4	7.81	22.31	0.001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	4.7	0.78	2.23	0.0782 ^{ÖD}
	Hata	22	7.7	0.35		
VK (%)		3.83				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	6.62			
	Blok	2	0.16	0.08	1.35	0.2806
	Taban Suyu Derinliği	2	1.96	0.98	16.30	0.001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	3.03	1.01	16.78	0.001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.14	0.02	0.40	0.8711 ^{ÖD}
	Hata	22	1.32	0.06		
VK(%)		1.52				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.36. Yıllara göre başakta başakçık sayısı (adet) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	15.23	16.70	18.33	16.76 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	14.62	15.27	16.13	15.34 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	14.45	15.03	15.40	14.96 bc
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	14.03	14.83	15.07	14.64 c
	Ort.	14.58 c	15.46 b	16.23 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	16.10	16.47	16.60	16.39 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	15.97	16.20	16.50	16.22 ab
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	15.60	16.10	16.40	16.03 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	15.37	15.67	15.80	15.61 c
	Ort.	15.76 c	16.11 b	16.33 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Tablo 4.36’da 2018 yılına ait istatistiksel gruplandırmalar irdelendiğinde, taba suyu derinliği ile başakta başakçık sayısı arasında pozitif ilişki, taban suyu tuzluluğu ile başakta başakçık sayısı arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, taban suyu derinliği arttıkça başakta başakçık sayısı artmıştır ve en yüksek başakçık sayısı değeri 16.23 adet ile taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullarda elde edilmiştir. En düşük başakçık değerleri ise taban suyu derinliğinin 30 cm koşullarından belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğu ile başakta başakçık sayısı arasındaki ilişki incelendiğinde, T1, T2, T3 ve T4 konuları için başakta başakçık sayısı değerleri sırasıyla 16.76, 15.34, 14.96 ve 14.64 adet olarak saptanmıştır.

Denemenin ikinci yılında elde edilen başakta başakçık sayısı değerleri birinci yıla kıyasla benzerlik göstermektedir. Taban suyu derinliğine göre; en az başakçık sayısı değeri 15.76 adet ile 30 cm taban suyu derinliğinde en çok başakçık sayısı değeri 16.33 adet ile 80 cm taban suyu derinliğinde elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre; başakçık sayıları farklılık göstermiş olup, en fazla başakçık sayısı 16.39 adet ile 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunda, en az başakçık sayısı ise 15.61 adet ile 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğundan tespit edilmiştir (Tablo 4.36). Yapılmış çalışmalar incelendiğinde, Şermet (2019) yılında Karadeniz bölgesinde yaptığı çalışmada, Canik 203, Bafra ve Altındane buğday çeşitlerine ait başakta başakçık sayısı değerlerini sırasıyla 17.7, 15.9 ve 19.8 adet olarak belirlemiştir. Akçura (2006) yılında Karadeniz bölgesinde yürüttüğü çalışmada, yerel ekmeklik buğday çeşitlerinin başakta başakçık sayısı değerlerinin 10.8-18.5 arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Çalışmamız da elde edilen sonuçlar ile yapılmış çalışmaların sonuçları benzerlik göstermektedir.

Her iki yılda elde edilen sonuçlar dikkate alındığında; taban suyu derinliğinin artması ile birlikte başakta başakçık sayısının artması, bitkilerin toprak altı aksam gelişimi arttıkça üst aksamların gelişimi de arttığı söylenebilir. Çünkü taban suyu sık olduğu koşullarda, kök bölgesinde yüksek nem içeriği ve tuz birikiminin gerçekleşmesi bitkilerin hem üretkenliğini hem de mineral alımını önemli derecede sınırlandırdığından dolayı başakta başakçık sayısı azalmıştır. Benzer sonuçlar Wang (2011) tarafından rapor edilmiş ve yaptığı çalışmada, bitki gelişimi ve üretkenliğini en çok olumsuz yönde etkileyen toprak nem içeriği ve toprak tuzluluğu parametrelerinin taban suyu derinliği ile yakından ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle taban suyu olan bölgelerde, her bitkinin fizyolojik gelişimini etkilemeyecek eşik taban suyu değerinin tespit edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Sonuç olarak çalışmamızda elde edilen değerlere göre; buğday bitkisinde başakta başakçık sayısının yüksek olabilmesi için taban suyu derinliğinin 30 ve 55 cm derinlikte sabit tutulmaması gerektiğini göstermiştir.

4.9.7. Başakta Tane Sayısı

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin başakta tane sayısına (adet) ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.37'de ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.38'de verilmiştir.

Tablo 4.37. Yıllara göre başakta tane sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	470.8			
	Blok	2	0.02	0.01	0.00	0.9961
	Taban Suyu Derinliği	2	95.3	47.64	24.37	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	272.0	90.68	46.38	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	60.4	10.07	5.15	0.0019**
	Hata	22	43.0	1.96		
VK (%)		5.33				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	59.61			
	Blok	2	0.82	0.41	0.90	0.423
	Taban Suyu Derinliği	2	20.05	10.03	21.79	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	27.66	9.22	20.05	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.95	0.16	0.35	0.9049 ^{ÖD}
	Hata	22	10.12	0.46		
VK(%)		2.16				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.38. Yıllara göre başakta tane sayısına (adet) ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	25.87 cd	30.77 b	33.30 a	29.98 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	24.28 de	27.95 c	30.90 b	27.71b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	23.68 de	23.87 de	24.85 de	24.13 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	23.00 e	22.70 e	23.7 de	23.13 c
	Ort.	24.21 c	26.32 b	28.19 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	31.60	32.73	33.47	32.60 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	30.93	31.50	33.03	31.82 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	30.00	30.50	31.77	30.76 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	29.81	30.07	31.27	30.38 c
	Ort.	30.59 c	31.20 b	32.38 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Tablo 4.37’de 2018 yılına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, taba suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun başakta tane sayısı üzerine istatistiksel olarak $p < 0.01$ önemlilik düzeyinde farklılık oluşturduğu belirlenmiştir. 2019 yılına ait varyans analizi irdelendiğinde ise, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun başakta tane sayısı üzerine $p < 0.01$ önemlilik düzeyinde etki yaptığı ancak taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun başakta tane sayısını istatistiksel olarak farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir.

2018 yılı verileri incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça başakta tane sayısı azalış göstermiş, konular arasında istatistiksel olarak 3 farklı grup oluşmuştur. Buna

göre; en çok başakta tane sayısı 28.19 adet ile D3 konusunda, en az başakta tane sayısı 24.21 adet ile D1 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.38). Taban suyu tuzluluğu ile başakta tane sayısı arasında negatif ilişki olduğu tespit edilmiş, taban suyunun tuz içeriği arttıkça başakta tane sayısı azalmıştır. Konular arasında ise istatistiksel olarak 3 farklı grup oluşmuş, T1 ve T2 konuları farklı grupta yer alırken, T3 ve T4 konuları aynı grupta yer almıştır. Buna göre en düşük tane sayısı (23.13 adet) değerine sahip T4 konusundaki tane sayısı değeri, T1 konusuna göre yaklaşık %22.8 oranında azalmıştır (Tablo 4.38). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise, en fazla tane sayısı 33.30 adet ile D3×T1 uygulamasında, en düşük değer ise 23.00 adet ile D1×T4 uygulamasından saptanmıştır. Buna göre, D1×T4 uygulamasındaki tane sayısı değeri D3×T1 uygulamasına kıyasla %30.9 oranında azalmıştır (Tablo 4.38).

2019 yılına ait istatistiksel gruplandırma irdelendiğinde, başakta tane sayısının taban suyu derinliğine göre değişimi birinci yıldaki değişim ile benzerlik göstermiştir. Taban suyu derinliği 30 cm'den 80 cm'ye doğru arttıkça başakta tane sayısı değeri artmıştır. Buna göre, D3 konusundaki tane sayısı, D1 konusuna göre %5.5 oranında artmıştır. Taban suyu tuzluluğuna göre başakta tane sayısı önemli farklılık göstermiştir. Buna göre, taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m⁻¹'den 8.0 dS m⁻¹'e doğru arttıkça başakta tane sayısı değeri %6.8 oranında azalma gerçekleşmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar ile daha önce yapılmış araştırmaların sonuçları ile uyum göstermektedir. Hoccoğlu ve Akçura (2014) yılında Çanakkale koşullarında yerel ekmeklik buğday hatlarının verim ve büyüme parametrelerini incelediği çalışmasında buğday hatlarının başakta tane sayısı değerlerinin 19.2 ile 47.4 adet arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Bir başka çalışmada, Aktaş (2010) yapmış olduğu çalışmanın birinci yılında en fazla tane sayısı değerini 43.75 adet ile Demir 2000 çeşidinde en az tane sayısı değerini 22.58 adet ile Köse 220/39 çeşidinde ve araştırmanın ikinci yılında ise ekmeklik buğday çeşitlerinin ortalama tane sayısı değerini 41 adet olarak tespit etmiştir. Zhang vd. (2018)'de farklı gübre dozları ve taban suyu derinliğinde buğday bitkisinin verim ve verim bileşenlerinin değişimini incelemişler ve çalışmada taban suyu derinliği 0.2 m'den 0.6 m'ye doğru arttıkça başakta tane sayısının arttığını, ancak taban suyu derinliği 0.6 m'den 0.8 m'ye doğru arttığında tane sayısının azaldığını tespit etmişlerdir. En fazla tane sayısının 41.33 adet ile 0.6 m taban suyu derinliğinde belirlemişlerdir. Ghobadi vd. (2017)'de buğday

bitkisinin kardeşlenme döneminde sığ taban suyuna maruz kaldığında başakta tane sayısı kontrol konusuna göre %44.6 oranında azaldığını, bitkiler sapa kalkma döneminde sığ taban suyuna maruz kaldığında ise tane sayısında %4.61 oranında azalma olduğunu belirlemişlerdir. Abbas vd. (2013)' de 0.33 dS m⁻¹ ve 15 dS m⁻¹ toprak tuzluluklarında yetiştirilen buğday bitkisinin başakta tane sayısını sırasıyla 20.0 ve 15.6 adet olarak bulmuşlardır. Buna göre, toprak tuzluluğu arttıkça başakta tane sayısının azaldığını ifade etmişlerdir.

Çalışmamızda her iki yılda elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, birinci yılda ortalama başakta tane sayısı değeri 26.2 adet iken, ikinci yılda 31.4 adet olarak gerçekleşmiştir. Bir başka ifade ile, ikinci yılda başakta tane sayısı değeri birinci yıla kıyasla %16.41 oranında artmıştır. Elde edilen bu durum, farklı tabana suyu derinliği ve tuzluluğunun toprak profilinde oluşturduğu tuzluluk ve bitkilerin kök bölgesinden su ve besin alımı ile açıklanabilir. Denemenin birinci yılında, iklim koşullarının ikinci yıla göre daha sıcak olması, kapilarite ile su ve tuz minerallerinin kök bölgesine taşınımı hızlandırmıştır. Böylece, bitkiler uzun süre tuz stresine maruz kalmıştır. Özellikle, denemenin birinci yılında bitkilerin taban suyundan beslenme miktarı ikinci yıla kıyasla daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Bu durumda bitkilerin kardeşlenmesini artırarak birim alandaki bitki sayısının artmasına neden olmuştur. Bir başka ifade ile, birim alanda bitki ve başak sayısının artması sonucunda toprak profilinde kök yoğunluğunun artmasına ve böylece bitkilerin su ve karbonhidrat alımı için rekabetin oluşmasına neden olduğu söylenebilir. Bu nedenle, birinci yılda buğday bitkilerinin başakta tane sayısı ikinci yıla göre daha az düzeyde gerçekleşmiştir.

4.9.8. Başakta Tane Ağırlığı

Buğday bitkilerinin başakta tane ağırlığı değerlerine ilişkin 2018 ve 2019 yıllarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.39'da ve istatistiksel analiz sonuçları ise Tablo 4.40'da verilmiştir.

2018 ve 2019 yılları varyans analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun başakta tane sayısı üzerine istatistiksel olarak p<0.01 önemlilik düzeyinde etkiledikleri tespit edilmiştir.

Tablo 4.39. Yıllara göre başakta tane ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	2.1			
	Blok	2	0.001	0.0003	0.12	0.8889
	Taban Suyu Derinliği	2	0.833	0.416	172.32	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.981	0.327	135.39	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.205	0.034	14.11	0.001**
	Hata	22	0.053	0.002		
VK (%)		3.42				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	1.49			
	Blok	2	0.0013	0.0006	0.49	0.6215
	Taban Suyu Derinliği	2	0.3947	0.1974	152.60	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.9921	0.3307	255.69	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.0697	0.0116	8.98	0.0001**
	Hata	22	0.0285	0.0013		
VK(%)		2.45				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.40. Yıllara göre başakta tane ağırlığı (gr/adet) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	1.36 e	1.73 b	1.91 a	1.67 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	1.26 fg	1.50 d	1.69 b	1.48 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	1.20 gh	1.28 ef	1.60 c	1.36 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	1.17 h	1.19 gh	1.29 ef	1.22 d
	Ort.	1.25 c	1.43 b	1.62 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	1.57 b	1.71 a	1.76 a	1.68 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	1.23 ef	1.50 cd	1.55 bc	1.43 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	1.18 fg	1.45 d	1.53 bc	1.39 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	1.15 g	1.20 fg	1.29 e	1.21 d
	Ort.	1.28 c	1.46 b	1.53 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Tablo 4.40’da 2018 yılına ait veriler incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça başakta tane sayısı artmıştır. Buna göre 30 ve 55 cm taban suyu derinliklerinin başakta tane sayısı değerleri, 80 cm taban suyu derinliğine göre %11.7 ve %22.8 oranında azalmıştır. Taban suyu tuzluluğu arttıkça başakta tane sayısı azalmıştır. Buna göre, T1, T2, T3 ve T4 konularının başakta tane sayısı değerleri sırasıyla 29.98, 27.71, 24.13 ve 23.13 gr/başak olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m⁻¹ ‘den 8.0 dS m⁻¹ ‘e kadar arttığında başakta tane ağırlığında %22.8 oranında azalma olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.40). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre ise, başakta tane ağırlığı değerleri önemli derecede farklılıklar

göstermiştir. Buna göre, taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m^{-1} 'den 8.0 dS m^{-1} 'e kadar arttığında başakta tane ağırlığı 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliğinde sırasıyla %11.09, %26.22 ve %28.2 oranında azalma gerçekleşmiştir (Tablo 4.40). Elde edilen bu değerler, taban suyu 30 cm olduğu koşullarda yetiştirilen buğday bitkilerinin başakları 55 ve 80 cm taban suyu derinliğine göre daha az gelişim gösterdiği, bu nedenle 30 cm taban suyu derinliğinde konular arasında oluşan farklılık buğday bitkilerinin tuz stresinden ziyade sığ taban suyunda köklerin yeterince gelişim gösterememesinden dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

2019 yılı istatistiksel gruplandırmaları incelendiğinde; D1, D2 ve D3 taban suyu derinliklerine göre başakta tane ağırlığı değerleri sırasıyla 1.28, 1.46 ve 1.53 gr/başak olarak elde edilmiştir. Buna göre en yüksek başakta tane ağırlığı değeri 80 cm taban suyu koşullarında elde edilmiştir (Tablo 4.40). Taban suyu tuzluluğuna göre en fazla başakta tane sayısı 1.68 gr/başak ile 0.38 dS m^{-1} taban suyu derinliğinde elde edilirken, en düşük değer ise 1.21 gr ile 8.0 dS m^{-1} taban suyu tuzluluğu koşullarından belirlenmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise, ilk yıla benzer şekilde konular arasında farklılıklar oluşmuştur. Buna göre, en yüksek başakta tane ağırlığı 1.76 gr ile D3×T1 kombinasyonunda, en düşük değer ise 1.15 gr ile D1×T4 kombinasyonundan tespit edilmiştir. Aydoğan ve Soylu (2017) kuru yetiştirme koşullarında 14 ekmeklik buğday çeşidinin başakta tane ağırlığı değerlerini 1.44 – 2.07 gr arasında tespit etmişlerdir. Buna göre en yüksek başakta tane ağırlığı değerini 2.07 gr ile Bozkır çeşidinde elde etmişlerdir. Aktaş ve İkincikarakaya (2019)'da yaptıkları çalışmada 17 ekmeklik buğday çeşitlerinin 2008 ve 2009 yıllarında ortalama başakta tane verimi değerini 1.17 gr ve 1.75 gr olarak saptamışlardır. Çalışmada elde edilen değerler ile önceden yapılmış çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ancak, literatür incelendiğinde, farklı taban suyu tuzluluğu veya taban suyu derinliği koşullarında buğday bitkisinin başakta tane ağırlığı değerinin nasıl değişim gösterdiği ile ilgili detaylı araştırmalar yapılmamıştır.

Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında; taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun başakta tane ağırlığını önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Özellikle, taban suyu derinliğinin sığ olması başakta tane ağırlığının artmasını önemli derecede sınırlandırmıştır. Bu durum, bitkilerin süt olum döneminde, sığ taban suyuna maruz kalması durumunda kök bölgesinde havasız ortam oluşması ve yüksek CO_2 birikimi sonucunda bitkilerin topraktan su ve besin elementlerini dengeli bir şekilde

alımını azalmaktadır ve gelişmekte olan tanelere besin minerallerinin taşınımının azalması ile başakta tane ağırlığı değerinin azaldığı söylenebilir. Bu nedenle, su ve hava dengesi iyi kurulmuş topraklarda bitkilerin fizyolojik ve morfolojik gelişimi en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Çalışmamızda, 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu ve 80 cm taban suyu derinliğinde bitkilerin gelişimi kök bölgesinden besin alımına bağlı olarak en yüksek seviyeye ulaştığı söylenebilir. Elde edilen bu sonuçlar dikkate alındığında, buğday yetiştiriciliğinde yüksek verim elde edilebilmesi için başakta tane ağırlığının yüksek olması beklenen bir durumdur. Bu nedenle yüksek düzeyde başakta tane ağırlığı elde edilebilmesi için bitkilerin süt ve hamur olum dönemlerinde sık ve tuzlu taban suyuna maruz bırakılmaması ve taban suyunun en az 80 cm derinlikte sabit tutulması önerilmektedir.

4.9.9. Biokütle Ağırlığı

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna göre buğday bitkisinin biokütle ağırlığı (kg da⁻¹) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.41’de ve konulara ait istatistiksel değerlendirmeler Tablo 4.42’de verilmiştir.

Tablo 4.41. Yıllara göre biokütle ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	5283833.3			
	Blok	2	6274.0	3137.00	0.1466	0.2818
	Taban Suyu Derinliği	2	2279722.93	1139861.5	53.26	0.0002**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	2250024.85	750008.28	35.04	0.0016**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	276934.13	46155.69	2.15	0.0471*
	Hata	22				
VK (%)		8.45				
2019	Genel	35	5687305.80			
	Blok	2	23859.80	11930.00	1.10	0.3508
	Taban Suyu Derinliği	2	3854314.80	1927157.00	177.55	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	1398860.80	466287.00	42.96	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	171479.60	28580.00	2.63	0.0445*
	Hata	22	238790.70	10854.00		
VK(%)		4.59				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

2018 yılı sonuçlarına göre taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu bakımından biokütle ağırlığı üzerine istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) iken ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bakımından ise biokütle ağırlığını istatistiksel olarak p<0.05 önemlilik düzeyinde etkilediği belirlenmiştir (Tablo 4.41).

2019 yılı varyans analizine göre, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu istatistiksel olarak $p < 0.01$ önemlilik düzeyinde biokütle ağırlığına etki ederken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu ise $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde biokütle ağırlığını etkilediği tespit edilmiştir (Tablo 4.41).

Tablo 4.42. Yıllara göre biokütle ağırlığı (kg da^{-1}) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			Ort.
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	
2018	T1 (0.38 dS m^{-1})	2594.20 cde	2972.46 b	3547.83 a	3038.17 a
	T2 (2.0 dS m^{-1})	2495.33 def	2663.77 cd	3007.09 b	2722.06 b
	T3 (4.0 dS m^{-1})	2404.49 ef	2591.31 cde	2803.22 bc	2599.67 b
	T4 (8.0 dS m^{-1})	2102.90 g	2252.17 fg	2673.92 cd	2342.00 c
	Ort.	2399.23 c	2619.93 b	3008.01 a	
2019	T1 (0.38 dS m^{-1})	2230.43 c	2259.42 c	3037.68 a	2509.18 a
	T2 (2.0 dS m^{-1})	2076.81 cd	2165.22 cd	2947.83 a	2396.62 b
	T3 (4.0 dS m^{-1})	1908.70 de	2075.36 de	2481.16 b	2155.07 c
	T4 (8.0 dS m^{-1})	1800.00 e	1775.49 e	2446.38 b	2007.29 d
	Ort.	2003.99 b	2068.87 b	2728.26 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

2018 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça biokütle ağırlığı artmıştır. En ağır biokütle ağırlığı $3008.01 \text{ kg da}^{-1}$ ile D3 konusunda, en hafif biokütle ağırlığı $2399.23 \text{ kg da}^{-1}$ ile D1 konusunda elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre ise en ağır biokütle ağırlığı $3038.17 \text{ kg da}^{-1}$ ile T1 konusunda, en hafif biokütle ağırlığı $2342.00 \text{ kg da}^{-1}$ ile T4 konusunda elde edilmiştir. İstatistiksel olarak T2 ve T3 konuları arasında fark olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.42).

2019 yılına ait istatistiksel değerlendirmeler irdelendiğinde ise, ilk yıla benzer şekilde taban suyu derinliği arttıkça biokütle ağırlığı artmıştır. Ancak istatistiksel olarak D1 ve D2 konularında elde edilen biokütle ağırlığı değerleri arasında istatistiksel bir farklılık elde edilmemiştir. Buna göre en yüksek biokütle ağırlığı $2728.26 \text{ kg da}^{-1}$ ile D3 konusundan elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre biokütle ağırlığı değerleri 4 farklı grupta yer almışlar ve T1, T2, T3 ve T4 tuzlulukları için sırasıyla 2509.18, 2396.62, 2155.07 ve $2007.29 \text{ kg da}^{-1}$ elde edilmiştir (Tablo 4.42). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise en ağır biokütle ağırlığı $3037.68 \text{ kg da}^{-1}$ ile D3×T1 konusundan elde edilirken, D3×T1 ve D3×T2 uygulamalarının biokütle ağırlıkları arasında istatistiksel farklılık olmadığı saptanmıştır. İnteraksiyona göre en hafif biokütle ağırlığı değeri $1775.49 \text{ kg da}^{-1}$ ile

D2×T4 uygulamasından elde edilirken, D1×T4 ve D2×T4 uygulamaları arasında istatistiksel farklılık olmamıştır (Tablo 4.42). Biokütle ağırlığı ile ilgili diğer araştırmacıların elde ettikleri bulgular incelendiğinde, Tarı (2016)'da yaptığı çalışmada biokütle ağırlığını ilk yıl 1328-2094 kg da⁻¹ arasında, ikinci yıl 1013 – 1775 kg da⁻¹ arasında elde etmiş, Öztürk ve Korkut (2018)' de 15 çeşit ekmeklik buğdayın ortalama biokütle ağırlığını 2106.8 – 2539 kg da⁻¹ arasında ve en yüksek biokütle ağırlığını 2975.9 kg da⁻¹ ile tam sulamalı konuda belirlemiştir. Alghory ve Yazar (2019)'da buğdayın biokütle ağırlığını 2014 yılında 7417-16333 kg ha⁻¹, 2015 yılında 15333-20550 kg ha⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Çalışmamızda, elde edilen biokütle değerleri, diğer araştırmacıların elde ettiği değerler ile benzerlik göstermekle birlikte, özellikle taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullarda, diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ise; birim alanda yetiştirilen bitki sayısındaki farklılık ile açıklanabilir. Taban suyu derinliğinin 30 cm olduğu koşullarda biokütle ağırlığının en hafif değerde elde edilmesi, bitki kök bölgesindeki tuz birikimi ile açıklanabilir. Ayrıca, taban suyu derinliğinin 30 ve 55 cm olduğu koşullarda ortalama biokütle ağırlığının istatistiksel olarak benzer çıkması, sığ koşullarda bitki köklerinin yeterince gelişmemesi ile açıklanabilir. Çünkü, taban suyunun sığ olması bitki kök dallarında yenilenmenin azalmasına ve böylece bitkilerin kuvvetli köke sahip olmasını engellediği söylenebilir.

Ayrıca, sığ ve tuzlu taban suyu koşullarında toprak profili içerisindeki tuz miktarı bitki köklerinin gelişimi ve uzunluğunu olumsuz yönde etkilemesi sonucunda, bitki üst organlarına yeterli su ve besin taşınımı olmadığından dolayı yüksek düzeyde gelişim gösterememektedirler. Tuzluluk stresi ile biokütle arasındaki ilişki Nia vd. (2012) tarafından açıklanmıştır. Çalışmalarında tuzluluk ile biokütle ağırlığı arasında çok önemli ilişki olduğunu ve tuzluluktaki artışın buğdayın biokütle ağırlığında azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

4.9.10. Tane Boyu

Araştırmada, 2018 ve 2019 yıllarında farklı taban suyu koşullarında yetiştirilmiş buğday bitkilerinin tane boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.43'de, istatistiksel analiz sonuçları ise Tablo 4.44'de verilmiştir.

Tablo 4.43. Yıllara göre tane boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	1.7335			
	Blok	2	0.0004	0.0002	0.0494	0.9519
	Taban Suyu Derinliği	2	0.3286	0.1643	37.3948	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	1.1873	0.3958	90.0809	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.1205	0.0201	4.5729	0.0037**
	Hata	22				
VK (%)		1.20				
Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	0.8447			
	Blok	2	0.0091	0.0045	1.8701	0.1178
	Taban Suyu Derinliği	2	0.2249	0.1125	46.3715	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.5009	0.1670	68.8471	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.0564	0.0094	3.8740	0.0086**
	Hata	22				
VK(%)		1.02				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil

Tablo 4.44. Yıllara göre tane boyu (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Taban Suyu Derinliği					
Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	7.11 c	7.30 b	7.42 a	7.28 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	6.93 de	7.25 b	7.11 c	7.10 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	6.83 ef	6.89 e	7.03 cd	6.92 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	6.70 g	6.76 fg	6.93 de	6.80 d
	Ort.	6.89 c	7.05 b	7.12 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	6.72 bcd	6.78 b	6.97 a	6.82 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	6.65 def	6.68 cde	6.76 bc	6.70 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	6.52 g	6.63 ef	6.66 de	6.60 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	6.34 h	6.57 fg	6.61 ef	6.51 d
	Ort.	6.56 c	6.67 b	6.75 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

Araştırmanın 2018 ve 2019 yıllarında, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu ile tane boyu arasında istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) ilişki bulunmuştur (Tablo 4.43).

Tablo 4.44'te istatistiksel gruplandırmalar incelendiğinde, taban suyu derinliği ile tane boyutu arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, D1, D2 ve D3 taban suyu derinlikleri için tane boyu sırasıyla 6.89, 7.05 ve 7.12 mm olarak belirlenmiştir. Taban suyu derinliğine göre ise en uzun tane boyu değeri 7.28 mm ile T1 konusundan elde edilirken, en kısa tane boyu değeri 6.80 mm ile T4 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.44). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu

interaksiyonuna göre; en uzun tane boyu 7.42 mm ile D3×T1 kombinasyonunda, en kısa tane boyu ise 6.70 mm ile D1×T4 kombinasyonunda elde edilmiştir.

2019 yılına ait istatistiksel gruplandırma irdelendiğinde, 2018 yılına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tane boyu ile taban suyu derinliği arasında pozitif ilişki, taban suyu tuzluluğu ile tane boyu arasında negatif ilişki belirlenmiştir. Buna göre en uzun tane boyu değeri 6.75 mm ile 80 cm taban suyu derinliğinde, en kısa tane boyu ise 6.56 mm ile 30 cm taban suyu derinliğinde elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre tane boyu değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak 4 farklı grupta yer almıştır. En uzun tane boyu değeri 6.82 mm ile 0.38 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunda, en kısa değer ise 6.51 mm ile 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.44). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre; taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m⁻¹ ‘den 8.0 dS m⁻¹’e kadar arttığında tane genişliği değeri 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinde sırasıyla 6.72-6.34, 6.78-6.57, 6.97-6.61 mm arasında değişim göstermiştir. Buna göre, D1×T4 konusuna ait tane boyu değeri D3×T1 konusuna göre %9.04 oranında daha kısa elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda taban suyu tuzluluğu arttıkça tane boyunun azaldığı, bununla birlikte taban suyu derinliği arttıkça ise tane boyunun arttığı belirlenmiştir. Bu durum, bitkilerin taban suyundan beslenme miktarına, taban suyu kalitesine, bitkinin tuz stresine maruz kalma süresine, toprak nem içeriği ve toprak tuzluluğuna bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Xue vd. (2001) yılında yaptıkları çalışmada toprak tuzluluğu arttıkça buğday tanelerinin boyutunun azaldığını tespit etmişlerdir. Nadeem vd. (2020) yılında 4 farklı ekmeklik buğday genotiplerini 0, 7.5 ve 15 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında yetiştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, buğday tanelerinin boyu 0.50 cm ile 0.96 cm arasında değiştiğini ve toprak tuzluluğunun tane boyutlarını önemli derecede etkilediğini ifade etmişlerdir. Şahin vd. (2013)’te tane boyutu ile tane ağırlığının arasında önemli bir ilişki olduğunu ve tane büyüklüğünün tanedeki endosperm oranının yüksek olmasından dolayı kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yang ve Zhang (2006)’da gelişen ve olgunlaşan tohumlarda besin maddesi birikimi çevresel değişimlerden önemli derecede etkilendiğini ve bu durumun tohumların nicel ve nitel kalitesini etkilediğini rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, tane dolum periyotlarında buğday bitkilerinin tuzlu ve sığ taban suyuna maruz kalması absorbe edilen besin elementi miktarını azaltmıştır. Bir başka ifade ile, tuzlu taban suyu koşullarında bitkilerin büyüme durumu ile tane boyutları yakından ilişkilidir. Korkmaz ve Akınoğlu

(2021)'de bitki ya da doku büyümesini; bitkide hücre sayısının çoğalması ve yeni taşıyıcıların sentezlenmesi olarak ifade etmişler ve bu durumun bitki de iyon absorpsiyonunu arttırdığını belirtmişlerdir. Belirtilen bu durum dikkate alındığında, tuzluluk stresi ve sığ taban suyu koşullarında bitkilerin kök sisteminin zayıf gelişim göstermesi, bitkilerin yetersiz beslenmesine ve sonuç olarak gelişimi zayıf ve buruşuk tohumların oluşmasına neden olduğu söylenebilir.

4.9.11. Tane Genişliği

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında yetiştirilmiş buğday bitkilerinin tane genişliği değerlerine ilişkin varyans ve istatistiksel analiz sonuçları sırasıyla Tablo 4.45 ve Tablo 4.46'da verilmiştir.

Tablo 4.45. Yıllara göre tane genişliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	0.6			
	Blok	2	0.049	0.0244	6.56	0.058
	Taban Suyu Derinliği	2	0.226	0.113	30.41	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.205	0.068	18.38	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.077	0.013	3.45	0.0149*
	Hata	22	0.082	0.004		
VK (%)		1.80				
2019	Genel	35	1.66			
	Blok	2	0.0083	0.0042	0.95	0.4009
	Taban Suyu Derinliği	2	0.6512	0.3256	74.68	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	0.7327	0.2442	56.02	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.1696	0.0283	6.49	0.0005**
	Hata	22	0.0959	0.0044		
VK(%)		2.15				

**: p < 0.01; *: p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.45 incelendiğinde, 2018 yılında taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun tane genişliği üzerine istatistiksel olarak p<0.01 önemlilik düzeyinde etkileri bulunurken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun tane genişliği üzerine istatistiksel olarak p<0.05 önemlilik düzeyinde etkisi olduğu belirlenmiştir.

2019 yılında ise, taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun tane genişliği üzerine istatistiksel olarak p < 0.01 önemlilik düzeyinde etkileri olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.45).

Tablo 4.46. Yıllara göre tane eni (mm) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	3.34 cd	3.61 a	3.48 b	3.48 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	3.30 d	3.46 b	3.42 bc	3.39 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	3.33 cd	3.47 b	3.40 bc	3.40 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	3.13 e	3.26 d	3.41 bc	3.27 c
	Ort.	3.27 b	3.45 a	3.43 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	3.26 ab	3.27 ab	3.31 a	3.28 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	2.86 ef	3.18 bc	3.25 ab	3.10 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	2.76 fg	3.06 d	3.18 bc	3.00 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	2.67 g	2.92 e	3.09 cd	2.89 d
	Ort.	2.89 c	3.11 b	3.21 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

2018 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları irdelendiğinde, taban suyu derinliği arttıkça buğday bitkilerinin tane genişliği artmıştır (Tablo 4.46). D1, D2 ve D3 konuları istatistiksel olarak 2 farklı grupta yer almışlardır. D2 ve D3 konuları arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmazken, D1 konusu ise en son grupta yer almıştır. Buna göre en geniş tane genişliği 3.45 mm ile D2 konusunda, en dar tane genişliği ise 3.27 mm ile D1 konusundan saptanmıştır. Taban suyu tuzluluğu arttıkça tane genişliği azalmış ve istatistiksel analiz sonucunda, T1 ilk grupta, T2 ve T3 ikinci grupta, T4 konusu ise son grupta yer almıştır (Tablo 4.46). Buna göre, T4 konusundaki tane genişliği, T1 konusuna göre %4.7 oranında azalmıştır.

Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise, konular arasında önemli farklılıklar gerçekleşmiştir. Buna göre en geniş tane genişliği 3.48 mm ile D3×T1 konusunda, en dar tane genişliği ise 3.13 mm ile D1×T4 konusundan elde edilmiştir. Buna göre, D1×T4 konusundaki tane genişliği değeri, D3×T1 konusuna göre %10.1 oranında azalmıştır (Tablo 4.46).

2019 yılı verileri incelendiğinde, taban suyu derinliği göre tane genişliği değeri 3 farklı grupta yer almış, 3.21 mm değeri ile D3 konusunu ilk grupta yer almıştır. Taban suyu derinliğinin 30 cm'den 80 cm' ye kadar artması tane genişliğini %10.0 oranında arttırmıştır (Tablo 4.46). Taban suyu tuzluluğuna göre ise, en geniş tane genişliği 3.28 mm ile T1 konusunda, en dar tane genişliği ise 2.89 mm ile T4 konusundan elde edilmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre ise tane genişliği değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmuştur. Buna göre, taban suyu tuzluluğu 0.38 dS m⁻¹ 'den 8.0 dS m⁻¹'e kadar

arttığında tane genişliği değeri 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinde sırasıyla 3.26 – 2.67, 3.27 – 2.92 ve 3.31- 3.09 mm arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.46).

Her iki yılda elde edilen değerler dikkate alındığında, 2019 yılında ortalama tane genişliği değeri 2018 yılındaki tane genişliğine göre %9.36 oranında azalmıştır. Elde edilen bu sonuç, bitkilerin bitki kök bölgesinden beslenme durumuna göre değişim gösterdiği söylenebilir. Çünkü, 2019 yılında bitkilerin taban suyundan beslenme miktarları 2018 yılına kıyasla daha az düzeyde gerçekleşmiştir. Bir başka ifade ile, bitkilerin taban suyundan beslenme miktarının azalması, kapilarite ile su taşınımı azalmadır. Bu durumda, bitkilerin beslenmesi azalmaktadır. Sehgal vd. (2017)' de bitkilerin tane doldurma periyotlarında strese maruz kalmaları durumunda tohumların asimilat doldurma miktarını yavaşlattığını ve tohum boyutunu sınırlandırmak için doldurma süresini kısalttığını ifade etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, sık taban suyu nedeniyle bitkilerin hem oksidatif hem tuz stresine maruz kalması tane boyutlarını önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir.

4.9.12. Bin Tane Ağırlığı

Çalışma kapsamında 2018 ve 2019 yılları için bin tane ağırlığına (g) ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.47'de ve sonuçlara ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.48'de verilmiştir.

Tablo 4.47. Yıllara göre bin tane ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	281.6			
	Blok	2	5.5	2.76	7.05	0.081
	Taban Suyu Derinliği	2	36.0	17.98	45.91	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	220.6	73.54	187.73	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	10.9	1.82	4.64	0.0034**
	Hata	22	8.6	0.39		
VK (%)		1.40				
	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	384.53			
	Blok	2	1.50	0.75	1.12	0.3435
	Taban Suyu Derinliği	2	115.19	57.59	86.19	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	212.28	70.76	105.89	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	40.86	6.81	10.19	0.0001**
	Hata	22	14.70	0.67		
VK(%)		1.79				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.48. Yıllara göre bin tane ağırlığı (gr) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	45.87 bc	48.19 a	48.38 a	47.48 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	45.18 cd	45.64 c	47.22 ab	46.01 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	44.03 e	43.17 e	45.97 bc	44.39 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	39.97 f	39.80 f	42.71 e	40.83 d
	Ort.	43.76 b	44.20 b	46.07 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	48.85 ab	49.08 ab	49.56 a	49.16 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	43.99 d	46.74 c	47.91 bc	46.21 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	41.89 e	43.57 de	47.10 c	44.19 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	38.88 f	42.60 de	46.56 c	42.68 d
	Ort.	43.40 c	45.50 b	47.78 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

2018 ve 2019 yıllarına ait varyans sonuçlarına göre; bin tane ağırlığı üzerine taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu etkisiyonu %1 düzeyde etki etmiştir (Tablo 4.47).

2018 istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.37’de incelendiğinde, taban suyu derinliği ile bin tane arasında önemli bir ilişki olduğu ve taban suyu derinliği arttıkça bin tane ağırlığının arttığı belirlenmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı değeri 46.07 gr ile D3 konusunda, en düşük bin tane ağırlığı 43.76 gr ile D1 konusundan elde edilmiş, ancak D1 ve D2 konularının bin tane ağırlıkları arasında istatistiksel farklılık oluşmamıştır (Tablo 4.48). Taban suyu tuzluluğuna göre bin tane ağırlıkları incelendiğinde; analiz sonucunda dört farklı grup oluşmuş ve en yüksek bin tane ağırlığı 47.48 gr ile T1 konusunda en düşük değer ise 40.83 gr ile T4 konusundan elde edilmiştir (Tablo 4.48). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu etkisiyonuna göre ise, konular arasında önemli farklılıklar oluşmuş, en yüksek değer 48.38 g ile D3×T1 konusundan elde edilirken, en düşük değer ise 39.80 gr ile D2×T4 uygulamasından elde edilmiştir. Ancak, D1×T1, D2×T1, D3×T1, D3×T2, D3×T3 ve D3×T4 uygulamalarının bin tane ağırlığı değerleri arasında istatistiksel farklılık oluşmamıştır (Tablo 4.48).

2019 yılında konulara göre bin tane ağırlığı değerleri incelendiğinde, 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliğinde ortalama bin tane ağırlığı değerleri sırasıyla 43.40, 45.50 ve 47.78 gr olarak elde edilmiştir (Tablo 4.48). Taban suyu tuzluluğuna göre bin tane ağırlıkları irdelendiğinde, en yüksek değer 49.16 gr ile T1 konusunda, en düşük değer ise 42.68 gr ile T4 konusunda tespit edilmiştir (Tablo 4.48). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu etkisiyonuna göre ise, 49.56 gr ile D3×T1

konusundan elde edilirken D3×T1, D2×T1 ve D1×T1 konularının bin tane değerleri arasında istatistiksel farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. En düşük değer ise 38.88 gr ile D1×T4 konusunda elde edilmiştir. Başka araştırmacıların ekmeklik buğday çeşitlerine ait buldukları bin tane ağırlığı sonuçları incelendiğinde, Boru vd., (2019) yılında ekmeklik buğday çeşitlerinin bin tane ağırlıkları değerlerinin 39.1 ile 46.6 gr arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Şermet (2019)'da 120 adet yerel ekmeklik buğday çeşitlerinin bin tane ağırlığının 35.4 ile 61.7 gr arasında, Hoccoğlu ve Akçura (2014) ise 32.1– 49.6 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen değerler, yapılmış çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda, 30 ve 55 cm taban suyu koşullarında taban suyu tuzluluğunun 2 dS m⁻¹ 'den daha yüksek olduğunda buğday bitkisinin bin tane ağırlığı önemli derecede azalış göstermiştir. Bu durum, buğday bitkisinin büyüme periyodunda artan tuzluluk stresi ile karşılaşması durumunda tane dolum sürecini olumsuz etkilediği söylenebilir. Benzer sonuç Tekin (2010) tarafından da elde edilmiştir. Çalışmasında, buğday bitkisinin çiçeklenme ve tane dolum dönemlerinde su-tuz stresi ile karşılaşması tanelerin küçük ve zayıf gelişim göstermesine neden olduğunu ifade etmiştir. Ghane vd. (2009) ve Nia vd. (2012) yılında yapmış oldukları çalışmada tuzluluk ile birlikte buğdayda 1000 tane ağırlığının önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir. Zhang vd. (2018) yılında yapmış oldukları çalışmada farklı taban suyu derinliklerinin (0.2 m, 0.4m, 0.5 m, 0.6 m ve 0.8 metre) buğdayın bin tane ağırlığı üzerine olan etkilerini incelenmişler ve en düşük bin tane ağırlığının taban suyunun 0.2 m'de tutulduğu konuda olduğunu belirlemişlerdir. Diğer konularda ise bin tane ağırlığı değerleri arasında istatistiksel önemlilik olmadığını ifade etmişlerdir.

4.9.13. Hektolitre Ağırlığı

Araştırmada, farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğu koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin hektolitre ağırlığı değerlerine yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 4.49'da ve konulara göre elde edilen ortalama değerlere ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.50'de verilmiştir.

Hektolitre ağırlığı bakımından 2018 ve 2019 yıllarında taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre konular arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli oldukları tespit edilmiştir (Tablo 4.49).

Tablo 4.49. Yıllara göre hektolitre ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	278.6			
	Blok	2	0.12	0.06	0.14	0.8674
	Taban Suyu Derinliği	2	107.50	53.75	125.78	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	149.85	49.95	116.88	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	11.77	1.96	4.59	0.0036**
	Hata	22	9.40	0.43		
VK (%)		0.86				
	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	384.05			
	Blok	2	1.38	0.69	1.88	0.1762
	Taban Suyu Derinliği	2	214.68	107.34	292.79	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	132.56	44.19	120.53	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	27.36	4.56	12.44	0.0001**
	Hata	22	8.07	0.37		
VK(%)		0.84				

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

2018 yılına ait istatistiksel gruplandırma Tablo 4.50' de görüldüğü üzere, taban suyu derinliğine göre hektolitre ağırlığı değerleri incelendiğinde, en yüksek hektolitre ağırlığı değeri 77.55 kg/hl ile D3 konusundan elde edilirken, en düşük hektolitre ağırlığı ise, 73.33 kg/hl ile D1 konusundan elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre hektolitre ağırlığı değerleri 4 farklı grupta yer almıştır. Buna göre; T1, T2, T3 ve T4 konularına ait hektolitre ağırlığı değeri sırasıyla 78.45, 76.15, 74.61 ve 72.90 kg/hl olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.50' de taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonu ilişkin istatistiki gruplandırmaya göre; en yüksek hektolitre ağırlığı değeri D3×T1 konusunda (80.02 kg/hl), en düşük hektolitre ağırlığı ise D1×T4 konusunda (70.34 kg/hl) gözlemlenmiştir. Ayrıca, taban suyu tuzluluğunun T1'den T4'e kadar artması ile hektolitre ağırlığı değerleri sırasıyla D1 konusunda 77.06-70.34 kg/hl, D2 konusunda 78.26-73.59 kg/hl, D3 konusunda 80.02-74.77 kg/hl arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.50).

Tablo 4.50. Yıllara göre hektolitre ağırlığı (kg/hl) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	77.06 c	78.26 b	80.02 a	78.45 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	73.09 e	77.05 c	78.31 b	76.15 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	72.83 e	73.88 de	77.12 c	74.61 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	70.34 f	73.59 e	74.77 d	72.90 d
	Ort.	73.33 c	75.70 b	77.55 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	72.73 c	74.25 ab	75.13 a	74.04 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	67.43 f	73.08 c	74.68 a	71.73 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	66.49 f	72.32 c	73.34 bc	70.72 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	64.98 g	70.04 e	71.11 d	68.71 d
	Ort.	67.91 c	72.42 b	73.57 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Araştırmanın 2019 yılında taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna göre istatistiksel gruplandırma 2018 yılına benzer şekilde gerçekleşmiştir. Buna göre, taban suyu derinliğine göre en yüksek hektolitre ağırlığı değeri 73.57 kg/hl ile D3 konusunda, en düşük hektolitre ağırlığı değeri ise 67.91 kg/hl ile D1 konusunda bulunmuştur (Tablo 4.50). Hektolitre ağırlığı taban suyu tuzluluğunun artması ile azalmış ve en yüksek hektolitre ağırlığı değeri 75.13 kg/hl ile T1 konusunda, en düşük hektolitre ağırlığı ise 67.91 kg/hl ile T4 konusunda belirlenmiştir. Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre hektolitre ağırlığı değerleri arasında istatistiki farklılık oluşmuş ve 64.98 ile 75.13 kg/hl arasında değişim göstermiştir. Buna göre, en yüksek hektolitre değeri D3×T1 konusunda (75.13 kg/hl) elde edilmiştir (Tablo 4.50). Ancak, D3×T1, D3×T2 ve D2×T1 konularına ait hektolitre ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. En düşük hektolitre ağırlığı değerinin ise 64.98 kg/hl ile D1×T4 konusundan elde edilmiştir. Tarı (2016)'da Konya ovasında buğday bitkisine ait hektolitre ağırlığı değerlerini 2010 yılında 74.1-77.6 kg/hl arasında, 2012 yılında ise 75.2-79.1 kg/hl arasında tespit etmiştir. Aydoğan ve Soylu (2017) yılında hektolitre ağırlığı değerlerini 73.32-78.35 kg/hl arasında belirlenmiştir. Mut vd., (2017)'de Yozgat koşullarında 14 ekmeklik buğday çeşidinin ortalama hektolitre ağırlığı değerini 2010, 2011 ve 2012 yıllarında sırasıyla 80.9, 78.6 ve 75.4 kg/hl olarak tespit etmişlerdir. Tunca (2020) yılında Eskişehir koşullarında kuru şartlarda yetiştirdiği buğday genotiplerinin ortalama hektolitre ağırlığını 2016 yılında 82.13 kg/hl, 2017 yılında 79.84 kg/hl olarak belirlemiştir. Özkaya ve Kahveci, (1990) ve Aydın vd. (2005) yaptıkları çalışmalarda buğday bitkisinin hektolitre ağırlığı değerinin; çeşit,

kültürel uygulamalar, çevresel koşullar, tane şekli-büyükülüğü-yoğunluğu gibi faktörlerden önemli derecede etkilendiğini ifade etmişlerdir. Literatür incelendiğinde, farklı taban suyu tuzluluğu veya taban suyu derinliği koşullarında yetiştirilmiş buğday bitkisinin hektolitreye ağırlığı ile ilgili rapor edilmiş çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmamızda elde edilen değerler ile Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilmiş buğday çeşit ve genotiplere ait hektolitreye ağırlığı değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Her iki yılda elde edilen değerlere göre; taban suyu derinliği D3'ten D1'e kadar azaldığında hektolitreye ağırlığı 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla %5.4 ve %7.7 oranında azalmıştır. Taban suyu tuzluluğu T1'den T4'e kadar arttığında hektolitreye ağırlığı 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla %7.1 ve %7.2 oranında azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, ikinci yılda buğday bitkilerinin hektolitreye ağırlığı birinci yıla kıyasla daha düşük düzeyde olduğunu göstermiştir. Özellikle, bitkilerin 2019 yılında taban suyundan beslenme miktarlarının 2018 yılına göre daha az olması, 2019 yılındaki tane büyüklüğünün 2018 yılına göre daha küçük olmasına neden olmuştur. Konulara göre hektolitreye ağırlığında meydana gelen farklılıklar yıllara göre tane büyüklüğünde oluşan farklılığa bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir.

4.9.14. Bitki Yaş Ağırlığı

Bitki yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.51'de ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.52'de verilmiştir.

Tablo 4.51. Yıllara göre bitki yaş ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	25.75			
	Blok	2	0.13	0.06	0.47	0.6283
	Taban Suyu Derinliği	2	3.73	1.86	12.69	0.0002**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	16.59	5.53	37.62	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	2.05	0.34	2.33	0.0685 ^{ÖD}
	Hata	22	3.23	0.14		
VK (%)		3.96				
	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2019	Genel	35	63.7			
	Blok	2	1.17	0.58	1.99	0.1611
	Taban Suyu Derinliği	2	19.18	9.59	32.39	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	33.85	11.28	38.11	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	2.94	0.49	1.66	0.1795 ^{ÖD}
	Hata	22	6.51	0.29		
VK (%)		6.71				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil.

2018 ve 2019 yıllarına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun bitki yaş ağırlığına %1 önemlilikte etki ederken, taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bitki yaş ağırlığına etki etmemiştir (Tablo 4.51).

Tablo 4.52. Yıllara göre bitki yaş ağırlığı (gr) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	9.75	10.71	11.47	10.64 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	9.66	9.88	10.00	9.84 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	9.12	9.37	9.94	9.48 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	8.60	8.80	8.88	8.76 c
	Ort.	9.28 c	9.69 b	10.07 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	8.91	8.80	10.82	9.51 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	7.37	8.37	9.35	8.36 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	7.13	7.80	8.23	7.72 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	5.76	6.93	7.86	6.85 d
	Ort.	7.29 c	7.97 b	9.07 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

2018 yılına ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.53'te görüldüğü üzere, bitki yaş ağırlıkları taban suyu derinliğine göre istatistiksel olarak 3 farklı grupta yer almıştır. Bu gruplandırmada; en yüksek bitki yaş ağırlığı değeri D3 konusunda (10.07 gr), en düşük bitki yaş ağırlığı değeri ise D1 konusunda (9.28 gr) elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre bitki yaş ağırlığı değerleri; T1, T2, T3 ve T4 konuları için sırasıyla 10.64, 9.84, 9.48 ve 8.76 gr olarak tespit edilmiştir. Buna göre, taban suyu tuzluluğunun T1'den T4'e kadar artması bitki yaş ağırlığını %17.66 oranında azaltmıştır (Tablo 4.52).

2019 yılı verileri incelendiğinde, taban suyu derinliğinin artması ile birlikte bitki yaş ağırlığının arttığı tespit edilmiştir. Tablo 4.52'de görüldüğü üzere, en fazla bitki yaş ağırlığı 9.07 gr ile D3 konusunda ve en az bitki yaş ağırlığı ise 7.29 gr ile D1 konusundan elde edilmiştir. 2019 yılında ölçülen bitki yaş ağırlıkları değerleri taban suyu tuzluluğuna göre 4 farklı grupta yer almışlardır. Buna göre en fazla bitki yaş ağırlığı değeri 9.51 gr ile T1 konusunda, en az değer ise 6.85 gr ile T4 konusundan belirlenmiştir (Tablo 4.52).

Her iki yılda elde edilen sonuçlar birlikte incelendiğinde, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliğinin bitki yaş ağırlığını önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Her iki yılda da taban suyu derinliği arttıkça bitki yaş

ağırlığı artmıştır, ancak taban suyu tuzluluğu arttıkça bitki yaş ağırlığı azalmıştır. Elde edilen bu durum, bitki kök bölgesinde oluşan su ve tuz streslerine bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Benzer sonuç, Xia vd. (2017) tarafından da rapor edilmiştir. Çalışmalarında, kontrollü drenaj koşullarında bitkilerin büyük ölçüde maruz kaldıkları su veya tuz stresi taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Bununla birlikte, taban suyu derinliği toprak yüzeyine doğru yaklaştıkça bitkilerin kökleri aracılığıyla su emilimi zorlaşarak kök bölgesinden su kullanımı azalır, bu durum da bitkilerin büyümesi ve topraktan besin alımının olumsuz etkilendiğini Yang vd. (2013)'te ve Zimmermann vd. (2017) tarafından ifade edilmiştir. Özellikle, ikinci yılda konulara göre bitki su tüketim değerleri birinci yıla kıyasla daha az düzeyde gerçekleşmiştir. Bu durum, ikinci yılda bitkilerin büyüme ve gelişmesi için su ve besin elementlerini yeterli miktarda alamadığından dolayı bitkilerin ilk yıla kıyasla daha zayıf gelişim göstermesine neden olduğu söylenebilir.

4.9.15. Bitki Kuru Ağırlığı

Farklı taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin bitki kuru ağırlığı değerlerine ilişkin varyans ve istatistiksel analiz sonuçları sırasıyla Tablo 4.53 ve Tablo 4.54'te verilmiştir.

Tablo 4.53. Yıllara göre bitki kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Yıl	Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
2018	Genel	35	2.77			
	Blok	2	0.0078	0.0039	0.38	0.6915
	Taban Suyu Derinliği	2	0.5880	0.2940	28.37	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	1.6242	0.5414	52.24	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.3187	0.0531	5.13	0.002**
	Hata	22	0.2280	0.0104		
VK (%)		4.10				
2019	Genel	35	5.2			
	Blok	2	0.029	0.0145	1.90	0.1736
	Taban Suyu Derinliği	2	1.331	0.666	87.06	0.0001**
	Taban Suyu Tuzluluğu	3	3.053	1.018	133.11	0.0001**
	T. Suyu D. × T. Suyu Tuz. İnt.	6	0.667	0.111	14.53	0.0001**
	Hata	22	0.168	0.008		
VK(%)		4.60				

** : p < 0.01; * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.53'te bakıldığında, araştırmanın 2018 ve 2019 yıllarında bitki kuru ağırlığı bakımından taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliği

konuları ile taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna ait konular arasındaki farklılıklar %1 seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.54. Yıllara göre bitki kuru ağırlığı (gr) değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Yıl	Taban Suyu Tuzluluğu	Taban Suyu Derinliği			
		D1 (30 cm)	D2 (55 cm)	D3 (80 cm)	Ort.
2018	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	2.73 b	2.55 c	3.12 a	2.80 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	2.30 ef	2.49 cd	2.56 c	2.45 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	2.17 fg	2.45 cde	2.53 c	2.39 b
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	2.11 g	2.22 fg	2.33 def	2.22 c
	Ort.	2.33 c	2.43 b	2.64 a	
2019	T1 (0.38 dS m ⁻¹)	1.79 d	2.23 c	2.64 a	2.22 a
	T2 (2.0 dS m ⁻¹)	1.71 d	2.11 c	2.46 b	2.09 b
	T3 (4.0 dS m ⁻¹)	1.69 de	1.79 d	1.84 d	1.77 c
	T4 (8.0 dS m ⁻¹)	1.41 f	1.46 f	1.54 ef	1.47 d
	Ort.	1.65 c	1.90 b	2.12 a	

Not: Koyu olan / olmayan satır ve sütunda aynı harfle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (p < 0.05).

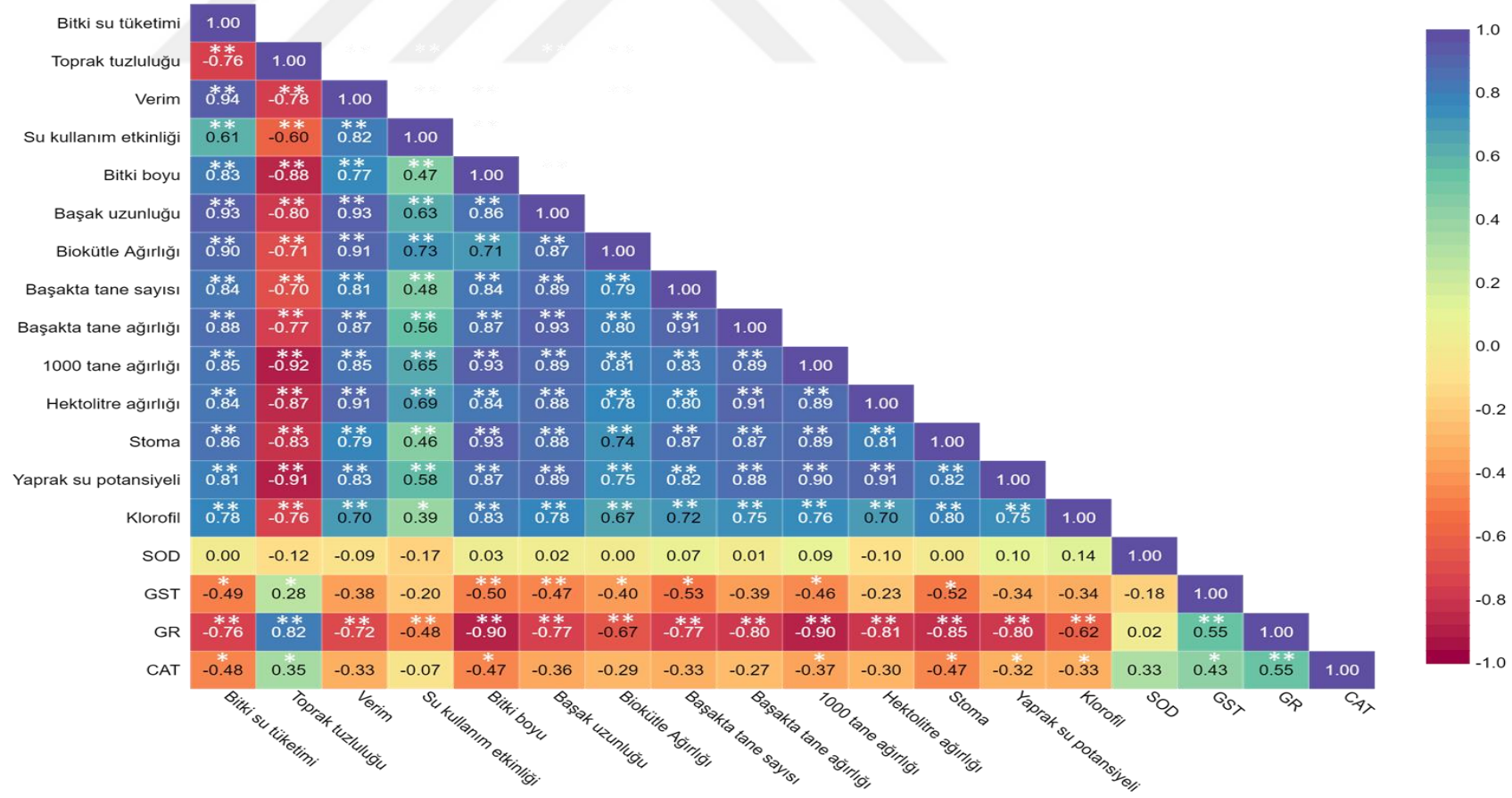
Tablo 4.54'te 2018 yılına ait istatistiksel gruplandırmada görüldüğü üzere, taban suyu derinliği bakımından en fazla bitki kuru ağırlığı değeri D3 konusunda (2.64 gr), en düşük değer ise D1 konusundan (2.33 gr) belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğu bakımından bitki kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde, elde edilen değerler istatistiksel olarak 3 farklı grupta yer almıştır. Buna göre, T1, T2, T3 ve T4 konularına göre bitki kuru ağırlığı değerleri sırasıyla 2.80, 2.45, 2.39 ve 2.22 gr olduğu belirlenmiştir. Konular arasında oransal azalma miktarı incelendiğinde; taban suyu tuzluluğunun T1'den T4'e kadar artması sonucunda bitki kuru ağırlığı %20.7 oranında azalma gerçekleşmiştir (Tablo 4.54). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonuna göre bitki kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde; en fazla bitki kuru ağırlığı değeri D3×T1 konusunda (3.12 gr), en düşük bitki kuru ağırlığı ise D1×T4 konusunda (2.11 gr) elde edilmiştir. Taban suyu tuzluluğunun T1'den T4'e kadar artmasıyla bitki kuru ağırlığı değerleri D1 konusunda 2.73-2.11 gr, D2 konusunda 2.55-2.22 gr, D3 konusunda ise 3.12 – 2.33 gr arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.54).

Araştırmanın ikinci yılında; taban suyu derinliğine göre en yüksek bitki kuru ağırlığı değeri 2.12 gr ile D3 konusunda elde edilmiş, daha sonra 1.90 gr ve 1.65 gr değerleri ile sırasıyla D2 ve D1 konuları takip etmiştir (Tablo 4.54). Taban suyu tuzluluğuna göre ise bitki kuru ağırlığının değişimi irdelendiğinde, konular arasında istatistiksel olarak 4 farklı grup oluşmuştur. Buna göre en yüksek bitki kuru ağırlığı değeri T1 konusunda (2.22 gr), en düşük bitki kuru ağırlığı değeri ise T4 konusundan

(1.47 gr) bulunmuştur (Tablo 4.54). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğuna göre bitki kuru ağırlıkları değerleri arasında ilk yıla benzer şekilde istatistiksel olarak önemli farklılıklar gerçekleşmiştir. Buna göre en yüksek bitki kuru ağırlığı değeri 2.64 gr ile D3×T1 konusunda, en düşük bitki kuru ağırlığı değerleri ise 1.41 ve 1.46 gr değerleri ile D1×T4 ve D2×T4 konularından elde edilmiştir (Tablo 4.55). Taban suyu derinliği×taban suyu tuzluluğu interaksyonu bakımından bitki kuru ağırlıkları; taban suyu tuzluluğu T1'den T4'e kadar artması ile D1 konusunda %21.2, D2 konusunda %34.5 ve D3 konusunda %41.7 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bu durum, 30 cm taban suyu derinliğinde yoğun oksidatif ve tuz stresleri nedeniyle bitkilerin büyüme ve gelişmesi, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerine göre daha az düzeyde gerçekleşmiştir. Bu durumda D1 konusunda oransal azalmanın daha az olmasına neden olduğu söylenebilir. Özellikle, taban suyu tuz içeriği arttıkça bitki büyüme ve gelişmesinde meydana gelen azalma ile birlikte kuru ağırlık miktarında azalmanın gerçekleşmesi beklenen durumdur. Ayrıca taban suyu derinliği D1'den D3'e doğru arttıkça toprak tuz içeriği azalmaktadır, buda bitki gelişimini olumlu etkilediği ve bitki kuru ağırlıkları arasında fark oluşmasına neden olduğu söylenebilir. Ghamarnia ve Daichin (2015) yaptıkları çalışmada taban suyu derinliği arttıkça Kışniş bitkisinin kuru ağırlığında azalma olurken, taban suyu tuzluluğundaki artış kışniş bitkisinin kuru ağırlığında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Karimi vd. (2011) mısırdaki yaptığı çalışmada taban suyu tuzluluğundaki artışın bitkinin kuru ağırlığında önemli derecede azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.10. Parametreler Arasındaki İlişkiler

Tablo 4.55. Bitki su tüketimi, toprak tuzluluğu ile enzimler, verim ve büyüme parametreleri arasındaki ilişkiler



** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

2018 ve 2019 yıllarına ait bitki su tüketimi, toprak tuzluluğu, verim, su kullanım etkinliği, bitki boyu, başak uzunluğu, biokütle ağırlığı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, stoma iletkenliği, klorofil içeriği, yaprak su potansiyeli, SOD, GST, GR ve CAT enzimlerinin yıllar ortalaması alınarak, parametreler arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.55’te verilmiştir.

Bitki su tüketimi ile verim ve verim öğeleri arasında %1 önemlilik düzeyinde pozitif yönlü ilişkiler olduğu tespit edilmiştir ancak bitki su tüketimi ile toprak tuzluluğu arasında %1 önemlilik düzeyinde negatif yönlü ilişki tespit edilmiştir. Bitki su tüketimi ile enzimler arasındaki ilişkiler incelendiğinde; bitki su tüketimi ile SOD enzimi arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı ancak bitki su tüketimi ile GST ve CAT enzimleri arasında %5 düzeyinde negatif ilişki ve GR enzimi ile %1 önemlilik düzeyinde pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon katsayıları dikkate alındığında, bitki su tüketimi arttıkça verim ve verim öğeleri pozitif yönde artış olduğunu ifade etmektedir. Bitki su tüketimi ile enzim katsayıları dikkate alındığında, bitki su tüketimi ile en yüksek korelasyon katsayısına (-0.76) sahip olan GR enzimi arasında yüksek bir ilişkinin olduğu, bitki su tüketimi arttıkça GR enzimi negatif yönde azalış gösterdiğini ifade etmektedir.

Toprak tuzluluğu ile verim ve verim öğeleri arasında %1 önemlilik düzeyinde negatif ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Ancak, toprak tuzluluğu ile SOD enzimi arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı, GST, CAT ile %5 önemlilik düzeyinde, GR enzimi ile %1 önemlilik düzeyinde pozitif ilişki tespit edilmiştir. Bir başka ifade ile, toprak tuzluluğu arttıkça verim, su kullanım etkinliği, bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, başakta tane sayısı ve ağırlığı, stoma ve klorofil olumsuz yönde etkilenirken, GST, GR ve CAT enzimleri pozitif yönde etkilenmiştir. Toprak tuzluluğu ile GR enzimi arasındaki ilişki incelendiğinde, toprak tuzluluğu ile GR enzimi arasında pozitif yönde yüksek bir ilişkinin olduğunu ifade etmektedir.

Verim ile su kullanım etkinliği arasında yüksek ve pozitif yönde %1 önemlilik düzeyinde ilişki bulunmuştur. Verim ile bitki boyu, başak uzunluğu, biokütle ağırlığı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, 1000 tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0.77, 0.93, 0.91, 0.81, 0.87, 0.85 ve 0.91 olarak belirlenmiştir. Verim ile yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, klorofil

arasında yüksek ve pozitif yönde %1 önemlilik düzeyinde ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

Su kullanım etkinliği ile verim ve verim ögeleri arasındaki ilişkilerin $p < 0.01$ önemlilik düzeyine göre önemli olduğu ve su kullanım etkinliğinin artması ile birlikte verim ve verim ögelerinin arttığı tespit edilmiştir. Verim ögeleri ile su kullanım etkinliği arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde; en yüksek korelasyon katsayısı (0.73), biokütle ağırlığı ile su kullanım etkinliği arasında gerçekleşmiştir. Buna göre birim su tüketimine karşılık yüksek düzeyde biokütle ağırlığında artış olduğu saptanmıştır.

Bitki boyu ile bitki su tüketimi arasında pozitif yönde %1 önemlilik düzeyinde bir ilişki bulunurken, bitki boyu ile toprak tuzluluğu arasında negatif yönlü %1 önemlilik düzeyinde ilişki bulunmuştur. Bitki boyu ile başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, 1000 tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla %1 önemlilik düzeyinde 0.86, 0.84, 0.87, 0.93 ve 0.84 değerleri belirlenmiştir. Buna göre, bitki boyu ile 1000 tane ağırlığı arasında çok yüksek ilişkinin olduğu, bitki boyundaki artış 1000 tane ağırlığını önemli derecede etkilediğini ifade etmektedir. Bitki boyu ile stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli ve klorofil içeriği arasında yüksek ve pozitif yönlü %1 önemlilik düzeyinde ilişki bulunmuştur.

Başak uzunluğu ile biokütle ağırlığı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı arasında yüksek pozitif yönlü ve %1 düzeyine göre önemli ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Stoma iletkenliği, klorofil ve yaprak su potansiyeli ile başak uzunluğu arasında pozitif yönlü %1 önemlilik düzeyine göre ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, buğday bitkisinin fotosentetik pigmentlerindeki artış başak uzunluğunu pozitif yönde etkilediği söylenebilir.

1000 tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği ve klorofil arasında yüksek düzeyde pozitif yönlü ve %1 önemlilik düzeyine göre önemli ilişkiler belirlenmiştir. 1000 tane ağırlığı ile başakta tane ağırlığı arasında korelasyon katsayısı 0.89 bulunurken, 1000 tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı arasındaki korelasyon katsayısı 0.91 bulunmuştur.

SOD enzimi ile toprak tuzluluğu, verim, verim ögeleri, klorofil, stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır. Özellikle, SOD

enzimi ile bitki su tüketimi, biokütle ağırlığı ve stoma iletkenliği arasındaki korelasyon katsayısı 0.00 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu durum, SOD enziminin bitki gelişimi, verim ve verim öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve tahmin edilmesinde SOD enzimi tahmin parametresi olarak kullanılmamalıdır.

GST enzimi ile verim arasında -0.38 korelasyon katsayısı bulunmuş ancak elde edilen bu değer istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. GST ile bitki boyu ve başak uzunluğu arasında orta düzeyde negatif yönlü ve %1 önemlilik düzeyinde ilişkiler bulunmuştur. GST ile başak uzunluğu, başakta tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve stoma iletkenliği arasında negatif yönlü %5 önemlilik düzeyinde ilişkiler bulunmuştur. Elde edilen bu durum; buğday bitkilerinde GST enziminin artması, bitkilerin strese maruz kaldığını ve verim öğelerinin önemli derecede azaldığını göstermektedir. GST ile GR arasında orta düzeyde pozitif yönlü %1 önemlilik düzeyinde ilişki bulunurken, GST ile CAT arasında orta düzeyde pozitif yönlü %5 önemlilik düzeyinde ilişki bulunmuştur. Elde edilen bu bulgular, GST enziminin artması GR ve CAT enzimlerini pozitif yönde etkilediğini, buna göre bu enzimlerin artışı bitkilerin reaktif oksijen türlerine karşı savunma mekanizması geliştirdiği söylenebilir. Bir başka ifade ile bu GST, GR ve CAT enzimlerinin maksimum olduğu koşullar bitkilerin strese karşı tolerans gösterdiği maksimum seviyesi ifade etmektedir. Bu nedenle, GST enziminin abiyotik streslere karşı pik yaptığı düzeylerin belirlenmesi, bitki morfoloji ve fizyolojisinde oluşabilecek zararların tahmin edilebilmesinde önemli katkı sağlayacağı söylenebilir.

GR enzimi ile verim arasında yüksek negatif yönlü ve %1 önemlilik düzeyinde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, buğday bitkisinde GR enziminin artması verimi olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. GR enzimi ile verim öğeleri arasında yüksek düzeyde negatif yönlü ve %1 önemlilik seviyesinde ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, GR enzimi ile bitki boyu, 1000 tane ağırlığı ve stoma iletkenliği arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla -0.90, -0.90 ve -0.85 değerleri bulunmuştur. Elde edilen bu değerler, GR enziminin bitki boyu, 1000 tane ağırlığı ve stoma iletkenliği ile yüksek ilişkilerin olduğu ve GR enziminin artması ile bitki boyu, 1000 tane ağırlığı ve stoma iletkenliği parametrelerinin olumsuz etkilendiğini göstermektedir. Sonuç olarak; GR enzimi, toprak tuzluluğu, bitki su tüketimi, verim ve verim öğeleri ile yüksek düzeyde ilişkilerin olması, pandas buğday çeşidinin taban

suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu streslerine karşı tepkilerinin belirlenmesinde etkin rol oynayan antioksidan enzimler olduğu söylenebilir.

CAT enzimi ile verim, su kullanım etkinliği, başak uzunluğu, biokütle ağırlığı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ile herhangi bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. CAT enzimi ile bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli ve klorofil ile negatif yönlü %5 önemlilik düzeyinde ilişki olduğu belirlenmiştir. Buna göre, CAT enzimi arttıkça pandas buğday bitkilerinin fizyolojik ve moleküler olarak olumsuz etkilendiği söylenebilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarım alanlarının sulamaya açılması ile aşırı sulama yapılması sonucunda bu alanlarda drenaj ve tuzluluk problemleri oluşabilmektedir. Bu sorun hem bitkilerde verim azalmasına hem de toprakların tuzlanarak tarımsal üretimden ayrılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda drenajın kontrol altına alınması ile ilgili çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmalarda asıl amaç taban suyunun sabit tutularak bitki su ihtiyacının bir kısmının taban suyundan sağlanmasıdır. Böylece, hem taban suyu kontrol altına alınmış, hem de sulama suyu ihtiyacı azalmış olacaktır. Ancak, sık taban suyu koşullarında en büyük problem hem taban suyunun kök gelişimini engellemesi hem de taban suyunun tuzlu olması durumunda toprakta oluşturacağı problemlerdir.

Bu çalışmada, farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna sahiplizimetrelerde yetiştirilen buğday bitkisinin tane verimi, bitki boyu, başak uzunluğu, tane eni-boyu, başak uzunluğu, başakta tane ağırlığı, başakta tane sayısı üzerine etkileri ve taban suyundan beslenme miktarları, zamansal nem içeriği, toprak tuzluluğunun değişimi, zamansal yaprak su potansiyeli, klorofil içeriği, stoma iletkenliği ve antioksidan enzim aktivitelerinin zamansal değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Dünya ve Türkiye’de yapılmış araştırmalar incelendiğinde, farklı taban suyu tuzluluğu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin antioksidan enzimlerinin zamansal değişimi, sulama ve tuzluluk yönetiminde antioksidan enzimlerinin kullanılması ile ilgili çalışma yapılmamıştır. Ayrıca, Dünyanın temel besin kaynaklarından biri olan buğday bitkisinin farklı taban suyu koşullarında hangi enzim aktivitesinden yararlanılarak bitkilerin sağlıklı olup olmadığının tespit edilmesi veya hangi stres koşulları altında olduğunun belirlenmesi ile ilgili literatürdeki boşluğu doldurmak, elde edilen sonuçlar ile Dünya ve Türk tarımında sürdürülebilir su ve bitki yönetimine katkı sağlanması hedeflenmiştir. Bu amaçlarla yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler aşağıda verilmiştir.

Araştırma sonucunda, toprak nem içeriğinin taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu ile önemli ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Elverişli nem düzeyleri 2018 yılında %76 ile %92 arasında, 2019 yılında ise %66 ile %91 arasında değişim göstermiştir. Her iki yılda en yüksek elverişli nem düzeyleri 30 cm taban suyu derinliğinde, en düşük elverişli nem düzeyleri ise 80 cm taban suyu derinliğinde elde edilmiştir.

Bununla birlikte, taban suyu tuzluluğu arttıkça lizimetrelerde elverişli nem düzeyi azalmıştır. 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinde en düşük elverişli nem düzeyleri 8.0 dS m^{-1} taban suyu tuzluluğu koşullarında gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, taban suyunun tuz içeriğinin artması ile birlikte, bitkilerin taban suyundan beslenmesinin azalmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Kontrollü drenaj koşullarında, buğday yetiştiriciliği olan bölgelerde bitkilerin taban suyundan beslenme miktarını arttırmak için taban suyunun 55 cm derinlikte ve 0.38 dS m^{-1} olduğu koşullarda sabit tutulabilir. Ancak, taban suyu tuzluluğu arttıkça, sürdürülebilir tarımsal üretim için taban suyu derinliğinin 80 cm veya daha derinde sabit tutulması önerilmektedir.

Taban suyu koşullarında, bitki su tüketimini etkileyen en önemli unsurlar, taban suyundan beslenme miktarı, taban suyu kalitesi ve taban suyu derinliğidir. Taban suyunun tuz içeriği arttıkça toprak profilinde tuzlaşma ve sodyumlaşma artması ile vejetasyon gelişimi azalmaktadır. Bu olgular dikkate alındığında, araştırmanın her iki yılında en yüksek bitki tüketimi değeri D3×T1 konusunda gerçekleşmiştir. Çalışmada bitki su tüketimi değerleri 2018 yılında 327.6 mm ile 630.1 mm arasında, 2019 yılında 383.7 mm ile 550.1 mm olarak belirlenmiştir. Taban suyundan beslenme miktarları 2018 yılında 300.9 mm ile 473.0 mm arasında, 2019 yılında ise 275.8 mm ile 451.3 mm arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Araştırmada, 2018 yılında D1, D2 ve D3 konuları için tane verimi değerleri 594.7, 700.7, 876.4 kg da^{-1} , T1, T2, T3 ve T4 konuları için ise tane verimi 621.1-821.1 kg da^{-1} arasında değişmiştir. 2019 yılında ise D1, D2 ve D3 konuları için tane verimi değerleri 545.8, 601.2 ve 770.6 kg da^{-1} , T1, T2, T3 ve T4 konuları için ise tane verimi 563.2 - 758.6 kg da^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Her iki yılda en yüksek tane verimi D3×T1 konusunda, en düşük değer ise D1×T4 konusundan elde edilmiştir. 2019 yılında elde edilen verim değerleri 2018 yılına kıyasla daha düşük elde edilmiştir. Bu durum, her iki yılda iklimsel farklılıktan dolayı bitkilerin taban suyundan beslenme miktarı değişim göstermiş, buda birim alandaki kardeş sayısını ve bitki gelişimini önemli derecede etkilemiş ve sonuç olarak tane veriminin azalmasına neden olmuştur.

Araştırmada, 2018 yılında farklı taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin su kullanım etkinliği değerleri arasında istatistiksel farklılık elde edilmemiş, ancak 2019 yılında konulara ait su kullanım değerleri arasında önemli farklılıklar elde edilmiştir. Bunun için, 2018 yılında su kullanım etkinliği değeri $1.49 - 1.65 \text{ kg m}^{-3}$ arasında, 2019 yılında ise $1.18 - 1.73 \text{ kg m}^{-3}$ arasında değiştiği

belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en düşük ve en yüksek su kullanım etkinliği değerleri sırasıyla D1×T4 ve D3×T4 konularından elde edilmiştir. Bununla birlikte, D3×T2, D3×T3 ve D3×T4 konularına ait su kullanım etkinliği değerleri arasında istatistiksel farklılık oluşmamıştır. Genel olarak, taban suyu derinliği arttıkça su kullanım etkinliğinde artış gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, birim suya karşılık tane verim ve kalitesinin artması ve sürdürülebilir toprak-su yönetimi için buğday yetiştiriciliği yapılacak alanlarda taban suyu derinliğinin 80 cm veya daha derinde tutulması önerilmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre, birim alanda tane verimini etkileyen önemli parametrelerden bazıları ise başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığıdır. 2018 ve 2019 yıllarında ortalama başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı sırasıyla 2018 yılı için, 10.04 cm, 26.24 adet ve 1.43 gr/adet, 2019 yılı için ise 10.28 cm, 31.39 adet ve 1.42 gr/adet olarak belirlenmiştir. En yüksek değerler, D3×T1 konusunda, en düşük değerler ise D1×T4 konusundan elde edilmiştir.

Çalışmada, her iki yılda toprak tuzluluğu ile taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu arasında önemli ilişki olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın ilk yılında toprak tuzluluğu değerleri 0.90 ile 12.12 dS m⁻¹ arasında, ikinci yılda ise 1.12 ile 10.67 dS m⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Her iki yılda, en yüksek toprak tuzluluğu değerleri D1 konusunda, en düşük değerler ise D3 konusunda elde edilmiştir. 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerinde taban suyu tuzluluğu arttıkça toprak tuzluluğu değeri artmıştır. Her iki yılda en yüksek toprak tuzluluğu değeri D1×T4 konusunda, en düşük toprak tuzluluğu değeri D3×T1 konusunda elde edilmiştir. Elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda ise, 8.0 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğu şartlarında taban suyu derinliği 30 cm’de sabit tutulduğunda evapo-transpirasyon sonucunda toprakta önemli derecede tuz birikmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle tuzlu ve sık taban suyunun kontrollü drenaj sistemi ile kontrol altında tutulması sürdürülebilir toprak ve bitki yönetimi açısından önerilmemektedir. Ancak, taban suyu derinliği 80 cm’de sabit tutulduğunda, toprakta bitki gelişimini önemli derecede azaltacak tuz birikiminin gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Ayrıca, kontrollü drenaj sistemi planlanmasında taban suyu derinliği ile birlikte taban suyu kalitesi göz önünde bulundurularak kapillar yükselme ile birlikte bitki kök bölgesinde birikebilecek tuz miktarı dikkate alınmalıdır.

Araştırmada, en yüksek bitki boyu, hektolitre ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, tane genişliği-boyu, bitki yaş-kuru ağırlığı değerleri taban suyu derinliğinin 80 cm ve taban

suyu tuzluluğunun 0.38 dS m^{-1} olduğu koşulda elde edilmiştir. Taban suyu derinliği toprak yüzeyine yaklaştıkça ve taban suyu tuz içeriği arttıkça verim parametrelerinin önemli derece etkilendiği tespit edilmiştir.

Bitkilerin içsel su durumunu tanımlayan önemli parametrelerden biri yaprak su potansiyelidir. Araştırmada, her iki yılda taban suyu derinliği arttıkça yaprak su potansiyeli artmış, taban suyu tuzluluğu arttıkça yaprak su potansiyelinin azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre, ortalama yaprak su potansiyeli değeri 2018 yılı için -1.51 MPa , 2019 yılı için -1.59 MPa elde edilmiştir. En yüksek yaprak su potansiyeline sahip konular D3 koşullarında, en düşük yaprak su potansiyelleri değeri T4 konularında elde edilmiştir. D3×T1 konusunun ortalama yaprak su potansiyeli değeri, 2018 yılında -1.44 MPa , 2019 yılında ise -1.48 MPa ve yılların ortalaması olarak -1.46 MPa değeri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler, nispi olarak (negatif yönde) arttığında kök bölgesinde meydana gelen tuz birikimi bitkilerin morfolojik ve fizyolojik olarak hasar görmeye başladığını ifade ettiği söylenebilir. Bu durumda, taban suyunun tuz içeriği yüksek ise 80 cm 'den daha aşağıda tutulması veya yüzeyden yıkama suyunun hesaplanarak verilmesi önerilebilir. Bu değerler kurak ve yarı kurak bölgelerde teorik olarak sığ ve taban suyu olan koşullarda, sürdürülebilir tuzluluk yönetimi için yıkama gereksinimi ve zamanının planlanmasında karar destek aracı olarak kullanılabilir.

Her iki araştırma yılında zamansal olarak taban suyu derinliği arttıkça klorofil içeriği ve stoma iletkenliği değerleri artmış, taban suyu tuzluluğu arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Klorofil içeriği değerleri 2018 yılında konularına göre $36.92 - 40.04 \text{ CCI}$ arasında iken 2019 yılında ise 37.73 ile 41.82 CCI arasında değişmiştir. Stoma iletkenliği değerleri ise 2018 yılında 215.07 ile $323.36 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ arasında, 2019 yılında ise 256.62 ile $352.00 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada, kardeşlenme döneminde buğday bitkilerinin stoma iletkenliği değerlerinin yüksek seyir izlediği ancak kardeşlenme döneminden sonra, taban suyundan kapilarite ile tuz minerallerinin taşınması ve hasat dönemine kadar toprak tuzluluğunun artmasıyla birlikte konularına göre stoma iletkenliği değerleri de azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, taban suyunun sığ olduğu koşullarda bitkilerin hem oksidatif hem de tuz stresine maruz kalmaları kök gelişimini ve bitkide toprak üstü organların gelişiminin yavaşlamasına ile açıklanabilir.

Araştırma sonucunda enzim değerleri ile ilgili elde edilen sonuçlar irdelendiğinde; enzim aktivitelerinin tuzluluk ve taban suyu derinliğine göre zaman

içerisinde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Stres şartlarına göre genelde aktivite değeri artış göstermiş ancak stres şartlarının artışı ile birlikte bitkinin savunma mekanizmasının çökmesi sonucunda aktivite değerleri azalış göstermiştir. Enzim aktivite değerlerinin pik yaptığı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşulları bitkinin ilgili stres şartlarına karşı moleküler dayanım sınırı olarak kullanılabilir.

Araştırmada, farklı taban suyu derinliği ve taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinin yaprak SOD, GST, GR ve CAT enzimleri zamansal olarak farklı tarihlerde pik seviyeye ulaşmıştır. Elde edilen bu durum, toprak nem içeriği, zamansal olarak toprak profilinde toprak tuzluluğunun artması, bitkilerin tuz stresine maruz kalma sürelerine ve iklim koşulları ile açıklanabilir. Çalışmada, farklı taban suyu koşullarında CAT enzimi aktivite değerleri; 2018 yılında 227.8 – 867.1 EU/mg ve 2019 yılında ise 335.51 – 745.5 EU/mg arasında, SOD enzimi aktivite değerleri; 2018 yılında 10.8 – 30.4 EU/mg ve 2019 yılında ise 4.9 – 8.9 EU/mg arasında, GR enzimi aktivite değerleri; 2018 yılında 0.02 – 0.30 EU/mg ve 2019 yılında ise 0.13 – 0.48 EU/mg arasında, GST enzimi aktivite değerleri; 2018 yılında 0.11 – 1.37 EU/mg ve 2019 yılında 0.34 – 0.89 EU/mg arasında değişiklikleri tespit edilmiştir.

SOD, GST, GR ve CAT enzimlerine ait yıllar ortalaması alınarak çoklu regresyon analizi ile her bir enzimin maksimum ve minimum olduğu taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu değerleri belirlenmiştir. Regresyon analizine göre, taban suyu tuzluluğunun CAT, GR, SOD enzimleri üzerine taban suyu derinliğine göre daha çok etkili olduğu ancak GST enzimi üzerine ise taban suyu derinliğinin daha çok etkili olduğu tespit edilmiştir.

Korelasyon analiz sonuçlarına göre ise, bitki su tüketimi ile verim ve verim öğeleri arasında pozitif ilişkiler olduğu, bitki su tüketiminin artması ile birlikte başakta tane sayısı, başak tane ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı değerlerinde artış gerçekleşmiştir. GST, SOD, GR ve CAT enzimleri ile verim ve verim parametreleri arasındaki ilişkiler dikkate alındığında; pandas buğday bitkisinin kalitatif ve kantitatif özellikleri ile SOD enzimi arasında herhangi bir ilişkisinin olmadığı ancak GR enzimi ile çok yüksek ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, pandas buğday bitkisi için, tuzlu taban suyu koşullarına karşı savunma mekanizmasının anlaşılması, tane verim ve kalitesinde kayıpların en aza indirilmesi ve tuzluluk yönetiminde GR enziminde meydana gelen değişimlerin dikkate alınması önerilmektedir.

Verim ve kalite parametrelerinin en yüksek elde edildiği taban suyu derinliği dikkate alındığında, GR enziminin en yüksek moleküler dayanım sınır değeri (0.19 EU/mg), 80 cm taban suyu derinliği ve 6.21 dS m⁻¹ taban suyu tuzluluğunun olduğu koşullarda elde edilmiştir. Elde edilen bu değer, kontrollü drenaj koşullarında taban suyu derinliğinin 80 cm’de sabit tutulduğu koşullarda taban suyu tuzluluğunun 6.21 dS m⁻¹’den daha fazla olması buğday bitkisinde fizyolojik ve moleküler hasarlara neden olacağı söylenebilir.

Bitkilerin, zamansal enzim aktivite değerleri birçok çevresel faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle, zamansal olarak bitkilerdeki antioksidan enzimlerin değişiminin modellenmesinde; taban suyu derinliği, taban suyu tuzluluğu, toprak tuzluluğu ve toprak nem içeriği faktörleri kullanılarak, üçlü veya dörtlü girdi kombinasyonları kullanılarak modellemenin yapılması daha hassas sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Özellikle bu çalışmada antioksidan enzimleri ile ilgili elde edilen sonuçlar ve modeller, buğday bitkisinin hangi şartlarda ne derece moleküler tepki verdiğini ve sulama-tuzluluk yönetiminde antioksidan enzimlerin kullanılabilirliği açısından önemli katkılar sağlayabilir.

Çalışmada, taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun, bitki su tüketimi, verim ve verim ögeleri, su kullanım etkinliği ve yaprak su potansiyeli ile ilgili elde edilen sonuçlar gelecekte kontrollü drenaj ile ilgili yapılacak çalışmalara öncülük edebilecek potansiyele sahiptir. Özellikle, farklı taban suyu koşullarında antioksidan enzimlerin değişimi ile ilgili çok sınırlı çalışmalar yapılmıştır. Bu nedenle, antioksidan enzimler ile ilgili elde edilen sonuçlar; antioksidan enzimlerin bitki kalitatif ve kantitatif parametrelerinin izlenmesi ve bitkilerin reaktif oksijen türlerine karşı savunma mekanizmalarını inceleyen çalışmalara rehberlik yapabilecek nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Optimum sulama planlamasında, bitkilerin taban suyundan beslenme miktarı göz önünde bulundurulması ile iyi kalitedeki su kaynaklarının kullanımının azaltılması ve enerji tasarrufu sağlayacaktır. Sulama zamanının planlamasında, taban suyunun katkısı, sulama suyu miktarı azaltılarak veya sulama aralığı artırılarak ayarlanabilir. Ancak, taban suyu tuz içeriği yüksek ise, ekolojik dengede tuzluluk problemi oluşturmamak için taban suyu derinliğini 80 cm’den daha aşağıda tutulması veya aşırı tuz birikimini önlemek için yıkama suyu verilmesi veya tuza toleranslı bitkilerin yetiştirilmesi önerilebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, kontrollü drenaj sistemi koşullarında; bitki su tüketimi, taban suyu beslenme miktarı, tane verim ve toprak tuzluluğu değerlerinin önemli derecede etkilendikleri belirlenmiştir. Bu nedenle, taban suyu katkısının sulama politikaları oluşturulmasında göz ardı edilmemesi gerektiği açık şekilde ortaya konulmuştur. Böylece, kurak bölgelerde, sığ taban suyunun sulama ve drenaj sistemlerinin planlanması ve yönetilmesi açısından son derecede önemli olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, ülkemizde tarımsal su yönetiminde etkin rol oynayan sulama birliği, DSİ gibi kuruluşlar ile havza bazında taban suyu olan bölgelerde en uygun bitki çeşitlerinin belirlenerek kontrollü drenaj sisteminin planlanması ve yönetilmesi, su ve gübre kullanım etkinliğinin artmasına, sulama suyundan tasarrufun sağlanması ve işletme giderlerinin azaltılması hususlarında önemli kazançlar sağlayacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Abbas, G. Saqib, M. Rafique, Q. Rahman, M. A. Akhtar, J. Haq, M. A. Nasim, M. (2013). Effect of salinity on grain yield and grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Agric. Res.* (50). 185-189.
- Abedinpour, M. (2017). Wheat water use and yield under different salinity of irrigation water. *Journal of Water and Land Development*. 33(1). 3-9.
- Abliz, A. Tiyp, T. Ghulam, A. Halik, Ü. Ding, J. L. Sawut, M. Zhang, F. Nurmemet, I. Abliz, A. (2016). Effects of shallow groundwater table and salinity on soil salt dynamics in the Keriya Oasis, Northwestern China. *Environmental Earth Sciences*. 75(3). 260.
- Akhtar, S. S. Andersen, M. N. Liu, F. (2015). Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agricultural Water Management*. 158, 61-68.
- Aktaş, B. (2010). *Kuru koşullar için ıslah edilmiş bazı ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) çeşitlerinin karakterizasyonu*. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. 126, Ankara.
- Aktaş, B. ve İkincikarakaya, S. Ü. (2019). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve verim unsurları ile glutenin ve gliadin bant desenlerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 32(1). 85-93.
- Allahverdiyev, T. I. Talai, J. M. Huseynova, I. M. Aliyev, J. A. (2015). Effect of drought stress on some physiological parameters, yield, yield components of durum (*Triticum durum* desf.) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheat genotypes. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*. 1(1). 50-62.
- Alghory, A. Yazar, A. (2019). Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for deficit irrigation management of sprinkler-irrigated wheat. *Irrigation Science*. 37(1). 61-77.
- Anonim, (2003). *Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, çeltik (Oryza sativa L.)* Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2014). *Toprak analizi sonuçlarının değerlendirilmesi*. <http://ekoloji.ogm.gov.tr/Dokumanlar/Forms/AllItems.aspx>. (Erişim tarihi: 25.12.2020).
- Ayars, J. E. Christen, E. W. Hornbuckle, J. W. (2006). Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*. 86(1-2). 128-139.
- Ayars, J. E. Shouse, P. Lesch, S. M. (2009). In situ use of groundwater by alfalfa. *Agricultural Water Management*. 96(11). 1579-1586.
- Aydın, N. Bayramoğlu, H. O. Mut, Z. Özcan, H. (2005). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının Karadeniz koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 11(3). 257-262.
- Babajimopoulos, C. Panoras, A. Georgoussis, H. Arampatzis, G. Hatzigiannakis, E. Papamichail, D. (2007). Contribution to irrigation from shallow water table under field conditions. *Agricultural Water Management*, 92(3): 205-210.
- Bansal, R. Srivastava, J.P. (2012). Antioxidative defense system in pigeonpea roots under waterlogging stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. (34). 515-522.
- Bargahei, K. ve Mosavi, S. (2006). The effect of shallow saline groundwater on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in greenhouse condition. *Agric Sci Nat Resource J*. 3(1). 59-69.

- Beikircher, B. Mayr, S. (2009). Intraspecific differences in drought tolerance and acclimation in hydraulics of *Ligustrum vulgare* and *Viburnum lantana*. *Tree Physiology*. 29(6). 765-775.
- Bhatnagar-Mathur, P. Vadez, V. Sharma, K. K. (2008). Transgenic approaches for abiotic stress tolerance in plants: retrospect and prospects. *Plant Cell Reports*. (27). 411-424.
- Bilgin, O. ve Korkut, K. Z. (2005). Bazı ekmeklik buğday çeşit ve hatlarının tane verimi ve bazı fenolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2(1). 765.
- Blum, A. (1988). *Plant Breeding for Stres Environments*. CRC Press. Boca Raton. FL. pp: 223.
- Büyüktaş, D. Baştuğ, R. Hakgören, F. Büyüktaş, K. Tezcan, Y. N. Aydınşakir, K. (2008). Tuzlu ve yüksek taban suyu koşullarında bitki katsayılarının ve toprak profilindeki tuz dinamiğinin incelenmesi. TÜBİTAK 1001 Proje Sonuç Raporu, Proje No: 104O233.
- Büyük, İ. Soydam-Aydın, S. Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*. 69(2).99-110.
- Brown, W. H. ve Poon, T. (2016). *Introduction to organic chemistry*. John Wiley & Sons.
- Cavalcanti, F. R. Oliveira, J.T.A. Martins-Miranda, A. S. Viegas, R. A. ve Silveria, J.G.A. (2004). Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. *New Phytologist*. 63.563-571.
- Chen, Y., Hu, S., Luo, Y., Tian, C., Yin, C. (2014). Relationship between salt accumulation in topsoil of deserted land and groundwater in areas with shallow groundwater table in Kashi, Xinjiang. *Acta Pedologica Sinica*. 51(1). 75-81.
- Chugh, V. Kaur, N. Gupta, A.K. (2016). Comparison of antioxidant system and anaerobic metabolism in seedlings of contrasting maize genotypes under short term waterlogging. *International Journal of Biochemistry Research & Review*. 15 (4). 1–10.
- Cirillo, C. De Micco, V. Roupheal, Y. Balzano, A. Caputo, R. De Pascale, S. (2017). Morpho-anatomical and physiological traits of two Bougainvillea genotypes trained to two shapes under deficit irrigation. *Trees (Berl.)*. 31(1). 173–187.
- Çakmak, İ. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification., *Plant and Soil*. 302,1-17.
- Çetin, Ö. Uygan, D. Boyacı, H. Öğretir, K. (1999, Kasım). “Kışlık buğdayda sulama-azot ve bazı önemli iklim özellikleri arasındaki ilişkiler”. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, Adana.
- Dalin, C. Qiu, H. Hamasaki, N. (2015). Balancing water resources conservation and food security in China. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 112. 4588-4593.
- Daoud, A. M. Hemada, M. M. El-Araby A. A. (2018). Effect of silicon on the tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt stress at different growth stages: case study for the management of irrigation water. *Plants* 7(2): 29.
- DSİ (2019). Toprak ve su kaynakları, Erişim: 25.04.2020. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- Dugasa, M. T. Cao, F. Ibrahim, W. Wu, F. (2019). Differences in physiological and biochemical characteristics in response to single and combined drought and salinity stresses between wheat genotypes differing in salt tolerance. *Physiologia plantarum*. 165(2). 134-143.

- Duhan, S. Kumari, A. and Sheokand, S. (2017). Effect of waterlogging and salinity on antioxidative system in pigeonpea plant leaves at different stages of development. *Research on Crops* 18 (3): 559–568.
- El-Hendawy, S. E. Hassan, W. M. Al-Suhaibani, N. A. Refay, Y. Abdella, K. A. (2017). Comparative performance of multivariable agro-physiological parameters for detecting salt tolerance of wheat cultivars under simulated saline field growing conditions. *Frontiers in plant science*. 8. 435.
- Esfandiari, E. Shekari, F. Shekari, F. Esfandiari, M. (2007). The effect of salt stress on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 35(1). 48.
- Fazeli, F. Ghorbanli, M. Niknam, V. (2007). Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. *Biol. Plant. (Prague)*. 51. 98–103.
- Feki, K. Tounsi, S. Brini, F. (2017) yazı. Comparison of an antioxidant system in tolerant and susceptible wheat seedlings in response to salt stress. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 15(4). 21.
- Fidantemiz, Y. F. Jia, X. Daigh, A. L. Hatterman-Valenti, H. Steele, D. D. Niaghi, A. R. Simsek, H. (2019). Effect of water table depth on soybean water use, growth, and yield parameters. *Water*. 11(5). 931.
- Ghane, E. Feizi, M. Mostafazadeh-Fard, B. Landi, E. (2009). Water productivity of winter wheat in different irrigation/planting methods using saline irrigation water. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11(2). 131-137.
- Ghamarnia, H. Gholamian, M. (2013). The effect of saline shallow ground and surface water under deficit irrigation on (*Carthamus tinctorius* L.) in semi arid condition. *Agricultural Water Management*. 118. 29-37.
- Ghamarnia, H. Farmanifard, M. (2014). Yield production and water-use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under shallow groundwater use in semi-arid region. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 60(12). 1677-1700.
- Ghamarnia, H. Jalili, Z. (2014). Shallow saline groundwater use by Black cumin (*Nigella sativa* L.) in the presence of surface water in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*. 132. 89-100.
- Ghamarnia, H. Daichin, S. (2015). Effects of saline shallow groundwater stress on coriander sativum l. water requirement and other plant parameters. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 141(7). 04014078.
- Ghobadi, M. E. Ghobadi, M. ve 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, S. S. Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in a biotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48. 909-930.
- Gong, L. Liu, Z. Y. Tashpolat, T. (2015). Soil salinity characteristic and its determinant factors at different soil types in oasis of extreme arid region. *Arid Zone Research*. 32(4). 657-662.
- Gou, Q. Zhu, Y. Horton, R. Lü, H. Wang, Z. Su, J. Cui, C. Zhang, H. Wang, X. Zhang, J. Yuan, F. (2020). Effect of climate change on the contribution of groundwater to the root zone of winter wheat in the Huaibei Plain of China. *Agricultural Water Management*. 240. 106292.

- Gowing, J. W. Rose, D. A. Ghamarnia, H. (2009). The effect of salinity on water productivity of wheat under deficit irrigation above shallow groundwater. *Agricultural Water Management*. 96(3). 517-524.
- Grismer, M. Gates, T. (1988). Estimating saline water table contributions to crop water use. *California Agriculture*. 42(2). 23-24.
- Gupta, N.K. Agarwal, S. Agarwal, V.P. Nathawat, N.S. Gupta, S. Singh, G. (2013) Effect of short-term heat stress on growth, physiology and antioxidative defence system in wheat seedlings. *Acta Physiol Plant*. 35.1837-1842.
- Hocaoğlu O. ve Akçura M. (2014). Evaluating yield and yield components of pure lines selected from bread wheat landraces comparatively along with registered wheat cultivars in Çanakkale ecological. *Turkish Journal of Agricultural and Natural science*. 1(Özel sayı-2). 1528-1539.
- Hossain, Z., López-Climent, M. F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R. M., Gómez-Cadenas, A. (2009). Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. *Journal of Plant Physiology*. 166(13). 1391-1404.
- Huo, Z. Feng, S. Huang, G. Zheng, Y. Wang, Y. Guo, P. (2012). Effect of groundwater level depth and irrigation amount on water fluxes at the groundwater table and water use of wheat. *Irrigation and Drainage*. 61(3). 348-356.
- Huseynova, I. M. Aliyeva, D. R. Aliyev, J. A. (2014). Subcellular localization and responses of superoxide dismutase isoforms in local wheat varieties subjected to continuous soil drought. *Plant Physiology and Biochemistry*. 81. 54-60.
- Jackson, M. B. Colmer, T. D. (2005). Response and adaptation by plants to flooding stress. *Annals of botany*. 96(4). 501-505.
- Jaleel C.A. Manivannan P. Wahid A. Farooq M. Al-Juburi H.J. Somasundaram R. Panneerselvam R. (2009a). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agricultural Biology*. 11(1). 100-105.
- Jaleel, C.A, Riadh, K. Gopi, R. Manivannan, P. Ines, J. Al-Juburi, H. J. Chan-Xiong, Z. Hong-Bo, S. Panneerselvam, R. (2009b) Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plant under abiotic constraints. *Acta Physiol Plant* 31.427–436
- Jalili, S. Moazed, H. Boroomand, N. S. Naseri, A. A. (2011). Assessment of evaporation and salt accumulation in bare soil: constant shallow water table depth with saline ground water. *Sci. Res. Essays*. 6(29). 6068-6074.
- Janda, T. Szalai, G. Rios-Gonsalves, K. Veisz, O. Pa'ldi. E. (2003). Comparative study of frost tolerance and antioxidant activity in cereals. *Plant Sci*. 164.301–306.
- Jiang, D. Fan, X. Dai, T. Cao, W. (2008). Nitrogen fertiliser rate and post-anthesis waterlogging effects on carbohydrate and nitrogen dynamics in wheat. *Plant and Soil*. 304(1-2). 301-314.
- Jiang, J. Huo, Z. Feng, S. Zhang, C. (2012). Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. *Field Crops Research*. 137. 78-88.
- Jin, X. M. Vekerdy, Z. Zhang, Y. K. Liu, J. T. (2012). Soil salt content and its relationship with crops and groundwater depth in the Yinchuan plain (China) using remote sensing. *Arid Land Res. Manag*. 26 (3). 227–235.
- Kaçar, B., vd. (haz). (2015). *Bitki fizyolojisi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık TİC. LTD. ŞTİ.

- Kadioglu, H. Hatterman-Valenti, H. Jia, X. Chu, X. Aslan, H. Simsek, H. (2019). Groundwater table effects on the yield, growth, and water use of canola (*Brassica napus* L.) plant. *Water*.11(8). 1730.
- Kaplan, M. Temizgöl, R. Yılmaz, S. Gökalp, Z. (2016). Tuz stresinin sorgum hat ve çeşitlerinin antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri. Sonuç Raporu. Proje No: FCD-2014-4937.Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi.
- Karimi, G. H. Naseri, A. A. Behzad, M. Meskarbashi, M. (2011). Groundwater contribution with different salinities on providing maize water requirement and its effects on maize yields. *Research on Crops*. 12(3). 848-856.
- Karimov, A. K. Šimunek, J. Hanjra, M. A. Avliyakulov, M. Forkutsa, I. (2014). Effects of the shallow water table on water use of winter wheat and ecosystem health: Implications for unlocking the potential of groundwater in the Fergana Valley (Central Asia). *Agricultural Water Management*. 131. 57-69.
- Kocsy, G. Pál, M. Soltész, A. Szalai, G. Boldizsár, Á. Kovács, V. Janda, T. (2011). Low temperature and oxidative stress in cereals. *Acta Agronomica Hungarica*. 59(2). 169-189.
- Keyvan, S. (2010). The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *J. Anim. Plant Sci*. 8(3). 1051-1060.
- Kodal, S. Ahi, Y. (2018). Tarımda su verimliliği. *Anahtar Dergisi*. Haziran 2018. Sayısı 30 – 37.
- Kahlowan, M. A. Iqbal, M. Skogerboe, G. V. Rehman, S. (1998). Water logging, salinity and crop yield relationships. Mona Reclamation Experimental Project, WAPDA Report No. 233. Pakistan.
- Kahlowan, M. A. Ashraf, M. (2005). Effect of shallow groundwater table on crop water requirements and crop yields. *Agricultural Water Management*. 76(1). 24-35.
- Khataar, M. Mohammadi, M. H. Shabani, F. (2018). Soil salinity and matric potential interaction on water use, water use efficiency and yield response factor of bean and wheat. *Scientific reports*. 8(1). 1-13.
- Kibria, M. G. Hossain, M. Murata, Y. Hoque, M. A. (2017). Antioxidant defense mechanisms of salinity tolerance in rice genotypes. *Rice Science*. 24(3). 155-162.
- Korkmaz, A. ve Akınoğlu, G. (2021). *Bitki beslemede toprak-kök etkileşimi*. Ankara: Gece Kitaplığı Yayın Evi.
- Kumari, A. Duhan, S. Bala, S. Sheokand, S. (2017). Alleviation of toxic effects of different salinity levels on membrane injury and chlorophyll content by different NO donors in chickpea leave. *The Bioscan*. 12. 161–164.
- Kusvuran, S. Ellialtıoglu, S. Polat, Z. (2013). Antioxidative enzyme activity, lipid peroxidation, and proline accumulation in the callus tissues of salt and drought tolerant and sensitive pumpkin genotypes under chilling stress. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 54(4). 319-325.
- Li, X. Xia, J. Zhao, X. Chen, Y. (2019). Effects of planting *Tamarix chinensis* on shallow soil water and salt content under different groundwater depths in the Yellow River Delta. *Geoderma*. 335.104-111.
- Liu, C.C. Liu, Y.G. Guo, K. Fan, D.Y. Li, G.G. Zheng, Y.R. Yu, L.F. Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. *Environ. Exp. Bot*. 71.174–183.

- Liu, T. Luo, Y. (2011). Effects of shallow water tables on the water use and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) Under rain-fed condition. *Australian Journal of Crop Science*. 5(13). 1692.
- Liu, Z. Chen, H. Huo, Z. Wang, F. Shock, C. C. (2016). Analysis of the contribution of groundwater to evapotranspiration in an arid irrigation district with shallow water table. *Agricultural Water Management*. 171. 131-141.
- Lovelli, S. Perniola, M. Ferrara, A. Tommaso, T. D. (2007). Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agric. Water. Manag.* 92 (1-2). 73-80.
- Luo, Y. Sophocleous, M. (2010). Seasonal groundwater contribution to crop-water use assessed with lysimeter observations and model simulations. *Journal of Hydrology*. 389(3-4). 325-335.
- Mandhania, S. Madan, S. Sawhney, V. (2006). Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum*. 50(2). 227-231.
- Maas, E. V. Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance—current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*. 103(2). 115-134.
- Mejia, M. N. Madramootoo, C. A. Broughton, R. S. (2000). Influence of water table management on corn and soybean yields. *Agricultural Water Management*. 46(1). 73-89.
- Meloni, D.A. Olive, M.A. Martimaze, C.A. Cambaia, J. (2003). Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Environ. Exp. Bot.* 49. 69-76.
- Mittler, R. Vanderauwera, S. Gollery, M. Breusegem, F.V. (2004). Abiotic stress series. reactive oxygen gene network of plants. *Trends Plant Sci.* 9(10). 490–498.
- Mohamed, A. K. S. Qayyum, M. F. Abdel-Hadi, A. M. Rehman, R. A. Ali, S. Rizwan, M. (2017). Interactive effect of salinity and silver nanoparticles on photosynthetic and biochemical parameters of wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 63(12). 1736-1747.
- Mosaffa, H. R. Sepaskhah, A. R. (2019). Performance of irrigation regimes and water salinity on winter wheat as influenced by planting methods. *Agricultural Water Management*. 216. 444-456.
- Mostafazadeh-Fard, B. Mansouri, H. Mousavi, S. F. Feizi, M. (2009). Effects of different levels of irrigation water salinity and leaching on yield and yield components of wheat in an arid region. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 135(1). 32-38.
- Mubeen, K. A.H. Singh, S.P. Singh, A.K. Gautam, A.R. Khan, M.M. Khan, N. (2017) Effect of water logging and salinity stress on physiological and biochemical changes in tolerant and susceptible varieties of *Triticum aestivum* L. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6. 975- 981.
- Mueller, L. Behrendt, A. Schalitz, G. Schindler, U. (2005). Above ground biomass and water use efficiency of crops at shallow water tables in a temperate climate. *Agricultural Water Management*. 75(2). 117-136.
- Munns, R. Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59. 651-81.
- Mut, Z. Aydın, N. Özcan, H. Bayramoğlu, H.O. (2005). Orta Karadeniz Bölgesinde ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *GOP Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi*. 22 (2). 85-93.

- Mut, Z. Aydin, N. Bayramoğlu, H.O. Özcan, H. (2010). Stability of some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *J. Environ. Biol.* 31. 489-495.
- Mut, Z. Erbaş Köse, Ö. D. Akay, H. (2017). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi.* 32(1). 85-95.
- Nadeem, M. Tariq, M. N. Amjad, M. Sajjad, M. Akram, M. Imran, M. Shariati, A. M. Gondal, T. A. Kulikov, D. (2020). Salinity-induced changes in the nutritional quality of bread wheat (*triticum aestivum* l.) genotypes. *Agrivita.* 42(1). 1.
- Nayyar, H. Gupta, D. (2006). Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany.* 58(1-3). 106-113.
- Nia, S. H. Zarea, M. J. Rejali, F. Varma, A. (2012). Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* 11(2). 113-121.
- Nishida, K. Khan, N. M. Shiozawa, S. (2009). Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline groundwater table. *Soil Science and Plant Nutrition.* 55(3). 375-384.
- Nishida, K. Shiozawa, S. (2010). Modeling and experimental determination of salt accumulation induced by root water uptake. *Soil Science Society of America Journal.* 74(3). 774-786.
- Özen, S. Akman, Z. (2015). Yozgat ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 10(1). 35-43.
- Özkaya, H. ve Kahveci, B. (1990). *Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri*. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:14.
- Öztürk, A. (1999). Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry.* 23(1). 531-540.
- Öztürk, İ. Korkut, K. Z. (2018). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.)'ın farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.* 15(2). 128-137.
- Pakar, N. Pirasteh-Anosheh, H. Emam, Y. Pessarakli, M. (2016). Barley growth, yield, antioxidant enzymes, and ion accumulation affected by PGRs under salinity stress conditions. *Journal of Plant Nutrition.* 39(10). 1372-1379.
- Pang, H. C. Li, Y. Y. Yang, J. S. Liang, Y. S. (2010). Effect of brackish water irrigation and straw mulching on soil salinity and crop yields under monsoonal climatic conditions. *Agricultural Water Management.* 97(12). 1971-1977.
- Parihar, P. Singh, S. Singh, R. Singh, V.P. Prasad, S.M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res. - Int.* 22 (6). 4056–4075.
- Pezeshki, S. R. (2001). Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany.* 46(3). 299-312.
- Rao, A. Ahmad, S. D. Sabir, S. M. Awan, S. I. Shah, A. H. Abbas, S. R. Shafique, F. K. Chaudhary, A. (2013). Potential antioxidant activities improve salt tolerance in ten varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences.* 4(6A). 69-76.

- Ren, B. Dong, S. Liu, P. Zhao, B. Zhang, J. (2016). Ridge tillage improves plant growth and grain yield of waterlogged summer maize. *Agricultural Water Management*. 177. 392-399.
- Sabagh, A. Islam, M. S. Ueda, A. Saneoka, H. Barutçular, C. (2015). Increasing reproductive stage tolerance to salinity stress in soybean. *Int J Agric Crop Sci*. 8(5). 738-745.
- Sakin, M.A. Yıldırım, A. Gökmen, S. (2004). Tokat kazova koşullarında bazı makarnalık buğday genotiplerinin verim, verim unsurları ile kalite özelliklerinin belirlenmesi. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 10 (4). 481-489.
- Sakin, M. A. Naneli, İ. Göy, A. G. Özdemir, K. (2015). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin Tokat-Zile koşullarında verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 32(3). 119-132.
- Santoni, C. S. Jobbagy, E. G. Contreras, S. (2010). Vadose zone transport in dry forests of central Argentina: role of land use. *Water Resources Research*. 46(10).1-12.
- Sairam, R. K. Rao, K. V. Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163(5). 1037-1046.
- Sairam, R. K., Srivastava, G. C. (2002). Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science*, 162(6), 897-904.
- Sharma, R. Sahoo, A. Devendran, R. Jain, M. (2014). Over-expression of a rice tau class glutathione s-transferase gene improves tolerance to salinity and oxidative stresses in Arabidopsis. *PloS one*. 9(3). 1-11.
- Sepaskhah, A. R. Karimi-Goghari, S. (2005). Shallow groundwater contribution to pistachio water use. *Agricultural Water Management*. 72(1). 69-80.
- Shah, S. Houborg, R. McCabe, M. (2017). Response of chlorophyll, carotenoid and SPAD-502 measurement to salinity and nutrient stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 7(3). 61.
- Sheoran, S. Thakur, V. Narwai, S. Turan, R. Mamrutha, M.H. Singh, V. Tiwari, V. Sharma, I. (2015). Differential activity and expression profile of antioxidant enzymes and physiological changes in wheat (*triticum aestivum* l.) under drought. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 177. 1282-1298.
- Shrivastava, P. Kumar, R. (2015). Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*. 22(2). 123-131.
- Singh, R. B. Chauhan, C. P. S. Minhas, P. S. (2009). Water production functions of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with saline and alkali waters using double-line source sprinkler system. *Agricultural Water Management*. 96(5). 736-744.
- Soppe, R. W. O. Ayars, J. E. (2003). Characterizing ground water use by safflower using weighing lysimeters. *Agricultural Water Management*. 60(1). 59-71.
- Srivastava, M. Shahi, S. (2018). Effect of salinity on morpho-physiological aspects, antioxidant enzymatic studies and yield attributes in wheat genotypes. *Indian Journal of Plant Physiology*. 23(2). 385-392.
- Sun, J., Geng, Q., Chang, F., Wang, X., Chen, S. (2012). Spatial distribution pattern quantitative analysis of soil salt accumulation and groundwater depth in the Karamay Agricultural Development Zone. *Xinjiang Agricultural Sciences*. 49(8). 1471-1476.

- Şahin, M. Akçacık, A. G. Aydoğan, S. Özer, E. (2013). Ekmeklik buğday tane boyutunun kalite özellikleri üzerine etkisi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 23(2). 1-8.
- Şermet, C. (2019). *Karadeniz bölgesi yerel ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) genotiplerinin ıslah programına yönelik değerlendirilmesi*. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 174, Samsun.
- Talbert, L. E. Lanning, S. P. Murphy, R. L. Martin, J. M. (2001). Grain fill duration in twelve hard red spring wheat crosses. *Crop Science*. 41(5). 1390-1395.
- Talebnejad, R. Sepaskhah, A.R. (2014). Effects of water-saving irrigation and groundwater depth on rice growth, yield and water use. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 60(1). 15-31.
- Talebnejad, R. Sepaskhah, A.R. (2015). Effect of deficit irrigation and different saline groundwater depths on yield and water productivity of quinoa. *Agricultural Water Management*. 159. 225-238.
- Talebnejad, R. Sepaskhah, A. R. (2016). Physiological characteristics, gas exchange, and plant ion relations of quinoa to different saline groundwater depths and water salinity. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 62(10).1347-1367.
- Tarı, A.F. Özbahçe, A. Okur, O. Aydoğan, S. (2014). Orta Anadolu’da Buğdayın Su-Verim İlişkileri. Proje No: Tagem-Bb-09-02-01f-01. Proje Sonuç Raporu. *Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma İstasyonu Yayın No:07*, 39. Konya.
- Tari, A. F. (2016). The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*. 167. 1-10.
- Temizgul, R. Kaplan, M. Kara, R. Yilmaz, S. (2016). Effects of salt concentrations on antioxidant enzyme activity of grain sorghum. *Current Trends in Natural Sciences*. 5(9). 171-178.
- Tekin, S. (2010). *Tuzlu sulama sularının buğdayda verim ve kaliteye etkisi*. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 123, Adana.
- Tiryakioğlu, M. (2015). The relationship between flag leaf senescence and grain yield of some durum wheat varieties under drought stress during grain filling period. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 21. 382-393.
- The World Bank (2019). *Annual freshwater withdrawals, agriculture*. Erişim: 5.01.2019, <http://data.worldbank.org/indicator?display=graph>
- Toscano, S. Ferrante, A. Tribulato, A. Romano, D. (2018). Leaf physiological and anatomical responses of Lantana and Ligustrum species under different water availability. *Plant Physiology and Biochemistry*. 127. 380-392.
- Tuanhui, B. Cuiying, L. Fengwang, M. Fengjuan, F. Huairui, S. (2010). Responses of growth and antioxidant system to root-zone hypoxia stress in two Malus species. *Plant and Soil*. 327. 95-105.
- Tunca, Z.Ş. (2020) *Sulu ve kuru şartlar için geliştirilen ileri bisküvilik buğday hatlarının verim, verim unsurları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 279, Konya.
- Turkan, I. Demiral, T. Sekmen, A.H. (2013). The regulation of antioxidant enzymes in two Plantago species differing in salinity tolerance under combination of waterlogging and salinity. *Functional Plant Biology*. 40 (5). 484–493.

- Türk, H. Erdal, S. Genisel, M. Atici, O. Demir, Y. Yanmis, D. (2014) The regulatory effect of melatonin on physiological, biochemical and molecular parameters in cold-stressed wheat seedlings. *Plant Growth Regulation*. 74. 39-152.
- TÜİK (2017). *Tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin alan ve üretim miktarları*. Erişim tarihi: 29.12.2019. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001.
- Varga, B. Janda, T. László, E. Veisz, O. (2012). Influence of abiotic stresses on the antioxidant enzyme activity of cereals. *Acta Physiologiae Plantarum*. 34(3). 849-858.
- Wakchaure, G.C. Minhas, P. S. Ratnakumar, P. Choudhary, R. L. (2016). Optimising supplemental irrigation for wheat (*Triticum aestivum* L) and the impact of plant bio-regulators in a semi-arid region of DeccanPlateau in India. *Agricultural Water Management*. 172. 9–17.
- Wang, S. Wu, B. Yang, P. Li, X. Dong, X. (2011). Determination of the ecological groundwater depth considering ecological integrity over oasis irrigation areas in the Yanqi Basin. *Resources Science*. 33(3). 422-430.
- Wang, H.T. Gao, W.G. Ma, X.H. (2013). Study on the influence of groundwater level variation on soil salt migration. *Sci. Technol. Innov. Herald*. 34,13–14.
- Wang, X. Yang, J. Liu, G. Yao, R. Yu, S. (2015). Impact of irrigation volume and water salinity on winter wheat productivity and soil salinity distribution. *Agricultural Water Management*. 149. 44-54.
- Wang, X. Guan, H. Huo, Z. Guo, P. Du, J. Wang, W. (2020). Maize transpiration and water productivity of two irrigated fields with varying groundwater depths in an arid area. *Agric. For. Meteorol*. 281. 107849.
- Wassar, F. Gandolfi, C. (2016). Hydrological modeling to assess capillary rise contribution to satisfy crop water requirement and groundwater recharge. *EGUGA*. EPSC2016-832.
- WWAP (2014). The united nations world water development Report 2014: *Water and Energy* Erişim:17.04.2021, https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000225741_eng.
- Wu, X. Zheng, X.J. Li, Y. Xu, G.Q. (2019). Varying responses of two Haloxylon species to extreme drought and groundwater depth. *Environ. Exp. Bot*. 158. 63–72.
- Xia, J. Ren, J. Zhao, X. Zhao, F. Yang, H. Liu, J. (2018). Threshold effect of the groundwater depth on the photosynthetic efficiency of *Tamarix chinensis* in the Yellow River Delta. *Plant and Soil*. 433(1-2). 157-171.
- Xu, X. Huang, G. Sun, C. Pereira, L. S. Ramos, T. B. Huang, Q. Hao, Y. (2013). Assessing the effects of water table depth on water use, soil salinity and wheat yield: Searching for a target depth for irrigated areas in the upper Yellow River basin. *Agricultural Water Management*. 125. 46-60.
- Xue, Z. Y. Zhi, D. Y. Xue, G. P. Zhang, H. Zhao, Y. X. Xia, G. M. (2004). Enhanced salt tolerance of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter gene with improved grain yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na⁺. *Plant Science*. 167(4). 849-859.
- Yang, J. Zhang, J. (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New phytologist*. 169(2). 223-236.
- Yang, F. Zhang, G. Yin, X. Liu, Z. Huang, Z. (2011). Study on capillary rise from shallow groundwater and critical water table depth of a saline-sodic soil in western Songnen plain of China. *Environmental Earth Sciences*. 64(8). 2119-2126.
- Yang, Y. Li, C. Li, J. Schneider, R. Lamberts, W. (2013). Growth dynamics of Chinese wingnut (*Pterocarya stenoptera*) seedlings and its effects on soil chemical properties

- under simulated water change in the Three Gorges Reservoir Region of Yangtze River. *Environmental Science and Pollution Research*. 20(10). 7112-7123.
- Yassin, M. El Sabagh, A. Mekawy, A. M. M. Islam, M. S. Hossain, A. Barutcular, C. Saneoka, H. (2019). Comparative performance of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under salinity stress. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(2). 5029-5041.
- Yaşar, F. Ellialtıoğlu, Ş. (2013). Antioxidative Responses of Some Eggplant Genotypes to Salinity Stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 23(3). 215-221.
- Yavaş, İ. (2010). *Ege bölgesi ekmeklik buğdaylarında kurağa dayanıklılık özelliklerinin saptanması*. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 103, Aydın.
- Yazar, S. Salantur, A. Özdemir, B. Alyamaç, M. E. Evlice, A. K. Pehlivan, A. Akan K. Aydoğan, S. (2013). Orta Anadolu Bölgesi ekmeklik buğday ıslah çalışmalarında bazı tarımsal karakterlerin araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 22(1). 32-40.
- Yekbun, A. L. P. Kabay, T. (2019). The effect of drought stress on antioxidative enzyme and nutrient exchange in some tomato genotypes. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 6(1). 71-77.
- Yordanova, R. Y., Christov, K. N., Popova, L. P. (2004). Antioxidative enzymes in barley plants subjected to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 51(2), 93-101.
- Yurtsever, N. (1984). *Deneyisel istatistik metotları*. Ankara: 126:56. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. Müd.Yayınları.
- Zhang, M. Dong, B. Qiao, Y. Yang, H. Wang, Y. Liu, M. (2018). Effects of sub-soil plastic film mulch on soil water and salt content and water utilization by winter wheat under different soil salinities. *Field Crops Research*. 225. 130-140.
- Zhang, X. Li, P. Li, Z. B. Yu, G. Q. (2017). Soil water-salt dynamics state and associated sensitivity factors in an irrigation district of the loess area: a case study in the Luohui Canal Irrigation District, China. *Environmental Earth Sciences*. 76(20). 715.
- Zhang, W. Zhu, J. Zhou, X. Li, F. (2018). Effects of shallow groundwater table and fertilization level on soil physico-chemical properties, enzyme activities, and winter wheat yield. *Agricultural Water Management*. 208. 307-317.
- Zhao, Y., Li, F., Wang, Y., Jiang, R. (2020). Evaluating the effect of groundwater table on summer maize growth using the AquaCrop model. *Environmental Modeling & Assessment*. 25(3). 343-353.
- Zheng, Y. Wang, Z. Sun, X. Jia, A. Jiang, G. Li, Z. (2008). Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relieved senescence at reproductive stage. *Environmental and Experimental Botany*. 62(2). 129-138.
- Zhu, X. Cao, Q. Sun, L. Yang, X. Yang, W. Zhang, H. (2018). Stomatal conductance and morphology of arbuscular mycorrhizal wheat plants response to elevated CO₂ and NaCl Stress. *Frontiers in Plant Science*. 9. 1363.
- Zimmermann, I. Fleige, H. Horn, R. (2017). Longtime effects of deep groundwater extraction management on water table levels in surface aquifers. *J. Soils Sediments*. 17(1). 133–143.

ÖZ GEÇMİŞ

Mehmet Sait KİREMIT, Hatay Cumhuriyet Süper Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden 2012 yılında mezun oldu. 2015 yılında OMÜ Fen Bilimler Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans programını bitirdi. 2013 yılından bu yana Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapan Mehmet Sait KİREMIT, iyi derecede İngilizce bilmekte olup, evli ve iki çocuk babasıdır.

(17.04.2021).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000 – 0002 – 7394 – 303X

Yayınlar:

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI & SSCI)

- 1) **Kiremit, M. S.**, ve Arslan, H. (2016). Effects of irrigation water salinity on drainage water salinity, evapotranspiration and other leek (*Allium porrum* L.) plant parameters. *Scientia Horticulturae*, 201, 211-217.
- 2) **Kiremit, M. S.**, ve Arslan, H. (2018). Response of Leek (*Allium porrum* L.) to Different Irrigation Water Levels Under Rain Shelter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(1), 99-108.
- 3) Arslan, H., **Kiremit, M. S.**, & Güngör, A. (2018). Impacts of different water salinity levels on salt tolerance, water use, yield, and growth of chives (*Allium schoenoprasum*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(20), 2614-2625.
- 4) Sezer, İ., **Kiremit, M.S.**, Öztürk, E., Subrata, B.A.G., Osman, H. M., Akay, H., Arslan, H., (2021). Role of melatonin in improving leaf mineral content and growth of sweet corn seedlings under different soil salinity levels. *Scientia Horticulturae* , 288(2021), 110376.
- 5) Sezer, İ., Akay, H., Mut, Z., Arslan, H., Öztürk, E., Köse Erbaş, D. Ö., **Kiremit, M.S.** (2021). Effects of Different Water Table Depth and Salinity Levels on Quality Traits Of Bread Wheat. *Agriculture*.11,969. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100969>
- 6) Arslan, H., Turan Ayyıldız, N., Temizel, K. E., Kuleyin, A., **Kiremit, M.S.**, Güngör, A., Özgül Yıldız, H., (2021). Evaluation of Heavy Metal Contamination and Pollution Indices Through Geostatistical Modelling of

Groundwater in Bafra Irrigation District, Samsun (Turkey). International Journal of Environmental Science and Technology. 1-12.

- 7) Alsuvaid, M., Demir, Y., **Kiremit, M.S.**, Arslan H., (2022). The interaction effect of water magnetization and water salinity on yield, water productivity and morpho-physiological of Balkız Bean (*Phaseolus Vulgaris*). Gesunde Pflanzen, 2022, 1-16.
- 8) **Kiremit, M.S.**, Arslan, H., Sezer, İ., Akay, H., (2022). Evaluating and Modeling of the Seedling Growth Ability of Wheat Seeds as Affected by Shallow-Saline Groundwater Conditions. Gesunde Pflanzen, 2022, 1-13.
- 9) **Kiremit, M.S.**, Osman, H. M., Arslan H., (2022). Response of yield, growth traits and leaf nutrients of garden cress to deficit saline irrigation waters. Journal of Plant Nutrition (**Makale kabul edildi ve basım aşamasındadır**).

Uluslararası diğer hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

- 1) **Kiremit, M. S.**, Hacıkamiloğlu, M. S., Arslan, H., Kurt, O. (2017). Farklı sulama suyu tuzluluk seviyelerinin keten (*Linum usitatissimum* L.)'in çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(3), 350-357.
- 2) **Kiremit, M. S.**, Arslan, H., Saidy, A. (2019). Sulamasız Koşullarda Farklı Taban Suyu Derinliğinde Yetiştirilmiş Buğday Tohumlarının Fide Büyüme Özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 241-248.
- 3) **Kiremit, M. S.**, Arslan, H. (2020) Farklı Sulama Suyu Tuzluluğunun Frenk Soğanı (*Allium schoenoprasum*) Bitkisinin Yaprak Mineral İçeriği Üzerine Etkisi ve Tepki Yüzey Metodolojisi ile Modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 456-468.
- 4) Subrata, B. A.G., **Kiremit, M.S.**, Öztürk, E., Arslan, H., Sezer, İ., Akay, H., (2022). Evaluation of the Directly and Indirectly Effects of The Morpho-Physiological Traits of Sweet Corn Seedlings on Yield With Structural Equation Modeling Partial Least Square (SEM-PLS) Approach. International Journal of Agriculture and Wildlife Science

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

Tam Metni Yayımlanmış Bildiriler

- 1) **Kiremit, M.S.**, Arslan, H., Cemek, B. (2015) Evaluation of the effect of salt stress and evapotranspiration on leek (*Allium porrum* L.) growth and yield parameters with 3D models, 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Environment, September 30-October 03, 2015, Konya, Turkey.

Özeti Yayımlanmış Bildiriler

- 1) Güngör, A., Özer, H. **Kiremit, M. S.**, Arslan, H. (2019) Determination of some quantitative and efficiency parameters of the hibiscus plant (*Malva sylvestris*) grown under different water deficit conditions. 1. International Erciyes

Agriculture Animal and Food Sciences Conference. 24-27 April 2019, Kayseri, Turkey.

- 2) Güngör, A., Altun, M., **Kiremit, M.S.**, Arslan, H. (2018). Effect of different irrigation water salinity and irrigation interval on the change of total protein amount in purple carrot (*Daucus Carota L.*) plant. 2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on BIODIVERSITY, Samsun, TURKEY.
- 3) Arslan, H., Cemek, B., **Kiremit, M.S.**, Güngör, A., Şahin, U., Desire, M. (2018). Çarşamba ovası yeraltı suyunun doymuş oksijen, toplam organik karbon ve organik madde miktarının coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi. Uluslararası Su ve Çevre Kongresi.....
- 4) Arslan, H., Güngör, A., **Kiremit, M.S.** (2017). Comparison of four spatial interpolation methods for some properties in corn grown areas, Northern part of Turkey. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity. 05-08 July 2017, Minsk-Belarus.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler ***Tam Metni Yayımlanmış Bildiriler***

- 1) Arslan, H., Demir, Y., **Kiremit, M.S.** (2014) Kızılırmak havzasındaki yüzey sularının sulamaya uygunluklarının incelenmesi ve çok değişkenli istatistiksel analiz ile değerlendirilmesi: 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2014, Tekirdağ. Poster Bildirisi.

Projeler

- 1) Kızılırmak Deltası Kıyı Bölgelerindeki Yeraltı Suyu Özelliklerinin İncelenmesi ve Deniz Suyu Girişiminin Su ve Toprak Üzerine Etkisi. DSİ Projesi, **Araştırmacı**, 2020.
- 2) Farklı Su Kısıtı Koşullarında Salisilik Asit ve Prolin Uygulamalarının Karpuz Bitkisi'nin Verim, Kalite Parametreleri ve Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. BAP Projesi, **Araştırmacı**, 2020.
- 3) Farklı Sulama Suyu Kalitesi ve Sulama Düzeylerinin Pırasa *Allium Porum L* Bitkisinin Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. BAP Projesi, **Araştırmacı**, 2015.

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Erasmus Bursu (2009)
2. Erasmus Bursu (2018)