



**SORGUM [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] GEN
KAYNAKLARININ TAM VE KISINTILI SULAMA KOŞULLARINDA
AGRONOMİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
KARAKTERİZASYONU**

Mehmet BEDİR

**DOKTORA TEZİ
BİTKİSEL ÜRETİM VE TEKNOLOJİLERİ ANA BİLİM DALI**

**SİVAS BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2025

ETİK BEYAN

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Mehmet BEDİR
19/06/2025

Sorgum [*Sorghum Bicolor* (L.) Moench] Gen Kaynaklarının Tam ve Kısıntılı Sulama
Koşullarında Agronomik ve Biyokimyasal Özelliklerinin Karakterizasyonu

(Doktora Tezi)

Mehmet BEDİR

SİVAS BİLİM ve TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Haziran 2025

ÖZET

İklim değişikliği, gıda güvenliğine yönelik önemli ve giderek büyüyen bir tehdit olmaktadır. Kuraklık stresi, ürünün büyüme aşamasına ve kuraklık stresinin şiddetine bağlı olarak, ürünün büyüme ve gelişmesi üzerinde olumsuz etkiler göstermektedir. Azotlu gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanımı, dünya genelinde gıda ürünlerinin üretimini tehdit eden çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu araştırma sınırlı su ve azot koşulları altında sorgum genotiplerinin potansiyelini değerlendirmek ve çeşitli kalite özellikleri bakımından üstün genotipleri belirlemektir. 2022 ve 2023 yetiştirme sezonunda, Adana yetiştirme koşullarında yürütülen bu araştırma augmented deneme desenine göre 118 yerel çeşit ve ıslah hatları ile 6 adet ticari çeşit materyal olarak kullanılmıştır. Tarla denemeleri Deneme 1: sınırlı su ve sınırlı azot (-N-H₂O), Deneme 2: sınırlı azot (-N+H₂O) ve Deneme 3: kontrol koşulları (+N+H₂O) olacak şekilde tasarlanmıştır. Araştırmada ANOVA, ortalama, minimum, maksimum, standart sapma, frekans dağılımı, stabilite analizi gibi çeşitli istatistiksel yöntemler, her iki yılın ortalama verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ANOVA analizi, incelenen çeşitli özellikler bakımından oldukça önemli genotipik etkiler ortaya koymuş ve sınırlı su ve azot koşullarında genetik materyalin yeterli düzeyde varyasyona sahip olduğunu doğrulamıştır. Her üç denemede de incelenen özellikler bakımından geniş bir varyasyon aralığı gözlemlenmiştir. Stabilite analizleri BTP 28 (c) genotipinin stresli ve kontrol koşulları altında istikrarlı bulunmuştur. Stabilite analizleri, özelleştirilmiş bir özellik veritabanının oluşturulmasına yardımcı olmuş ve sorgumun hem stresli hem de kontrol koşullarındaki performansı hakkında derinlemesine bir anlayış geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Bilim Kodu : [Bilim Kodu]

Anahtar Kelimeler : *Sorghum bicolor*, iklim değişikliği, kuraklık stresi

Sayfa Adedi : 95

Danışman : Prof. Dr. Faheem Shahzad BALOCH

Sorghum [Sorghum Bicolor (L.) Moench] Characterisation of Agronomic and Biochemical
Properties of Gene Sources under Full and Short Irrigation Conditions

(Ph. D. Thesis)

Mehmet BEDİR

SİVAS UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

June 2025

ABSTRACT

Climate change is an important and growing threat to food security. Drought stress has adverse effects on crop growth and development, depending on the stage of crop growth and the severity of drought stress. Excessive and uncontrolled use of nitrogen fertilisers leads to environmental problems that threaten the production of food crops worldwide. The aim of this study was to evaluate the potential of sorghum genotypes under limited water and nitrogen conditions and to identify superior genotypes for various quality traits. In this research conducted in 2022 and 2023 growing season under Adana growing conditions, 118 local varieties and breeding lines and 6 commercial varieties were used as materials according to augmented experimental design. The field trials were designed as Trial 1: limited water and limited nitrogen (-N-H₂O), Trial 2: limited nitrogen (-N+H₂O) and Trial 3: control conditions (+N+H₂O). Various statistical methods such as ANOVA, mean, minimum, maximum, standard deviation, frequency distribution, stability analysis were carried out using the average data of both years. ANOVA analysis revealed highly significant genotypic effects for several traits examined and confirmed that the genetic material had sufficient variation under limited water and nitrogen conditions. A wide range of variation was observed for the traits analysed in all three trials. Stability analyses showed that genotype BTP 28 (c) was stable under stressed and control conditions. The stability analyses helped to build a customised trait database and allowed to develop an in-depth understanding of the performance of sorghum under both stressed and control conditions.

Science Code : [Science Code]

Key Words : Sorghum bicolor, climate change, drought stress

Page Number : 95

Supervisor : Prof. Dr. Faheem Shahzad BALOCH

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim boyunca bilgi birikimini, yol göstericiliğini ve desteğini esirgemeyen, tecrübe ve rehberliğiyle bana yol gösteren değerli danışmanım Prof. Dr. Faheem Shahzad BALOCH hocama en içten teşekkürlerimi sunarım. İstatistik analizler konusunda her türlü yardımcı olan değerli Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma 220N276 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında yürütülmüştür. Tez çalışmamın gerçekleşmesini mümkün kılan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Bu çalışma ayrıca Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı (BAP) (Proje No: 2022-DTP-TBT-0001) tarafından desteklenmiştir. Sağladıkları finansal destekten dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Bitki materyali.....	15
3.1.2. Deneme yeri ve yılı	17
3.1.3. Deneme yerine ait iklim özellikleri.....	18
3.1.4. Deneme yerine ait toprak özellikleri	19
3.2. Metot	19
3.2.1. Kalite özelliklerinin belirlenmesi	25
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi	27
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	31
4.1. İncelenen Özelliklerin Genel Düzeltilmiş Ortalamaları.....	31
4.2. İncelenen Özelliklerin Varyans Analiz Sonuçları	58
4.3. Stresli ve kontrollü koşullar altında değerlendirilen sorgum genotiplerinde bazı kalite özelliklerine ilişkin varyasyon incelemesi	62

Sayfa

4.4. Stresli ve kontrollü koşullar altında değerlendirilen sorgum genotiplerinde bazı kalite özelliklerine ilişkin.....	77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	86



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Başlıca sorgum üreticisi ülkelerin açlık endeksleri ve çocuk ölüm oranları	5
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan bitki materyallerinin genotip listesi	15
Çizelge 3.2. Deneme alanına ait 2022 ve 2023 yılı yetiştirme dönemine ait iklim verileri.	18
Çizelge 3.3. Toprağın kimyasal özellikleri	19
Çizelge 3.4. Su Kaynağı Analiz Sonuçları.....	20
Çizelge 4.1. Sorgum genotiplerinde belirlenen antioksidan içeriği ve toplam fenolik içerik özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri.....	31
Çizelge 4.2. Sorgum genotiplerinde belirlenen kül oranı ve nem oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri.....	35
Çizelge 4.3. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane fosfor (P) oranı ve tane potasyum (K) oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri	38
Çizelge 4.4. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane kalsiyum (Ca) oranı ve tane magnezyum (Mg) oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri	42
Çizelge 4.5. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane demir (Fe) miktarı ve tane çinko (Zn) miktarı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri	46
Çizelge 4.6. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane bakır (Cu) miktarı ve tane mangan (Mn) miktarı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri	50
Çizelge 4.7. Sorgum genotiplerinde belirlenen yaprak azot oranı, tane azot oranı ve protein oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri	54
Çizelge 4.8. Stres ve kontrol koşullarında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı kalite özelliklerine ilişkin varyans analizi	59
Çizelge 4.9. Stres ve kontrol koşullarında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı mineral element özelliklerine ilişkin varyans analizi.....	61
Çizelge 4.10. Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği, toplam fenolik içerik, kül oranı, nem oranı ve protein oranı özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	62
Çizelge 4.11. Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı mineral element özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri	67

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.12. Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği, toplam fenolik içerik, kül oranı, nem oranı ve protein oranı özellikleri bakımından stabilite analizi	77
--	----



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dünyanın önde gelen önemli tanelik sorgum üreticisi ülkelerin 2023 yılı üretim miktarları (Anonim, 2025a)	1
Şekil 4.1. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği frekans dağılımı	64
Şekil 4.2. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin toplam fenolik içeriği frekans dağılımı.....	64
Şekil 4.3. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin kül oranı frekans dağılımı	65
Şekil 4.4. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin nem oranı frekans dağılımı	65
Şekil 4.5. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin protein oranı frekans dağılımı	66
Şekil 4.6. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane fosfor (P) oranı frekans dağılımı.....	68
Şekil 4.7. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane potasyum (K) oranı frekans dağılımı.....	69
Şekil 4.8. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane kalsiyum (C) oranı frekans dağılımı.....	70
Şekil 4.9. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane magnezyum (Mg) oranı frekans dağılımı	71
Şekil 4. 10. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane demir (Fe) miktarı frekans dağılımı.....	72
Şekil 4.11. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane bakır (Zn) miktarı frekans dağılımı.....	73
Şekil 4.12. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane bakır (Cu) miktarı frekans dağılımı.....	74
Şekil 4.13. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane mangan (Mn) miktarı frekans dağılımı	75
Şekil 4.14. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin yaprak azot oranı frekans dağılımı	76

Şekil**Sayfa**

Şekil 4.15. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane azot oranı frekans dağılımı	77
---	----



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Tarla denemelerinin yürütüldüğü konum	17
Resim 3.2. Tarla denemeleri ekim işlemleri	20
Resim 3.3. Tarla denemeleri damla sulama sistemi kurulumu	21
Resim 3.4. Boğaz doldurma işlemi sonrasında bir görüntü	22
Resim 3.5. Salkımların kuş zararından korunması için alınan önlem.....	23
Resim 3.6. Bitki yeşil aksamın etüvde kurutulması.....	24
Resim 3.7. Bitki örneklerinin öğütme işlemleri.....	24
Resim 3.8. Tohum örneklerinin öğütme işlemleri	25
Resim 3.9. Örneklerin kül fırınında yakılması işlemi.....	28
Resim 3.10. Örneklerin mikrodalga yakma ünitesinde yakılması işlemi	28

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklamalar

μl

Mikrolitre

%

Yüzde

g

Gram

Kısaltmalar

Açıklamalar

(-N-H₂O)

Su ve azot stresinin birlikte uygulanması

(-N+H₂O)

Azot stresinin uygulanıp su stresinin uygulanmaması

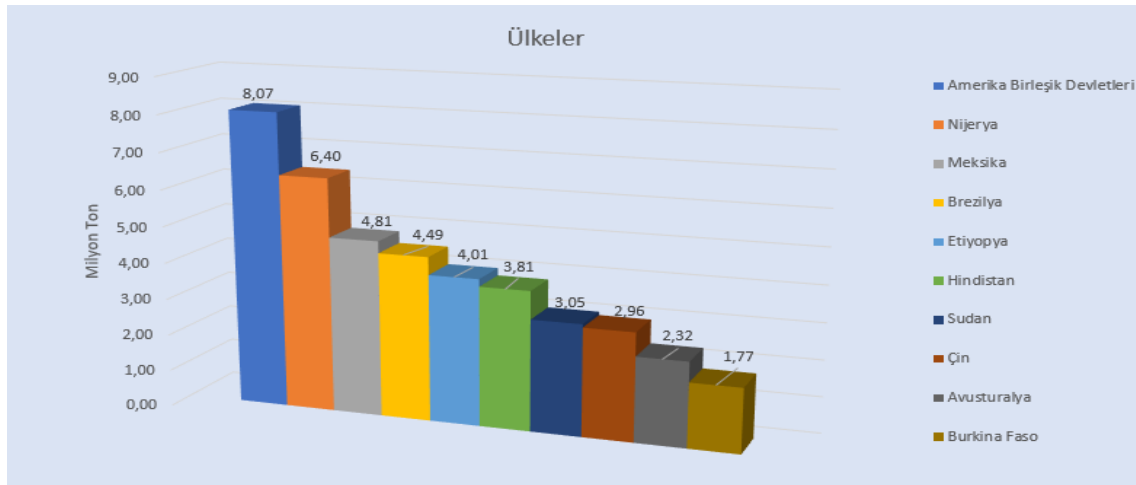
(+N+H₂O)

Herhangi bir stresin uygulanmaması

1. GİRİŞ

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), Poaceae familyasına ait kendine döllen, diploid ($2n = 20$) bir türdür. Yüksek fotosentez etkinliğine ve abiyotik stres toleransına sahip bir C4 bitkisidir (Nagy vd., 1995; Reddy vd., 2009) ve dünya çapında çeşitli ortamlara adapte olmuştur. Sorgum bitkisinin ortalama optimum sıcaklık aralığı tohum çimlenmesi açısından 21 ile 35 °C, vejetatif büyüme ve gelişme açısından 26 ile 34°C ve generatif büyüme açısından 25 ile 28°C'dir (Maiti, 1996). Sorgum, kuraklık stresine karşı gösterdiği yüksek tolerans ile özellikle Kuzeydoğu Afrika (gen merkezi), Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'nin güney ovaları gibi kurak bölgelerde önemli bir tarım ürünü haline gelmektedir (Paterson vd., 2009).

Dünyada 2023 yılı sorgum 398,5 milyon da üretim alanından toplam 57,2 milyon ton sorgum üretimi yapılmıştır (Anonim, 2025a). Sorgum üretimi bakımından Amerika Birleşik Devletleri, 2023 yılında 8,07 milyon ton ile en fazla tanelik sorgum üretimi yapan ülke konumunda olmakla birlikte Nijerya (6,40 milyon ton), Meksika (4,81 milyon ton), Brezilya (4,49 milyon ton), Etiyopya (4,01 milyon ton), Hindistan (3,81 milyon ton), Sudan (3,05 milyon ton), Çin (2,96 milyon ton), Avusturalya (2,32 milyon ton) ve Burkina Faso (1,77 milyon ton) gibi ülkeler de önemli sorgum üreticisi konumunda bulunmaktadır (Tablo 1.1). Türkiye'de ise 2023 yılında 60 da üretim alanından toplamda 18 ton sorgum üretimi yapılmıştır (Anonim, 2025a).



Şekil 1.1. Dünyanın önde gelen önemli tanelik sorgum üreticisi ülkelerin 2023 yılı üretim miktarları (Anonim, 2025a)

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench), buğday, mısır, pirinç ve arpanın ardından dünyanın beşinci en önemli tahıl ürünü olup (Akram vd., 2007; Rashwan vd., 2021), dünya çapında 7000'den fazla sorgum varyetesi bulunmaktadır (Kangama ve Rumei, 2005). Afrika'ya özgü bir bitki olan sorgumun arkeolojik kanıtlar ışığında ilk kez 5000 - 8000 yıl önce, Mısır-Sudan sınırına yakın Kuzeydoğu Afrika'da yetiştirilmeye başlandığını göstermektedir (Dahlberg ve Wasylikowa, 1996; Winchell vd., 2017; Winchell vd., 2018; Venkateswaran vd., 2019). Ayrıca Hindistan'ın güney bölgeleri sorgumun ikincil gen merkezi olarak kabul edilmektedir (Vavilov, 1992).

Sorgum, dünyanın çeşitli bölgelerinde farklı şekillerde tüketilmektedir. Genel olarak, sorgum tanesi işlenerek un haline getirilmekte ve bu undan çeşitli geleneksel gıdalar hazırlanmaktadır. Sorgum tanesi Asya ve Afrika'nın bazı bölgelerinde mayalı veya mayasız hamurdan yapılan ekmek, çoğunlukla Afrika'da tüketilen sorgum lapası, sorgum patlağı, kek, bisküvi, tortilla cipsi ve erişte gibi birçok gıda ürünü şeklinde tüketilmektedir (Anglani, 1998; Rooney ve Waniska, 2000; Liu vd., 2012). Sorgum, çölyak hastaları için zararlı olan gluten proteinlerini bünyesinde barındırmaması sebebiyle makarna, ekmek, bisküvi ve yulaf lapası gibi ürünlerde buğdayın alternatifi olarak ayrı bir öneme sahiptir (Chávez vd. 2018; Pineli vd. 2015). Sorgum aynı zamanda Çin ve bazı Afrika ülkelerinde alkollü içeceklerin üretiminde kullanılan başlıca bileşenlerinden birisidir (Dicko vd., 2006; Taylor vd., 2006). Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere çeşitli Batı ülkelerinde sorgum bitkisi, hayvan beslenmesi açısından oldukça köklü bir geçmişe sahiptir (Dowling vd., 2002; Iren, 2004).

Sorgum, birçok tahıl gibi birçok yararlı ve hastalıkları hafifletici özellikler gösteren bir besindir (McGinnis ve Painter, 2020). Yüksek besin değerlerine sahip olması vesilesiyle insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olması, sorgumu dünyanın en önemli tahıllarından birisi haline getirmektedir (Istrati vd., 2019). Sorgum bileşenleri, metabolik sağlık ve kilo kontrolü gibi faktörler üzerinde olumlu etkiler yaratabilmekte ve kronik hastalıkların engellenmesindeki potansiyel katkısını ortaya koymaktadır (Stefoska-Needham vd., 2017). Genotipsel çeşitlilik, üretim sezonundaki iklimsel değişiklikler, toprak yapısı, kullanılacak olan gübre miktarı ve gübreleme sistemi sorgum tanesinin kimyasal ve besinsel bileşimini etkilemektedir (Ebadi vd., 2005). Sorgum tanesi diğer tahıl ürünlerine kıyasla daha bol ve çeşitli fenolik bileşikler (basit fenolik asitler, flavonoidler ve tanenler) içermektedir (Dykes ve Rooney, 2007; Shen vd., 2018). Genetik faktörlerin yanı sıra çevresel faktörler de fenolik

bileşiklerin türünü ve seviyesini değiştirmektedir (Awika ve Rooney, 2004). Ayrıca sorgum tanesinin antioksidan aktivitesi oksidatif stresi azaltma (Khan vd., 2015), anti-kanserojen (Yang vd., 2009; González-Montilla vd., 2012; Suganyadevi vd., 2013) anti-diyabetik (Kim vd., 2011; Kim ve Park, 2012) ve anti-mikrobiyal aktivite (Kil vd., 2009) gibi insan sağlığı için birçok faydalı özellik ile ilişkilendirilmektedir.

İçeriğindeki protein ve fenolik bileşiklerin miktarı, sorgum tanesinin besin kompozisyonunun belirleyicisi konumundadır. Fenolik bileşikler, yoğun güneş ışığı altında bitki dayanıklılığının artırılması, kuraklık stresine karşı direnç ve hasat öncesi çimlenmenin önlenmesi gibi bazı avantajlara sahip olmasına rağmen farklı bitki dokularında protein sindirimini ve besin alımını olumsuz yönde etkilemektedir (Zhao vd., 2020; Lin vd. 2016). Besin değerlerini etkileyen bir diğer faktör ise tohum perikarpındaki tanen içeriğidir. Tane sorgumda tanen bulunması sindirilebilirliğini ve besin kalitesini düşürmektedir. Bazı sorgum türlerinde yoğun tanen bulunmakta olup iç ve dış kabuktaki tanen varlığına göre farklı türlere ayrılmaktadır (Queiroz vd. 2018; Shirmohammadli vd. 2018). Ayrıca sorgum, arpa ve çavdar ile karşılaştırıldığında P, K, Mg, Ca, Na, Zn, Fe, Mn ve Cu bakımından düşük bir profile sahip olmakla birlikte farklı genotip ve çevre faktörleri altında tane mineral içeriği değişmektedir. (Ragaei vd., 2006; Zhao vd., 2009).

İklim değişikliği, gıda güvenliğine yönelik önemli ve giderek büyüyen bir tehdit olmaktadır. Gerekli önlemlerin alınmaması halinde gelecekte daha geniş alanlarda giderek artan sayıda insanı etkilemesi beklenmektedir. Mevcut iklim senaryoları 2050 yılına kadar artacak gıda güvenliği tehditlerini öngörmektedir. Bu durumdan en kötü etkilenecek olanlar, gıda güvenliğinin zaten sorunlu olduğu dünyanın az gelişmiş ekonomik bölgeleri olacaktır. Yüksek sıcaklıklar ve uzayan yetiştirme sezonları, bazı yüksek rakımlı alanlarda tarımsal verimi artırabilir (Rosegrant vd., 2014). Öte yandan kuzey bölgelerde toprak kalitesi ile ilgili sorunlar ve yeni ortaya çıkacak olan hastalık ve zararlı vakaları, tarımsal büyümeyi ve üretimi kısıtlayabilmektedir. Düşük rakımlı bölgelerde, maksimum sıcaklıklardaki en ufak bir artışın dahi tarımsal üretimi olumsuz etkilemesi beklenmektedir (Nelson vd., 2010; Wiebe vd., 2019).

Kuraklık, bitkisel üretimi ve verimliliği sınırlayan en önemli abiyotik streslerden birisidir. Başlıca sorgum üretim alanlarında sıklıkla karşılaşılan abiyotik stres olarak kabul edilmekte ve birçok bitkisel ürünü etkilemektedir. Şiddetli kuraklık, ürün verimini ve kalitesini önemli

ölçüde düşürmek ve besin yetersizliği olan bölgelerde kıtlıklara neden olabilmektedir (Abreha vd., 2022; Assefa vd., 2010). Kuraklık, kültür bitkilerinde biyokimyasal, morfolojik ve fizyolojik süreçleri etkilemektedir. Genel olarak, herhangi bir büyüme aşamasındaki kuraklık stresi, ürünün büyüme aşamasına ve kuraklık stresinin şiddetine bağlı olarak, ürünün büyüme ve gelişmesi üzerinde olumsuz etkiler göstermektedir. Kuraklığın bitki üzerindeki önemli sonuçları arasında hücre büyümesi ve bölünme hızında azalma, çimlenmede zayıflama, yaprak boyutunda küçülme, stoma hareketlerinde bozulma, klorofil içeriğinde azalma yer almaktadır (Qadir vd., 2019). Sorgum kuraklığa dayanıklı bir ürün olarak kabul edilmesine rağmen, kuraklık stresi topraktan besin maddelerini alma kapasitesini ve taşınmasını etkilemektedir (Yu vd., 2015; Sarshad vd., 2021). Bu nedenle kuraklık stresine karşı daha etkin fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler gösteren sorgum hatları belirlenmeli ve ıslah programlarına dahil edilmelidir.

Azot, bitki büyüme ve gelişmesine katkıda bulunan en önemli minerallerden birisidir (Smithson ve Sanchez, 2001). Ayrıca su ve besin alımı, fotosentez, protein metabolizması, enzim ve bitki hormonal aktiviteleri gibi birçok metabolik süreçte rol oynayarak bitkisel üretimin artmasına doğrudan katkıda bulunur (Ahmad vd., 2014; Barker ve Pilbeam, 2007). Bitkinin uygun azot seviyelerine erişimi, düzenli büyümenin sürdürülmesi ve çevresel streslere karşı tolerans gösterilmesi bakımından oldukça önemlidir (Boschma vd., 2015; Wang vd., 2008; Zhu vd., 2014). Tarımsal üretimi en üst düzeye çıkarmak için ciddi miktarlarda azot gübresi uygulanmaktadır. Ancak bu durum, dünya genelinde biyoyakıt ve gıda ürünlerinin üretimini tehdit eden çevresel sorunlara yol açmaktadır (Craswell, 2021; Ren vd., 2022). Bitkiler düşük azot mevcudiyetiyle karşılaştıklarında ise azot kullanım etkinliğini arttırmak amacıyla karmaşık tepkiler gösterebilmektedir. Bu durum kimyasal azot gübrelemesini azaltırken bitkisel üretimi kesintiye uğratmadan uygulanabilir çözümler bulmayı daha önemli hale getirmektedir (Gu vd., 2025).

Tarım sistemi bugüne dek ağırlıklı olarak verim ve üretkenliğin artırılmasına odaklanmış olup günümüzde bu yaklaşımın yerini, yeterli düzeyde makro ve mikro besin öğeleri içeren ürünlerin yetiştirilmesine bırakması gerekmektedir. Bu dönüşüm, toplumda yaygın olarak görülen makro ve mikro besin eksikliklerinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır (Khush vd., 2012). Bu nedenle temel makro ve mikro besin öğeleri ile zenginleştirilmiş bitkisel ürünlerin geliştirilmesi, hedef nüfus gruplarında yetersiz beslenmeyle mücadele için bir gereklilik haline gelmiştir. Biyofortifikasyon, insanların biyoyararlanımına uygun şekilde besin

öğeleri bakımından zenginleştirilmiş gıda ürünlerinin elde edilmesini amaçlayan bir süreçtir ve hem insanlar tarafından doğrudan tüketilen hem de hayvan yemi olarak kullanılan ürünlerde uzun vadeli ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır (Meenakshi vd., 2010; Hefferon, 2016).

Çizelge 1.1. Başlıca sorgum üreticisi ülkelerin açlık endeksleri ve çocuk ölüm oranları

Ülke	Nüfus (bin) a	Sorgum üretimi (ton) b	Açlık endeksi c	Çocuk ölümü d
Nijeriya	237527	6402000	28,8	104,91
Meksika	131946	4815930	6,1	12,46
Brezilya	212812	4498299	6,6	14,44
Etiyopya	135472	4010000	26,2	46,46
Hindistan	1463865	3814176	27,3	27,75
Sudan	51662	3055000	28,8	50,15
Burkina Faso	24074	1772021	24,6	77,27
Nijer	27917	1646000	34,1	114,79
Arjantin	45851	1610102	6,6	9,65
Mali	25198	1528008	24,0	91,30
Kamerun	29879	1200000	18,3	67,24
Bolivya	12581	886443	16,8	23,10
Çad	21003	877520	36,4	101,13
Güney Sudan	12188	867000	35-49,9	98,73
Mısır	118365	780000	13,2	17,53
Tanzanya Cumhuriyeti	70545	737819	22,7	38,86

a: (Anonim, 2025b); b: (Anonim, 2025a); c: (Anonim 2024); d: (Anonim, 2023).

Makro ve mikro besin ögesi eksikliğine bağlı yetersiz beslenme, küresel ölçekte ciddi bir sorun olup özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha yaygın bir şekilde görülmektedir (Ruel-Bergeron vd., 2015). Dünya genelinde yaklaşık iki milyar insanın yetersiz beslenmeden etkilendiği tahmin edilmektedir (Hodge, 2016; Muthayya vd., 2013). Bu durumdan en fazla etkilenen gruplar ise kadınlar ile beş yaş altı çocuklardır (Bailey vd., 2015). Çizelge 1.1, başlıca sorgum üreticisi ülkelerin açlık endeksleri, çocuk ölümleri, nüfusları ve sorgum üretim miktarlarına ilişkin bilgiler sunmaktadır. Bu ülkelerdeki çocuk ölüm oranları (her 1000 canlı doğumda ölüm sayısı) %1,2 ile %11,4 arasında değişirken, açlık endeksi ise orta

(10-19,9), ciddi (20-34,9) ve endişe verici (35-49,9) seviyelerinde yer almaktadır. Bu veriler sorgum biyofortifikasyon çalışmalarını zorunlu kılmakta; böylelikle hem yetersiz beslenme ile mücadele edilebilecek hem de çocuk ölüm oranları ve açlık endeksi gibi kritik göstergelerde iyileşme sağlanabilecektir.

Bu tez çalışması ile sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotiplerinin kuraklık ve azot stresi koşullarında bazı biyokimyasal özelliklerinin karakterizasyonu hedeflenmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Awika ve diğerleri (2005), siyah renkli sorgum genotipleri ile yapmış oldukları bir çalışmada ABTS yöntemiyle elde ettikleri antioksidan içeriklerinin tanede 52-112 ($\mu\text{molTE/g}$), kepekte 190-400 ($\mu\text{molTE/g}$) arasında olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca siyah sorgum kepeği antioksidan kaynağı olarak diğer tahıl kepeklerinden daha üstün olduğunu bildirilirken tahıl bazlı gıdalarda kullanıldıklarında mevcut ticari kepeklerden daha sağlıklı olabileceği vurgulanmıştır.

Awika ve diğerleri (2009), sekiz sorgum genotipi ile yapmış oldukları bir çalışmada toplam fenolik içeriklerinin $8,1 \pm 0,26$ ile $29,6 \pm 0,7$ (mg GAE/g), antioksidan içeriklerinin $17,2 \pm 0,3$ ile $44,7 \pm 1,6$ (mmol TE/g) arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Chavan ve diğerleri (2009), sorgum ununun besin kalitesini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada yirmi adet yerel sorgum ırkı, doksan iki adet sorgum genotipi, yedi adet ıslah edilmiş sorgum çeşidi ve bir adet kontrol çeşidi materyal olarak kullanmışlardır. Yerel ırklar ve genotiplerin protein oranı 7,10 – 12,11 (%), ıslah edilmiş çeşitler ve kontrol çeşidine ait protein oranı 7,51 – 9,65 (%) aralığında değişim göstermiştir. Çalışma sonucunda sorgum çeşitlerine ait Ca içeriği 24 – 40 (mg 100 g⁻¹), P içeriği 423 – 583 (mg 100 g⁻¹), K içeriği 393 – 563 (mg 100 g⁻¹), Mg içeriği 168 – 218 (mg 100 g⁻¹), Fe içeriği 4,13 – 5,98 (mg 100 g⁻¹), Cu içeriği 0,53 – 1,08 (mg 100 g⁻¹), Zn 1,33 – 1,93 (mg 100 g⁻¹), Mn içeriği 1,09 – 1,89 (mg 100 g⁻¹) aralığında değerlere sahip olmuştur. Ayrıca araştırmacılar makro ve mikro besin element kompozisyonuna ait geniş varyasyonun, sorgum tanesinin iyi bir mineral kaynağı olduğunu bildirmişlerdir.

Matino ve diğerleri (2012), Brezilya’da, 2009 üretim sezonunda insan tüketimine uygun sekiz sorgum genotipinin besin kompozisyonunu belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Elde edilen bulgulara göre tane protein oranını 8,57 – 11,59 (%), tane kül oranını 1,23 – 1,93 (%), tane nem oranını 11,25 – 12,85 (%), tane kalsiyum içeriğini 5,59 – 19,55 (mg. 100 g⁻¹), tane bakır içeriğini 0,33 – 1,01 (mg. 100 g⁻¹), tane demir içeriğini 0,47 – 5,87 (mg. 100 g⁻¹), tane fosfor içeriğini 179,59 – 278,48 (mg. 100 g⁻¹), tane magnezyum içeriğinin 79,02 – 147,84 (mg. 100 g⁻¹) ve tane çinko içeriğinin 1,32 – 2,7 (mg. 100 g⁻¹) olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışılan sorgum genotiplerinin iyi birer diyet lifi, demir, fosfor,

magnezyum ve çinko kaynağı olarak öne çıktığını ve unlu mamullerde kullanılmasına uygun sert tahıl olarak sınıflandırıldığını bildirmişlerdir.

Shegro ve diğerleri (2012), Etiyopya’da 31 yerel sorgum aksesyonlarının biyokimyasal karakterizasyonunun belirlenmesi amacıyla 2008 ve 2009 üretim sezonlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma bulgularına göre sorgum aksesyonlarının tane Ca içeriği 447,50 – 207,50 (mg kg⁻¹), tane Fe içeriği 127,50 – 41,17 (mg kg⁻¹), tane K içeriği 2568,75 – 1150,00 (mg kg⁻¹), tane Mn içeriği 23,83 – 9,50 (mg kg⁻¹), tane Na içeriği 54,38 – 11,50 (mg kg⁻¹), tane P içeriği 3787,25 – 1498,00 (mg kg⁻¹), tane Zn içeriği 34,00 – 13,50 (mg kg⁻¹), tane Mg içeriği 1450,00 – 750,00 (mg kg⁻¹) ve tane protein oranı 15,26 – 8,08 (%) değerlerine sahip olmuştur. Tane fosfor içeriği ile tane magnezyum içeriği arasında, tane çinko içeriği ile protein oranı arasında ve tane çinko içeriği ile tane fosfor içeriği arasında oldukça önemli korelasyon bulunmuştur. Mineraller ve protein oranı arasında emilim ve taşınım açısından bazı etkileşimlerin var olduğunu bildiren araştırmacılar sorgum ıslahında, ıslahçıların sadece verimi değil, aynı zamanda mineral konsantrasyonunu, toplam nişasta ve şeker içeriğini de iyileştirmek için kullanabilecekleri gen kaynaklarının tanımlanmasının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Udachan ve diğerleri (2012), Dr. Panjabrao Deshmukh Tarım Üniversitesi’nden temin ettikleri dört sorgum genotipinde kısa analiz (proximate analysis) gerçekleştirmişlerdir. Nem oranı 8,10 – 9,99 (%), kül oranı 0,92 – 1,75 (%) ve protein oranı 8,90 – 11,02 (%) aralığında bulunmuştur. Mevcut bulguların çeşitli gıda endüstrilerindeki ticari kullanımları açısından mısır yerine sorgumdan nişasta eldesi ve kullanımına ışık tuttuğunu açıklamışlardır.

Afzal ve diğerleri (2013), Pakistan’ın Faisalabad kentinde, 2010 yılı üretim sezonunda yapmış oldukları bir çalışma sonucunda artan azot seviyesindeki artışla birlikte protein içeriğindeki artış, azot uygulamasının amino asit oluşumunu arttırması ve sonuç olarak protein içeriğindeki artıştan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Queiroz ve diğerleri (2015), yüz sorgum genotipinde kuraklık stresi koşullarında karbonhidrat, protein, yağ ve kül içeriklerini değerlendirerek üstün genotipleri belirlemeyi hedeflemişlerdir. Genotipler çiçeklenme sonrası kuraklık stresi uygulanan ve kuraklık stresi uygulanmayan kontrol ortamlarında yetiştirilmiştir. Stresli ve kontrol ortamlarında karbonhidrat %55,2 - 75,2, protein %8,6 - 18,9, yağ 1,7 - 4,9 ve kül içeriği %1,1 – 2,4

arasında değerler tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar kuraklık stresinin uygulandığı ortamda yetiştirilen genotiplerde karbonhidrat, protein ve kül içeriğinde azalma meydana gelirken kuraklık stresinin yağ oranına önemli bir değişiklik meydana getirmediğini bildirmişlerdir.

Chakravarthi ve diğerleri (2017), Hindistan'ın Rayalaseema bölgesinde yapmış oldukları bir çalışmada 50 adet sorgum genotipinin kimyasal kompozisyonunu belirlemeyi hedeflemişlerdir. Elde edilen sonuçlar ışığında yaprak protein oranının %5,29 ile %21,24 arasında değiştiğini ve ortalama yaprak azot oranının %12,42 olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca araştırmacılar protein içeriği bakımından nispeten yüksek olan sorgum bitkisinin iyi bir besin kaynağı olduğunu ve az yağış alan bölgelerde hayvan beslenmesi bakımından potansiyel bir yeşil yem olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Jevcsák ve diğerleri (2017), Macaristan'ın Debrecen kentinde yürütmüş oldukları bir çalışmada sorgum bitkisinde farklı azot seviyelerinin toplam fenolik içeriklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar artan azot seviyeleriyle toplam fenolik içeriklerinin de arttığını bildirmişlerdir.

Wu ve diğerleri (2017), tam ve kısıntılı sulama uygulamalarında altı farklı sorgum genotipinin sorgum tanesindeki polifenol içeriği ve antioksidan seviyeleri üzerinde sulamanın potansiyel rolünü belirlemeyi amaçlamışlardır. Kısıntılı sulama uygulamasının tam sulama uygulamasına kıyasla polifenol içeriğini ve antioksidan aktiviteyi önemli ölçüde artırdığını saptamışlardır.

Hussain ve diğerleri (2018), Pakistan'ın Faisalabad kentinde yapmış oldukları bir çalışmada üç adet şeker sorgum aksesyonlarının verim ve kalite özelliklerini araştırmışlardır. Toplam fenolik içerikleri değerlerinin sırasıyla 14.05, 7.32, ve 20.96mg GAE/g olduğunu raporlamışlardır. Ayrıca araştırmacılar toplam fenolik içeriğinin ve toplam flavonoid içeriğinin sorgum gelişimi üzerindeki katkısını gösteren önemli sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Rao ve diğerleri (2018), altı sorgum ile yapmış oldukları bir çalışmada DPPH antioksidan analiz yönteminde en yüksek antioksidan aktivitenin $21,02 \pm 5,17\text{mg/g TE}$, en düşük antioksidan aktivitenin $0,33 \pm 0,10\text{mg/g TE}$, en yüksek toplam fenolik içerik değerinin 11,50

$\pm 1,81\text{mg/g}$ GAE, en düşük toplam fenolik içerik değerini ise $0,24 \pm 0,03 \text{ mg/g}$ GAE olduğunu saptamışlardır. Fenolik profillerin karşılaştırılması, daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip çeşitlerin genellikle daha yüksek miktarlarda ve daha çeşitli polifenollere sahip olduğunu bildiren araştırmacılar, bu çalışmanın sorgumda yüksek antioksidan aktiviteye yol açan bağımsız bir bileşik olmadığını, bunun yerine çeşitli fenolik bileşiklerin kümülatif etkisinin söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Dimkpa ve diğerleri (2019), yapmış oldukları bir çalışmada kuraklığın sorgumda performans ve besin maddesi alımı ve dağılımı üzerindeki etkileri ve ZnO nanopartiküllerinin bu etkileri hafifletip hafifletemeyeceği değerlendirilmiştir. Kuraklık stresi, tane verimini önemli ölçüde ($p < 0,05$) azaltmış (%76) ve tane Zn konsantrasyonunu (%32) düşürmüştür. Kuraklık stresi altında ZnO nanopartikül ilavesi tane verimini artırmış (%22-183), tane Zn oranını (%94) arttırmış ve toplam P alımını %11 - 23 oranında düşürmüştür. Kuraklıktan etkilenen bitkilere ZnO nanopartikül ilavesi (5 mg/kg), kuraklık kontrolüne göre toplam K alımını (%16 - 30) ve tane K alımını (%123) iyileştirmiştir. Araştırmacılar ayrıca kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin ZnO nanopartikül uygulaması ile azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Kaplan ve diğerleri (2019), Kayseri ilinde yürütmüş oldukları bir çalışmada su kısıntısının ve azotlu gübre uygulamasının sorgum sudan otu bitkisinin silajlık kalitesine etkilerini araştırmışlardır. 2013 ve 2014 üretim sezonunda yürütmüş oldukları bu çalışmada bitki materyali olarak Sugar Grazer II sorgum sudan otu çeşidi kullanılmıştır. Bitkiler üç farklı sulama seviyesi (I100: 100, I75: 75 ve I50: tarla kapasitesinin %50'si) ve üç farklı azot dozu (N1: 100, N2: 200, N3: 300kg ha⁻¹) kombinasyonu altında yetiştirilmiştir. Uygun azot dozlarının yeşil ot verimi ve yem kalitesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu saptayan araştırmacılar N3 $\times$ I100 ve N2 $\times$ I75 uygulamaları arasında önemli farklılıklar bulunmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca verim ve kalite parametrelerinde önemli bir kayıp olmaksızın sorgum sudan otu üretimi açısından orta seviye bir su kısıntısını (I75) ve normal azot uygulamasını (200kg ha⁻¹) önermişlerdir.

Qadir ve diğerleri (2019), Pakistan'ın Faysalabad kentinde, 2015 ve 2016 üretim sezonunda yürütmüş oldukları bir çalışmada 40 sorgum genotipinin kuraklık stresi altında farklı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler açısından performanslarını değerlendirilmişlerdir. Araştırmacılar kül içeriğinin kuraklık stresinden olumsuz şekilde etkilendiğini, ham protein değerlerinin ise stres koşullarında arttığını gözlemlemişlerdir.

Ateş ve diğerleri (2020), Edirne bölgesinde yürütmüş oldukları bir çalışmada farklı azot dozlarının (0, 4, 8, 12, 16 kg/da) sorgum sudan otu melez çeşitleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda azot uygulama dozundaki artış ile toplam yeşil ve kuru ot verimi, ham protein oranı ve toplam protein oranı ve toplam protein verimi özelliklerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Ofosu ve diğerleri (2020), sekiz kahverengi sorgum genotipinde toplam fenolik içeriklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar toplam fenolik asit içeriklerinin $74,79 \pm 5,90$ ile $137,2 \pm 12,45$ (mg ferulik asit ekivalenti/ 100 g, DW) arasında olduğunu saptamışlardır.

Kardeş ve diğerleri (2021), 2015 ve 2016 üretim sezonunda, 154 sorgum genotipi ile yapmış oldukları bir çalışmada ham protein oranının %7,48 – 14,07 arasında değiştiğini ve 80 genotipin en yüksek değere sahip standart çeşitten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sarshad ve diğerleri (2021), İran'ın İsfahan kentinde, 2017 ve 2018 üretim sezonunda, kuraklık stresinin verim ve kalite üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma, üç sorgum çeşidi ve dört farklı sulama uygulaması (kontrol, tozlanma ve döllenme, süt olum ve hamur olum aşamalarında sulanmanın kesilmesi) olacak şekilde tasarlanmıştır. Kül oranı ve fenol içerikler bakımından çeşitler arası önemli farklar tespit edilmiştir. En uzun stres döneminde (tozlanma ve döllenme döneminde sulamanın kesilmesi) en yüksek kül oranı ve ham protein değeri elde edilirken fenol içeriklerinde en düşük değer elde edilmiştir. Kuraklık stresinin sorgumun morfolojik ve verimle ilgili özelliklerini olumsuz etkilediğini, toplam çözünür karbonhidrat, ham protein ve prolin içeriği gibi bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisinin ise olumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Ahmad ve diğerleri (2022), 2017 ve 2018 üretim sezonunda, üç azotlu (N) gübre seviyesinin ($N_1 = 0$, $N_2 = 150$ ve $N_3 = 300$ kg ha⁻¹) iki adet sorgum çeşidi üzeri etkilerini araştırdıkları bir çalışmada azot uygulamasının (N_2 ve N_3) antioksidan enzim aktivitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Kazemi ve diğerleri (2022), İran'ın Zahak kentinde 2017 ve 2018 üretim sezonlarında yürütmüş oldukları çalışmada, kuraklık stresi altında nano (makro ve mikro) ve kimyasal (N, P, K) gübrelemenin tane sorgumun fosfor (P), kalsiyum (Ca), protein, ham yağ ve tanen içeriği gibi biyokimyasal özellikler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kuraklık stresi

uygulaması çiçeklenme öncesi sulamanın kesilmesi, çiçeklenme sonrası sulamanın kesilmesi ve kuraklık stresinin uygulanmadığı kontrol uygulaması olacak şekilde tasarlamışlardır. Kontrol koşullarında nano-gübre ile kimyasal gübre uygulamaları arasında tane fosfor (P), tane kalsiyum (Ca) ve tane protein içeriği üzerinde fark olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar çiçeklenme sonrası kuraklık stresinde fosfor alımı ($3498,87 \text{ mg kg}^{-1}$), protein (%21,5) ve tanen (%0,373) içerikleri, nano ve kimyasal gübre uygulamalarından en fazla etkilenen biyokimyasal özellikler olduklarını saptamışlardır. Çinkonun (Zn) protein sentezi ve beslenme koşullarının iyileştirilmesindeki önemli rolü, molibdenin (Mo) nitrojenaz ve nitrat redüktaz aktivitesi üzerindeki etkisi ve demirin (Fe) bitki fotosentezi ve protein sentezi süreçlerindeki işlevi, tohum protein içeriğini artırılması açısından önemli olması sebebiyle uygulanan gübrelerde demir (Fe), çinko (Zn) ve molibden (Mo) varlığının önemine vurgu yapılmıştır. Gübre uygulamaları arasında fosfor (P) alımı açısından önemli bir fark bulunmadığını, bunun da gübre uygulamasının kuraklık stresi altında tane fosfor (P) oranını artırmadığı sonucunu varılmıştır.

Mawouma ve diğerleri (2022), Kamerun'da yürütmüş oldukları bir çalışmada dört sorgum ve iki inci darı çeşidine ait bazı biyokimyasal profillerini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Araştırma sonucunda tane nem oranı 8,51 – 9,33 (%), tane protein oranı 19,62 – 23,78 (%), tane kül oranı 1,15 – 1,59 (%), tane Ca içeriği 10,81 – 12,91 (mg/100g), tane Na içeriği 3,94 – 4,55 (mg/100g), tane K içeriği 278,68 – 328,70 (mg/100g), tane Mg içeriği 130,47 – 149,11 (mg/100g), tane P içeriği 256,74 – 311,37 (mg/100g), tane Cu içeriği 0,12 – 0,32 (mg/100g), tane Fe içeriği 2,75 – 3,28 (mg/100g), tane Mn içeriği 1,40 – 1,69 (mg/100g), tane Zn içeriği 1,34 – 2,13 (mg/100g), toplam fenolik bileşik içeriği 21,91 – 82,22 (mg GAE/g) arasında olduğu sonucuna varmışlardır. Antioksidan aktivitenin renkli sorgum çeşitlerinde (kırmızı ve sarı) belirgin şekilde daha yüksek olduğu ve kırmızı renkli sorgum çeşidinin diğer örneklerle kıyasla daha önemli bir fenolik bileşik zenginliğine sahip olduğunu bildiren araştırmacılar ayrıca çalışmada incelenen besleyici ve faydalı özellikleri en iyi şekilde koruyan uygun işleme yöntemlerinin belirlenmesi için daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Safian ve diğerleri (2022), İran'ın kuzeybatı İsfana bölgesinde iki farklı lokasyonda kuraklık stresi altında mısır ve sorgum genotiplerinin verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. 2019 üretim sezonunda yürütülmüş olan bu çalışmada üç farklı kuraklık seviyesi belirlemişlerdir. Bitki verimi, lif, protein ve tanen gibi bazı kalite

özellikleri gözlemlenmiştir. Sorgum tanesinde kontrol koşulları altında hassas genotiplerin, şiddetli kuraklık stresi koşulları altında ise toleranslı genotiplerin daha yüksek protein oranına sahip olduğu saptanmıştır. Her iki bitki türü de fizyolojilerini geliştirerek stres koşullarına karşı uyum sağlamış ve toleranslı genotipler olumsuz kurak koşullardan daha az etkilenmiştir. Ayrıca araştırmacılar sorgum genotiplerinin kuraklık stresi koşullarına daha toleranslı olmasına rağmen mısır genotiplerinin de kuraklık stresine belirli bir seviyeye kadar tolerans gösterebildiğini bildirmişlerdir.

Alaarage ve Alamery (2023), farklı azot ve biyogübre uygulamaları ile sorgum çeşitleri üzerine 2022 üretim sezonunda bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Sonuçlar, biyogübre ilavesinin farklı sorgum çeşitlerinin incelenen özelliklerini ve azotlu gübre kullanımı üzerindeki etkilerini ortaya konulmuştur. Biyogübre ile birlikte önerilen azotlu gübre dozunun %50'sinin eklenmesi en yüksek verimi sağlamış, ancak azot, fosfor, potasyum ve protein oranları açısından %100 azotlu gübre ilavesinin önemli ölçüde farklılık göstermediği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Desta ve diğerleri (2023), 2021 üretim sezonunda, 53 adet sorgum genotipinin besin bileşenlerini belirlemek amacıyla yürütmüş oldukları çalışmada protein oranı 9,91 – 17,13 (%), toplam fenolik bileşik içeriği 1,37 – 9,20 (mg GAE/g), antioksidan içeriği (DPPH) 0,83 – 28,18 (mg AAE/g) olarak bulunmuştur. Araştırmacılar daha yüksek düzeyde metabolit ve antioksidan aktiviteye sahip sorgum genotiplerinin tüketim, gıda endüstrisi ve ıslah materyali bakımından değerli kaynaklar olabileceğini bildirmişlerdir.

Jaćimović ve diğerleri (2023), Sırbistan agroekolojik koşulları altında yetiştirdikleri 16 sorgum genotipinde element profilini ve antioksidan içeriğini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar antioksidan içeriğinin $0,33 \pm 0,03$ ile $3,75 \pm 0,00$ mmTE*g⁻¹ arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca tane Ca içeriğinin $98,26 \pm 3,51$ ile $189,93 \pm 2,86$ (mg kg⁻¹), tane K içeriğinin $963,30 \pm 20,12$ ile $2249,17 \pm 18,89$ (mg kg⁻¹), tane Mg içeriğinin $575,81 \pm 16,37$ ile $927,35 \pm 7,05$ (mg kg⁻¹), tane P içeriğinin $3080,87 \pm 22,17$ ile $6781,94 \pm 28,19$ (mg kg⁻¹), tane Cu içeriği $1,20 \pm 0,03$ ile $3,05 \pm 0,00$ (mg kg⁻¹), tane Mn içeriğinin $4,65 \pm 0,18$ ile $13,05 \pm 0,13$ (mg kg⁻¹), tane Zn içeriğinin $13,16 \pm 0,17$ ile $23,55 \pm 0,02$ (mg kg⁻¹), tane Fe içeriğinin $13,60 \pm 0,62$ ile $33,74 \pm 0,35$ (mg kg⁻¹) arasında olduğunu saptamışlardır. Elde edilen bulgular ışığında çalışılan sorgum genotiplerinin umut verici antioksidan potansiyeline sahip olduğunu ve 100 g tüketiminden elde edilen tahmini

P, Mg, Mn, Cu, Zn ve Se günlük besin alımının yetişkin kadın ve erkekler için önerilen besin değerlerini önemli ölçüde karşıladığını rapor etmişlerdir.

Khalfalla ve diğerleri (2024), Macaristan'ın Nyíregyháza ve Karcag bölgelerinde, 2020 ve 2021 üretim sezonunda sorgum tanesinin element profili üzerine azot (N) gübresinin etkilerini araştırmışlardır. Bulgular, azot (N) takviyesinin sorgum tanesi element profilini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar uygulamaların belirli elementler için uyarıcı ve engelleyici olarak farklı etkilere sahip olunmuştur. Ayrıca sorgum tanesinin besin değerini artırmak ve insanlığa besin açısından zengin gıda seçenekleri sunmak için gübre tepkisi, bitki besin alımını gibi faktörlerin önemini vurgulamışlardır.



3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Çalışma kapsamında Asya ve Afrika kıtalarından toplanmış olan tek yıllık Sorgum bicolor hatları, ileri kademeli ıslah hatları ve S. bicolor x S.halepense melezlemesinden elde edilen çok yıllık hatlar bitki materyali olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, 2022 yılında 170 adet yerel çeşit ve ıslah hatları ile 6 adet ticari hibrit çeşidi tohumluk materyali olarak kullanılırken 2023 yılında 158 adet yerel çeşit ve ıslah hatları ile 6 adet ticari çeşit tohumluk materyali olarak kullanılmıştır. Çevresel veya genetik etmenler nedeniyle çimlenemeyen, vejetatif dönemden generatif döneme geçemeyip tohum elde edilemeyen ya da elde edilen tohum miktarı yetersiz olan genotipler dikkate alınarak, mineral ve biyokimyasal analizler için 118 yerel çeşit ve ıslah hatları ile 6 adet ticari çeşit materyal olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan bitki materyallerinin genotip listesi

G. No	Genotip Kodu	Pedigri Numarası	G. No	Genotip Kodu	Pedigri Numarası
1	ANZ_1	IS 20628	90	ANZ_161	IS 649
2	ANZ_2	IS 3980	92	ANZ_163	IS 4717
3	ANZ_8	IESV 94005 DL	94	ANZ_165	76 BTP 52-2-1 x BTP-144
4	ANZ_10	IESV 92165 DL	95	ANZ_168	SDSL 98010
6	ANZ_12	IS 8315_bis	98	ANZ_171	IS 3681
7	ANZ_13	SDSL 98007	104	ANZ_178	IESV 99091 DL
8	ANZ_14	UMBRELLA (IDG 95893)	106	ANZ_180	IS 2914
9	ANZ_15	BTX 623	107	ANZ_182	IESV 94027 DL
10	ANZ_17	KAOLIANG WAXY_gruppo_uno_2	108	ANZ_183	K 1593
11	ANZ_18	IS 2134	110	ANZ_186	IS 205
13	ANZ_25	ICSB 684	111	ANZ_188	IS 6253
14	ANZ_27	IS 10422	112	ANZ_189	HONEY (IDG 95901)
16	ANZ_29	Gadam el Hamam	113	ANZ_190	IESV 92011 DL
18	ANZ_34	IS 7293	114	ANZ_191	IS 12308
20	ANZ_39	IS 5098	115	ANZ_194	SDSL 90162-3
22	ANZ_44	BTP 28 (c)	116	ANZ_195	ICSB 686

23	ANZ_45	PLAINS N-1 (SO 45)	118	ANZ_198	IESV 92004 DL
25	ANZ_50	IS 8563	119	ANZ_199	ICSV-LM 87003
26	ANZ_51	SDSL 96039	120	ANZ_203	S. Durra (Stapf Redbine I-12-71)
28	ANZ_53	Early Amber	121	ANZ_204	SDSL 96040
30	ANZ_58	IS 6278	122	ANZ_209	SDSL 98002
32	ANZ_60	SDSL 90093	123	ANZ_211	IESV 92067 DL_gruppo_due
33	ANZ_62	IS 3768	124	ANZ_212	IS 13118
36	ANZ_69	SDSL 90177-9	129	ANZ_218	IS 29139
38	ANZ_74	SACCALINE	130	ANZ_220	SDSL 98014-1
40	ANZ_80	IS 8011	133	ANZ_223	ICSV - LM 90164
43	ANZ_83	PI 250104	134	ANZ_224	N98 (tall selection)
45	ANZ_85	IS 1220	135	ANZ_225	M36121
46	ANZ_86	IS 5124	136	ANZ_226	IESV 91110 DL
47	ANZ_88	IS 3517	139	ANZ_229	SDSL 88298
48	ANZ_91	Sever (Nord)	140	ANZ_230	L.S.803 x C.T.860
49	ANZ_92	IS 9121	141	ANZ_232	DABAR
50	ANZ_95	Black Spanish Broomcorn	142	ANZ_235	IS 2697
51	ANZ_96	SDSL 98013-1	143	ANZ_236	IS 12850
55	ANZ_105	SDSL 96036	144	ANZ_239	Town
56	ANZ_106	KARI Mtama 1	146	ANZ_241	SDSL 90143
57	ANZ_107	IESV 92021 DL_gruppo_uno	150	ANZ_246	IS 2118
59	ANZ_109	SDSL 96041	151	ANZ_249	IS 17919
60	ANZ_112	Mexico R-Line 5	154	ANZ_253	S1477>R181
61	ANZ_114	VALLES ALTOS - 110 (d)	155	ANZ_263	S1836-1-R89
62	ANZ_115	Macia	156	ANZ_266	X61-497-R4-R204C
63	ANZ_117	KSV 12	157	ANZ_272	S1468-4-R17LE
64	ANZ_119	IS 23496	158	ANZ_279	S1477-30-R51
65	ANZ_120	IESV 92162 DL_gruppo_uno	159	ANZ_290	X413-077-2
67	ANZ_123	IS 1059	160	ANZ_297	S1479>R78C
69	ANZ_129	LARSVYT 58-85	161	ANZ_309	H6-143-4
70	ANZ_131	IS 6276	162	ANZ_326	S1219-1-R166A
72	ANZ_133	S. sudanense (Sudangrain 2138)	164	ANZ_343	S1264-1-14-R304
73	ANZ_135	IS 18493_gruppo_due_2	165	ANZ_347	S1814-1-R220B
74	ANZ_136	IS 2867	166	ANZ_351	S1383-1-0-396D
75	ANZ_138	IESV 99095 DL	167	ANZ_366	X1006-79-R5
76	ANZ_140	ICSV-LM 88110	168	ANZ_372	X74-416-R4
77	ANZ_141	Da mangime	169	ANZ_386	X61-497-R4

78	ANZ_142	IESV 92053 DL_gruppo_due	170	ANZ_387	S1479>R56B
79	ANZ_143	IS 8315	171	ANZ_418	S1662-R33C
80	ANZ_145	Zuccherino_gruppo_uno_1	172	ANZ_424	X61>R204A
81	ANZ_146	IS 18209	C1	Gustav	
82	ANZ_147	SDSL 90162-2_gruppo_uno	C2	Estyphan	
85	ANZ_155	Sweet Bee	C3	Foehn	
86	ANZ_156	IS 958	C4	Vegga	
87	ANZ_157	IESV 91111 DL_gruppo_uno	C5	Aday1	
89	ANZ_160	SDSL 90162-10	C6	Beydarı	

3.1.2. Deneme yeri ve yılı

Arazi denemeleri, Adana ili, Yüreğir ilçesi, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde 2022 ve 2023 yılları sorgum yetiştirme sezonunda iki yıl süreyle yürütülmüştür (Resim 3.1).



Resim 3.1. Tarla denemelerinin yürütüldüğü konum

3.1.3. Deneme yerine ait iklim özellikleri

Adana ilinin iklimi, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı özelliklerine sahip tipik bir Akdeniz iklimidir. Tarla denemelerinin yürütüldüğü döneme ait aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış miktarı ve aylık ortalama nisbi nem değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Çalışma dönemine ait aylık toplam yağış miktarı bakımından 2022 yılında en düşük değer Ağustos (0,30 mm), en yüksek değer ise Haziran ayında (21,40 mm) olduğu saptanmıştır. 2023 yılına ait aylık toplam yağış miktarında en düşük değer hiç yağış almayarak (0 mm) Temmuz ve Eylül ayları olurken en yüksek değer ise ile Nisan ayında (47,57 mm) ölçülmüştür. Aylık ortalama nisbi nem değerleri 2022 yılında en düşük Nisan ayı (%56,28) gözlemlenmiş olup en yüksek aylık ortalama nisbi nem değeri Ağustos ayında (%67,98) tespit edilmiştir. 2023 yılında en düşük ortalama nisbi nem değeri Mayıs ayında gözlemlenirken (%61,27) en yüksek aylık ortalama nisbi nem değeri Ağustos ayında (%70,20) olduğu saptanmıştır. Ortalama sıcaklık değeri bakımından 2022 yılında Nisan ayı (19,06 °C) en düşük değere sahip olurken en yüksek değer Ağustos ayı (28,29 °C) olduğu gözlemlenmiştir. 2023 yılı en düşük ortalama sıcaklık değeri Nisan ayında (17,19 °C) saptanırken en yüksek ortalama sıcaklık değeri Ağustos ayında (29,05 °C) gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme alanına ait 2022 ve 2023 yılı yetiştirme dönemine ait iklim verileri

Aylar	Yıllar	Sıcaklık (°C)	Aylık Top, Yağış (mm)	Aylık Ort, Nisbi Nem (%)
Nisan	2022	19,06	2,60	56,28
	2023	17,19	47,80	66,16
	Uzun yıllar	17,42	37,68	19,23
Mayıs	2022	21,73	9,00	60,76
	2023	21,58	13,90	61,27
	Uzun yıllar	21,48	41,57	68,79
Haziran	2022	25,70	21,40	67,70
	2023	25,05	22,9	67,17
	Uzun yıllar	25,21	13,61	73,75
Temmuz	2022	28,15	0,50	65,11
	2023	28,64	0	62,66
	Uzun yıllar	27,92	1,30	74,53
Ağustos	2022	28,29	0,30	67,98
	2023	29,05	0,60	70,20
	Uzun yıllar	28,29	1,36	74,30
Eylül	2022	25,62	10,70	64,22
	2023	26,01	0	65,78
	Uzun yıllar	25,95	14,59	70,47

3.1.4. Deneme yerine ait toprak özellikleri

Tarla denemelerinin bulunduğu yere ait toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Denemelerin gerçekleştirildiği arazi toprağı, kumlu-tınlı tekstür sınıfına sahip olup, hafif alkali karakterde bir pH değeri (pH 7,93 – 7,81) göstermiştir. Ayrıca düşük organik madde içeriği (%0,74 - %0,93), düşük tuz oranı (%0,04 – %0,03), nispeten yüksek kireç oranı (%15,41 – %14,78), orta düzeyde fosfor oranı (9,93 ppm – 10,03 ppm) dikkat çekmektedir. Elektriksel iletkenlik değeri (1,42 dS/m – 1,63 dS/m) ise hafif tuzluluğa işaret etmektedir.

Çizelge 3.3. Toprağın kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri	2022	2023
Organik madde (%)	0,74	0,93
Tuz (%)	0,04	0,03
pH	7,93	7,81
Kireç (% CaCO ₃)	15,41	14,78
EC (dS/M)	1,42	1,63
Tekstür	Kumlu tınlı	Kumlu tınlı
Fosfor (ppm)	9,93	10,03
Potasyum (ppm)	101,4	98,71

3.2. Metot

Tarla denemeleri, 2022 ve 2023 sorgum üretim sezonunda yürütülmüş olup aşağıda belirtilen metodoloji izlenmiştir.

Deneme 1: Sıfır azot gübrelemesi ve kısıntılı sulama uygulaması (tarla kapasitesinin %50 si; -N-H₂O)

Deneme 2: Sıfır azot gübrelemesi ve tam sulama uygulaması (tarla kapasitesinin %100 ü; -N+H₂O)

Deneme 3: Azot gübrelemesi ve tam sulama uygulaması (tarla kapasitesinin %100 ü; +N+H₂O)

Her deneme, augmented deneme desenine göre bloklara ve alt parsellere ayrılmıştır. Her deneme 6 bloktan oluşmuştur. Her bir parsel tek sıra halinde kurulmuş olup sıra arası 70 cm,

sıra üzeri 10 cm ve sıra uzunluğu 4 m olarak belirlenmiştir. Bloklar arası 2m, denemeler arası 7 m olacak şekilde tasarlanmıştır. Her bloğun ilk ve son sırasında kenar tesiri olarak “Erdurmuş” çeşidi yer almıştır.

Denemelerin ekimleri birinci yıl 20 Nisan 2022, ikinci yıl ise 25 Nisan 2023 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir (Resim 3.2). Ekim sonrası tohumların homojen çimlenmesini sağlamak amacıyla her bloğa eşit miktarda su dağılımı sağlayacak şekilde (12m x 12m) yağmurlama sulama sistemi kurulmuştur. Uygulanan su miktarının hassas bir şekilde belirlenebilmesi amacıyla yağmurlama sulama sistemine su sayacı entegre edilmiştir. Sulamada kullanılan suyun kimyasal özellikleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Su Kaynağı Analiz Sonuçları

pH	EC (dS m ⁻¹)	Na	K	Ca+Mg me/l	Cl	SO ₄	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
7,1	1,00	1,07	0,04	3,38	1,48	0,72	0,82	C ₂ S ₁

EC= Elektriksel iletkenlik, SAR= Sodyum adsorpsiyon oranı, C₂S₁= düşük sodyum kategorisine sahip orta tuzluluk



Resim 3.2. Tarla denemeleri ekim işlemleri

Çıkıştan sonra her deneme parseline ayrı ayrı damla sulama sistemi kurularak her sıraya damla sulama boruları (lateral) yerleştirilmiştir (Resim 3.3.). Bitkilere homojen su dağılımı sağlamak amacıyla sulama sistemine basınç valfi takılarak sistemin 1 atmosfer basınçta çalışması temin edilmiştir. Parsellere uygulanan sulama suyunun yeterliliğini ve homojenliğini sağlamak amacıyla sulama sistemindeki basınç değerleri düzenli aralıklarla kontrol edilmiş ve gerekli ayarlamalar yapılmıştır.



Resim 3.3. Tarla denemeleri damla sulama sistemi kurulumu

Sulama zamanının ve uygulanan su miktarının belirlenmesi için toprak nem durumu gravimetrik yöntemle göre periyodik olarak kontrol edilmiştir. Her parselden haftalık olarak 30, 60 ve 90 cm derinliklerden toprak numuneleri alınmış ve bu numuneler toprak nemini belirlemek ve buna göre sulama uygulamak amacıyla 105°C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Gravimetrik yöntemle ek olarak, toprak nem durumunun sürekli izlenebilmesi amacıyla deneme alanına bir toprak nem sensörü de yerleştirilmiş ve ölçümler bu sensör aracılığıyla desteklenmiştir.

Tarla denemeleri süresince bitkilere zarar verebilecek hastalık, zararlı ve yabancı ot istilalarına karşı da düzenli olarak kontroller yapılmıştır. Karınca zararının önüne geçebilmek maksadıyla ekimden 5 gün sonra 180 ml/da oranında İnsektisit Genban 4 EC (aktif madde: 480 g/l Klorpirifos-Etil), uygulanmıştır. Çimlenme sonrası mısır sap kurdu zararlısını karşı 14 günlük periyotlarla 30 ml/da oranında KarateZeon (aktif madde: 50 g/L Lambda-cyhalothrin) insektisiti kullanılmıştır. Ayrıca, ekimden 35 gün sonra fungal hastalıkların önlenmesi amacıyla 80 gr/da oranında Sakozeb M-45 (aktif madde: mancozeb) fungusiti uygulanmıştır. Bitkiler arasında optimum gelişmeyi sağlamak amacıyla Çimlenmeden 30 gün sonra 10 cm sıra üzeri mesafe bırakacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Seyreltme sonrasında bitki yatmalarını önlemek amacıyla boğaz doldurma işlemi yapılmıştır (Resim 3.4).



Resim 3.4. Boğaz doldurma işlemi sonrasında bir görüntü

Geniş yapraklı yabancı otların kontrolü için Arrat herbisiti (aktif madde: 25 % Tritosulfuron, 50 % Dicamba) 25 g/da dozunda uygulanmıştır. Besin elementi eksikliğini tamamlamak ve bitki gelişimini desteklemek amacıyla ekimden 60 gün sonra içerisinde Azot (N) ve Fosfor

(P) içermeyen yaprak gübresi (%13 K₂O, %2 MgO toplam magnezyum oksit, %1,8 MgO suda çözünabilir magnezyum oksit, %6 S toplam sülfür, %5,4 S suda çözünabilir sülfür, %0,016 B suda çözünabilir bor, %0,04 Cu toplam bakır, %0,4 Fe toplam demir, %0,05 Mn toplam manganez, %0,01 Mo toplam moliden, %0,01 Zn toplam çinko) her 3 denemeye eşit olacak şekilde sırt pompası yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Tarla kontrolleri ve bitki gelişim gözlemleri günlük olarak takip edilmiş ve çiçeklenme döneminden itibaren salkımları kuş zararından korumak amacıyla kraft kâğıt torbalar ile salkımlar kapatılmıştır (Resim 3.5).



Resim 3.5. Salkımların kuş zararından korunması için alınan önlem

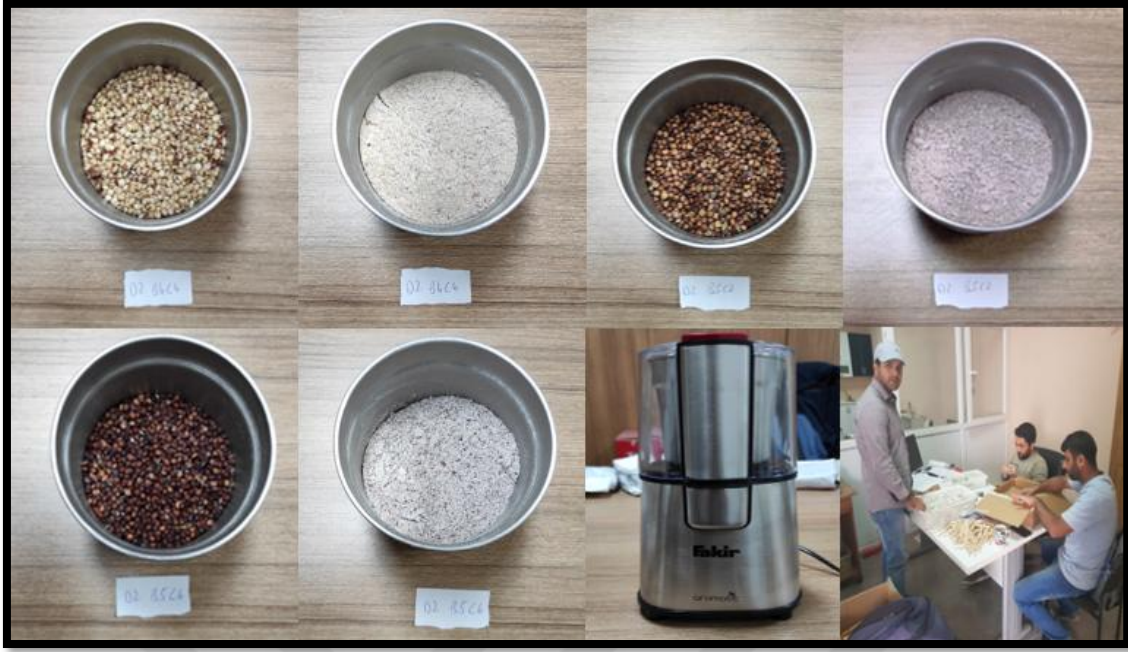
Hasat işlemleri, sorgum genotiplerinin fizyolojik olgunluğa erişmesiyle başlatılmıştır. Her bir genotipten parseli temsil eden 5 bitki belirlenmiş ve bitkilerin toprak üstü kısımları kesilerek hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen bitkilerin yeşil aksamaları (yaprak, gövde) dal parçalama makinesi yardımıyla öğütülmüştür. Parçalanmış örnekler 60 °C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur (Resim 3.6.). Daha sonra azot (N) içeriğinin belirlenmesi amacıyla parçalanmış ve kurutulmuş bitki örnekleri öğütme makinası yardımıyla un haline getirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir (Resim 3.7). Hasat edilen bitkilerden elde edilen salkımlar harmanlama makinası yardımıyla tanelerine ayrılıp tane üzerindeki kavuzlardan arındırılmıştır. Elde edilen tohumların bir kısmı da biyokimyasal analizlerde kullanılmak üzere öğütme makinesi yardımıyla un haline getirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir (Resim 3.8).



Resim 3.6. Bitki yeşil aksamın etüvde kurutulması



Resim 3.7. Bitki örneklerinin öğütme işlemleri



Resim 3.8. Tohum örneklerinin öğütme işlemleri

Antioksidan içerik ve toplam fenolik madde içeriklerinin belirlenmesi amacıyla öğütülmüş tohum örneklerinden hassas terazi kullanılarak 1 g alınmıştır. Örnekler %99 saflıktaki metanol çözeltisi içerisinde 2,5 saat boyunca çalkalamalı su banyosunda çalkalanarak ekstrakte edilmiştir. Daha sonra örnekler 7000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüjlenmiş ve sonrasında Whatman süzgeç kağıdı ile tortularından arındırarak ekstraksiyon süreci tamamlanmıştır.

3.2.1. Kalite özelliklerinin belirlenmesi

Antioksidan içerik ($\mu\text{mol TE/g}$)

Örneklerin antioksidan aktivitelerini belirlenmesi amacıyla DPPH (2,2 difenil-1-pikrilhidrazil 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikali kullanılmıştır. Bu kapsamda ekstrakte edilen numunenin 100 μl 'si ile 1900 μl DPPH çözeltisi karıştırılmıştır. Sonrasında hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin tamamlanmasının ardından örneklerin absorbans değerleri 517 nm dalga boyunda mikropilaka okuyucu yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Trolox standart olarak kullanılmıştır (Masuda et al., 1999).

Toplam fenolik içerik (TPC (mg/g))

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılmıştır. Bu kapsamda ekstrakte edilen numunenin 100 µl'si ile 200 µl Folin reaktifi (%10) ve 800 µl sodyum karbonat (%20) çözeltisi karıştırılmıştır. Sonrasında hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında ve karanlıkta 20 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin tamamlanmasının ardından örneklerin absorbans değerleri 765 dalga boyunda mikropilaya okuyucu yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Standart olarak Gallik asit kullanılmıştır (Ainsworth and Gillespie, 2007).

Kül oranı (%)

Kül oranı tayini amacıyla öğütülmüş tohum örnekleri hassas terazi yardımıyla 2 g olarak tartılmış ve krozelere yerleştirilmiştir. Hazırlanan örnekler kül fırınında 600°C sıcaklıkta 4 saat süreyle 600°C'de yakılmıştır (Resim 3.9). Yakma işleminin ardından kalan kül miktarı tartılmış ve kül içeriği yüzdesi hesaplanmıştır (Kaçar and İnal, 2008).

Nem Oranı (%)

Nem oranı tayini için 3 gram öğütülmüş tohum örnekleri 55°C sıcaklıktaki etüvde 4 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında örnekler tekrar tartılarak nem içeriği % olarak belirlenmiştir (Kaçar and İnal, 2008).

Makro ve mikro element analizi

Makro ve mikro besin elementlerinin belirlenmesi amacıyla her bir genotipten 0,2 g öğütülmüş tohum örneği hassas terazi yardımıyla tartılmıştır. Tartılmış tohum örneklerine 2 ml %35'lik Hidrojen peroksit, 5 ml %65'lik Nitrik asit ve 17 ml ultra saf su eklenip mikrodalga yakma ünitesinde yakılarak makro ve mikro besin elementleri ölçümüne hazır hale getirilmiştir (Resim 3.10). Element analizleri ICP-OES cihazı ile gerçekleştirilmiş, fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) % olarak; demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) ise ppm = mg/kg cinsinden ifade edilmiştir.

Yaprak ve tane azot oranı (%)

Sorgum tanelerinin ve yapraklarının toplam azot içeriği Bremner'in (1965) Kjeldahl yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Protein oranı (%)

Toplam azot miktarından tane protein oranının hesaplanması için 5,67 azot-protein dönüşüm katsayısı kullanılmıştır. Bu katsayı, sorgumda azot içeriğinden protein hesaplamak için ortalama dönüştürme faktörü olarak 5,67'yi öneren Mariotti ve arkadaşlarının (2008) çalışmasından alınmıştır.

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında, tarla denemeleri 2022 ve 2023 yıllarında augmented deneme desenine göre yürütülmüştür. İncelenen genotipler 6 blokta değerlendirilmiş; ayrıca, toplam 6 ticari çeşit kontrol grubu olarak kullanılmış ve bu çeşitler her blokta tekrarlanmıştır. İncelenen özelliklere ait verilerin istatistiksel analizlerinde her iki yılın ortalama değerleri dikkate alınmıştır. Varyans analizi (ANOVA), minimum, maksimum, ortalama, standart hata, standart sapma, frekans grafikleri ve kalıtım derecesi gibi çeşitli istatistiksel analizler R istatistik yazılımının augmentedRCBD' paketi (Aravind vd., 2023) kullanılarak hesaplanmıştır. İncelenen özellikler bakımından en istikrarlı genotipler 'STABILITYSOFT' (PourAboughadareh vd. 2019) aracılığıyla belirlenmiştir. İncelenen özellikler bakımından farklı genotiplerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amacıyla spider plot grafikleri oluşturulmuştur.



Resim 3.9. Örneklerin kül fırınında yakılması işlemi



Resim 3.10. Örneklerin mikrodalga yakma ünitesinde yakılması işlemi





4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. İncelenen Özelliklerin Genel Düzeltilmiş Ortalamaları

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği ve toplam fenolik içerik özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Sorgum genotiplerinde belirlenen antioksidan içeriği ve toplam fenolik içerik özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)		D2 (+H ₂ O-N)		D3 (+H ₂ O+N)	
	AI	TFİ	AI	TFİ	AI	TFİ
1	2,27	5,65	5,08	7,02	9,32	11,11
2	5	10,63	18,96	12,23	16,23	10,75
3	1,1	4,76	11,43	8,17	1,35	6,17
4	1,76	5,74	11,96	7,24	3,66	6,72
6	3,59	9,52	1,64	9,15	2,41	8,14
7	7,18	11,06	4,86	7,77	6,24	10,22
8	24,93	23,43	13,19	19,82	26,57	24,48
9	4,39	3,43	NA	2,89	2,97	8,88
10	24,35	15,16	13,3	14,9	12,61	17,39
11	2,57	9,4	20,17	4,07	12,25	6,58
13	4,95	11,01	5,68	6,25	10,89	9,01
14	5,53	11,29	12,11	17,15	11,17	14,25
16	4,62	7,08	4,62	3,4	9,46	10,38
18	25,78	17,35	12,61	11,99	13,13	41,62
20	3,27	5,1	1,94	4,79	5,04	8,25
22	6,28	6,36	3,35	4,23	5,2	7,34
23	23,9	17,42	13,19	16,62	13,63	36,32
25	3,51	4,73	2,21	4,35	3,37	11,37
26	2,4	3,1	NA	1,79	2,09	11,52
28	21,92	12,14	13,42	12,08	13,06	16,76
30	24,35	16,37	8,22	20,52	14,19	17,51
32	1,53	9,52	5,66	5,41	2,56	6,62
33	23,77	15,14	7,29	14,61	11,38	13,35
36	1,88	6,63	NA	5,38	11,57	4,79
38	25,49	20,17	19,68	22,61	23,12	19,4
40	25,8	14,09	6,67	14,07	14,04	17,29
43	26,09	18,86	19,68	19,84	19,04	11,37
45	17,71	9,18	6,73	16,35	4,98	3,76
46	1,74	7,32	25,45	8,51	15,14	6,36
47	25,74	16,87	17,46	22,27	21,24	10,83
48	24,92	14,61	8,47	23,54	13,6	24,27
49	15	7,46	14,51	20,14	12,75	23,69

50	25,36	18,24	7,82	24,85	14,34	37,35
51	5,07	5,09	0,44	10,05	1,78	5,48
55	1,09	2,65	5,8	5,22	1,16	4,35
56	1,22	7,75	17,16	6,46	23,19	21,65
57	2,28	7,22	6,71	19,68	7,02	8,37
59	1,85	6,88	24,18	5,2	13,18	7,63
60	1,91	6,8	24,31	5,79	12,16	6,03
61	22,82	12,65	24,1	21,52	22,38	17,79
62	1,67	5,67	22,58	5,8	9,18	6,73
63	2,15	4,6	3,8	8,63	6,95	11,57
64	2,5	4,87	17,06	10,14	13,92	5,54
65	7,65	7,24	14,5	9,18	15,29	9,77
67	6,52	9,03	0,44	4,4	7,84	5,85
69	0,55	8,05	15,45	6,09	7,62	6,05
70	26,12	13,55	23,16	20,9	18,47	18,76
72	25,37	17,94	22,94	22,26	23,15	19,23
73	2,65	8,25	18,79	4,98	12,42	5,52
74	25,75	11,22	5,45	19,47	8,13	13,19
75	0,34	8,16	24,38	5,66	13,98	6,46
76	19,37	12,81	13,58	10,39	17,37	11,77
77	26,04	14,51	20,47	20,01	22,21	18,01
78	2,06	10,14	26,09	9,96	11,18	5,23
79	3,93	8,64	NA	10,31	3,42	6,29
80	25,88	19,31	15,24	23,79	14,95	20,42
81	9,28	9,26	3,55	16,97	7,97	10,68
82	2,94	10,13	NA	12,49	11,51	6,21
85	26,04	15,18	6,86	20,89	10,53	13,39
86	5,76	8,07	6,35	8,35	8,5	9,33
87	4,95	6,58	2,03	6,33	3,55	7,56
89	1,3	11,04	17,53	9,35	14,18	9,21
90	25,07	18,58	15,97	18,12	14,26	19,55
92	25,36	17,05	28,41	22,02	26,07	17,77
94	0,95	5,51	17,84	8,42	9,73	5,47
95	2,14	5,99	4,43	5,2	3,25	6,9
98	0,99	7,44	17,95	9,86	15,92	8,66
104	0,45	6,43	5,12	7,81	13,05	7,51
106	0,98	4,12	4,44	5,2	4,38	6,01
107	0,62	7,57	18,3	10,29	13,11	7,2
108	0,75	5,22	4,78	5,6	9,46	12,7
110	23,31	13,66	28,61	17,72	12,88	17,81
111	17,64	12,09	19,81	16,13	22,19	20,69
112	16,69	15,55	29,13	24,93	25,24	21,03
113	1,47	9,4	17,96	8,78	6,32	8,66
114	0,59	6,43	7,58	8,29	3,69	7,48
115	3,35	11,18	19,18	12,24	15,46	8,91
116	4,36	7,74	7,78	7,37	5,91	9,56
118	2,63	6,68	5,56	6,79	3,9	7,76

119	3,21	13,73	5,8	9,32	2,75	7,62
120	4,95	14,31	6,32	9,1	11,83	10,55
121	2,25	10,5	6,15	6,54	2,99	6,33
122	3,03	6,36	6,15	7,15	3,47	7,79
123	19,3	8,78	12,58	14,21	18,19	14,19
124	2,51	7,69	4,71	6,76	2,29	6,69
129	6,63	7,67	5,9	7,96	3,56	9,19
130	2,73	9,91	11,1	8,69	5,7	8,76
133	27,64	16,98	33,16	38,82	15,87	14,6
134	27,69	12,39	17,04	23,67	14,12	13,19
135	2,75	8,26	9,32	12,6	1,86	7,54
136	3,36	9,62	4,69	6,02	2,77	9,04
139	7,42	17,08	14,87	10,72	9,3	11,84
140	4,67	20,15	6,54	8,76	2,44	8,81
141	6,2	7,15	24,59	16,44	11,9	10,45
142	27,14	20,76	32,72	24,25	25,44	16,88
143	27,71	20,22	25,82	22,35	18,11	19,31
144	4,73	12,01	4,36	7,1	3,21	6,82
146	4,72	15,89	15,06	9,75	9,92	8,68
150	2,02	12,86	17,22	8,22	14,07	8,09
151	1,64	8,95	4,76	9,2	11,04	8,49
154	25,13	16,72	27,85	23,57	16,16	19,31
155	25,78	10,78	26,73	23,38	13,63	13,53
156	24,63	19,14	30,37	43,13	23,64	18,63
157	25,64	13,52	30,95	26,2	23,86	16,73
158	25,43	19,04	14,72	23,47	20,99	16,57
159	25,86	14,99	17,31	25,08	12,53	16,94
160	17,74	10,34	28,08	26,42	9,24	13,72
161	24,82	13,5	27,3	25,25	10,25	14,53
162	26,17	12,11	26,1	24,86	12,66	16,91
164	20,67	14,74	31,61	22,17	10,59	14,55
165	20,22	15,71	15,91	22,13	18,3	12,66
166	24,56	15,37	28,71	22,86	14,01	19,49
167	25,34	20,03	16,1	22,68	12,45	17,23
168	20,08	9,64	27,58	25,49	12,23	17
169	24,77	16,24	17,84	26,61	12,44	18,71
170	25,54	19,63	15,73	24,08	10,37	15,8
171	25,42	16,22	27,18	23,87	12,88	18,75
172	25,84	21,64	17,92	24,39	17,26	21,08
C1	1,35	6,57	6,07	6,37	1,94	4,42
C2	3,69	7,46	7,05	7,18	3,02	5,21
C3	3,7	8,11	5,49	7,2	4,17	7,19
C4	1,53	7,84	8,01	5,97	3,06	4,51
C5	3,41	8,06	7,14	8,92	4,64	6,78
C6	17,84	15,7	21,75	19,15	16,33	9,94
Ort	11,84	11,27	14,33	13,77	11,24	12,26
Min	0,34	2,65	0,44	1,79	1,16	3,76

Mak	27,71	23,43	33,16	43,13	26,57	41,62
Std Sapma	10,57	4,87	8,79	8,09	6,47	6,68
Std Hata	0,95	0,44	0,79	0,73	0,58	0,60
VK (%)	89,29	43,22	61,33	58,78	57,58	54,43

Antioksidan içeriği özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerine göre su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek değer 27,71 (μmol TE/g) ile 143 numaralı genotipten elde edilirken, en düşük değer ise 0,34 (μmol TE/g) ile 75 numaralı genotipten elde edilmiştir. Ortalama antioksidan içeriği genel düzeltilmiş ortalama değeri 11,84 (μmol TE/g) olarak bulunmuştur. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek antioksidan içeriği 33,16 (μmol TE/g) ile 133 numaralı genotip, en düşük değer ise 0,44 (μmol TE/g) ile 51 ve 67 numaralı genotipleri olarak belirlenmiştir. Ortalama antioksidan içeriği genel düzeltilmiş ortalama değeri 14,33 (μmol TE/g) olarak belirlenmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede ise en yüksek antioksidan içeriği 26,57 (μmol TE/g) ile 8 numaralı genotip, en düşük değer 1,16 (μmol TE/g) ile 55 numaralı genotip olurken ortalama antioksidan içeriği genel düzeltilmiş ortalama değeri 11,24 (μmol TE/g) olarak hesaplanmıştır.

Toplam fenolik içerik özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek değer 23,43 (TPC (mg/g)) ile 8 numaralı genotipte, en düşük değer ise 2,65 (TPC (mg/g)) ile 55 numaralı genotipte tespit edilmiştir. Ortalama toplam fenolik içerik genel düzeltilmiş ortalama değeri 11,27 (TPC (mg/g)) olarak belirlenmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 43,13 (TPC (mg/g)) ile 156 numaralı genotip, en düşük değer 1,79 (TPC (mg/g)) ile 26 numaralı genotip olurken ortalama toplam fenolik içerik genel düzeltilmiş ortalama değeri 13,77 (TPC (mg/g)) olmuştur. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek değer 41,62 (TPC (mg/g)) ile 18 numaralı genotip, en düşük değer 3,76 (TPC (mg/g)) ile 45 numaralı genotip olurken ortalama toplam fenolik içerik genel düzeltilmiş ortalama değeri 12,26 (TPC (mg/g)) olduğu saptanmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin kül oranı ve nem oranı özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Sorgum genotiplerinde belirlenen kül oranı ve nem oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)		D2 (+H ₂ O-N)		D3 (+H ₂ O+N)	
	KO	NO	KO	NO	KO	NO
1	0,83	9,16	1,3	9,86	1,09	10,24
2	0,99	9,31	1,57	9,64	1,43	9,47
3	2,29	9,19	2,54	11,34	1,34	9,82
4	1,54	9,24	0,45	11,28	1,35	9,54
6	1,75	9,19	1,87	10,05	1,32	9,55
7	1,52	9,22	1,7	10,07	1,18	9,85
8	1,22	9,59	1,11	10,02	1,22	9,67
9	0,94	9,31	1,28	12,08	1,14	9,75
10	2,61	9,31	2,17	10,38	1,23	9,58
11	2,35	9,16	1,06	10,77	1,37	9,27
13	0,94	9,22	1,88	10,14	1,54	9,32
14	3,08	8,84	1,9	10,32	1,42	9,15
16	0,84	9,49	1	10,42	0,53	9,52
18	3,49	9,28	2,15	10,2	1,51	9,17
20	1,17	9,57	0,54	12,88	0,98	9,52
22	1,57	9,47	1,64	10,25	1,33	9,19
23	2,37	9,38	3,51	9,89	1,55	9,23
25	1,43	9,34	1,3	10,9	1,42	9,2
26	1,34	9,25	1,26	6,5	1,64	9,2
28	2,39	8,87	2,42	10,72	1,81	9,32
30	1,11	9,51	0,89	10,43	0,98	9,28
32	2,36	9,34	1,83	10,48	1,41	9,57
33	1,36	9,26	1,48	11,03	1,74	9,2
36	1,58	9,31	0,6	5,96	1,66	9,79
38	0,98	9,53	1,44	10,49	1,24	9,57
40	0,85	9,5	1,24	11,17	1,24	9,31
43	1,28	10,52	1,7	9,53	1,54	9,52
45	1,48	7,6	2,04	9,82	1,48	9,5
46	1,63	8,72	2,91	9,53	1,6	9,59
47	0,93	9,34	2,52	9,73	1,38	9,53
48	2,07	8,79	1,81	10,04	1,36	9,36
49	2,62	8,77	1,09	5,95	1,35	9,37
50	3,43	8,59	2,47	9,82	2,06	9,14
51	0,74	9,37	1,11	6,33	0,62	9,39
55	0,95	9,44	2,06	10,08	1,93	9,51
56	1,76	9	2,52	10,18	2,3	9,31
57	2,27	9,18	2,01	10,4	2,32	10,4
59	1,33	8,63	2,49	10,03	2,12	10,33
60	0,7	8,89	2,42	10,01	2,73	9,88
61	1,69	9,1	2,24	10,13	2,68	9,55
62	1,88	8,46	2,01	10,02	2,56	10,24
63	2,59	8,71	1,49	9,92	1,73	10,9
64	1,54	8,91	1,89	10,1	2,32	9,98

65	1,22	8,9	2,51	10,01	3,13	9,61
67	1,46	8,45	1,71	6,09	2,54	8,84
69	1,58	8,5	1,91	9,87	2,39	9,75
70	1,36	8,67	1,96	9,9	2,42	8,63
72	2,57	7,6	3	10,12	3,18	8,68
73	1,28	7,73	2,11	10,11	3,05	8,68
74	1,34	7,87	0,54	11,73	1,51	9,16
75	1,72	7,86	2,31	9,71	2,36	8,46
76	1,11	8,62	1,73	9,71	2,7	8,65
77	1,33	8,66	1,82	9,71	1,52	8,72
78	1,53	8,36	0,95	9,96	1,53	9,14
79	1,59	8,37	0,44	11,93	1,96	8,98
80	1,45	8,54	1,25	10,3	1,49	9,3
81	1,04	8,67	0,69	9,75	1,62	9,27
82	1,04	8,63	0,28	11,11	1,49	9,12
85	0,72	8,51	0,55	11,16	1,61	9,1
86	2,48	8,45	2,67	9,34	1,74	8,98
87	1,96	8,4	1,25	9,2	1,32	8,98
89	1,94	8,78	2,19	9,08	1,45	8,99
90	1,26	8,92	0,64	10,86	1,26	8,8
92	0,8	8,73	1,3	9,67	1,16	9,01
94	1,14	8,54	1,36	8,78	1,48	9,09
95	1,48	8,48	0,54	10,92	1,33	9
98	1,06	8,51	1,73	9,91	1,59	9,34
104	1,97	9,02	0,89	10,83	1,84	9,56
106	1,85	9,07	0,8	10,89	1,94	9,12
107	1,91	9,04	1,74	9,84	2,18	8,98
108	2	9,46	1,41	9,91	1,66	9,2
110	1,33	8,88	1,45	9,82	1,79	9,1
111	1,81	8,84	1,37	9,82	1,55	9,18
112	2,1	8,57	2,26	9,48	2,29	9,2
113	2,27	8,83	1,8	9,76	1,63	9,09
114	2,05	8,46	0,96	10,82	1,59	9,77
115	1,62	8,89	2,21	10,02	1,8	8,96
116	0,92	8,69	1,37	9,9	0,97	9,17
118	1,88	8,35	0,82	11,38	1,14	9,03
119	2,42	8,72	1,2	11,8	0,98	9,25
120	1,36	9,26	0,52	11,38	1,85	10,67
121	0,75	8,93	0,99	9,46	1,67	9,13
122	2,97	9,01	1,07	9,4	1,78	9,38
123	1,94	9	0,98	9,77	1,23	9,62
124	1,46	9,54	1,01	9,68	1,77	8,89
129	1,35	9,15	1,21	9,44	1,99	9,05
130	1,79	9,43	1,4	9,73	1,85	8,93
133	1,19	9,62	1,13	5,47	2,25	9,22
134	1,66	9,72	0,83	10,1	1,94	9,04
135	1,13	9,82	0,86	5,5	1,72	9,25

136	2,21	9,93	1,11	10,49	1,8	9,21
139	1,39	9,52	0,85	10,03	1,68	9,39
140	2,51	9,78	1,02	9,56	1,12	9,42
141	1,55	10,13	1,83	9,62	2,19	9,87
142	2,66	10,07	1,56	9,57	1,72	9,32
143	1,05	9,92	0,95	9,74	1,48	9,12
144	1,73	9,26	0,81	9,61	1,24	9,52
146	1,47	9,74	0,79	9,78	1,84	9,15
150	1,95	10,47	1,72	9,32	1,42	9,18
151	1,75	9,79	1,59	9,27	1,97	9,07
154	4,01	8,74	1,77	8,93	2,8	8,04
155	2,49	9,3	2,34	9,09	2,64	8,26
156	3,34	9,51	3,38	9,13	1,76	8,91
157	4,25	9,87	1,95	5,12	2,98	8,16
158	3,89	9,68	1,95	9,08	2,85	8,14
159	3,47	8,84	2,72	8,73	3,26	7,89
160	4,21	9,73	2,41	8,74	3,21	7,97
161	4,25	9,31	1,99	8,62	2,54	8,54
162	1,57	10,01	2,6	8,98	2,14	8,91
164	3,46	8,88	2,63	9,67	2,28	8,85
165	3,57	9,16	1,67	8,77	1,74	8,85
166	3,64	9,19	2,94	9,61	2,31	8,86
167	3,58	9,92	2,24	8,74	2,1	8,75
168	3,94	9,04	2,31	8,77	2,26	8,48
169	4,55	8,86	2,37	8,92	4,14	8,57
170	3,99	9,27	2,36	8,73	4,26	8,79
171	3,32	9,45	2,15	9,19	2,11	8,74
172	3,84	9,13	2,67	9,08	1,75	8,77
C1	0,9	9,25	1,02	9,69	1,33	8,91
C2	0,89	9,17	1,15	9,8	1,33	9,12
C3	0,98	9,1	1,06	9,75	1,38	9,14
C4	0,76	9,23	1,19	9,59	1,26	9,09
C5	0,8	9,13	1,12	9,7	1,35	9,08
C6	1,09	9,65	1,27	9,8	1,34	9,19
Ort	1,90	9,09	1,61	9,72	1,80	9,21
Min	0,70	7,60	0,28	5,12	0,53	7,89
Mak	4,55	10,52	3,51	12,88	4,26	10,90
Std Sapma	0,95	0,53	0,69	1,27	0,63	0,49
Std Hata	0,09	0,05	0,06	0,11	0,06	0,04
VK (%)	50,20	5,87	42,72	13,06	35,13	5,33

Kül oranı özelliğine ait genel düzeltilmiş ortalama değerlerine göre su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek kül oranı değeri 4,55 (%) ile 169

numaralı genotipte, en düşük kül oranı değeri ise 0,70 (%) ile 60 numaralı genotipte belirlenmiştir. Ortalama kül oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,90 (%) olarak hesaplanmıştır. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek kül oranı değeri 3,51 (%) ile 23 numaralı genotipte tespit edilirken en düşük değer 0,28 (%) ile 82 numaralı genotipte gözlemlenmiştir. Ortalama kül oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,61 (%) olarak belirlenmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek kül oranı 4,26 (%) ile 170 numaralı genotipte, en düşük değer ise 0,53 (%) ile 16 numaralı genotipte saptanırken ortalama kül oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,80 (%) olarak belirlenmiştir.

Nem oranı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerine göre su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek değer 10,52 (%) ile 137 numaralı genotipte, en düşük değer ise 7,60 (%) ile 45 ve 72 numaralı genotiplerinde tespit edilmiştir. Ortalama nem oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri ise 9,09 (%) olarak saptanmıştır. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 12,88 (%) ile 20 numaralı genotipte, en düşük değer 5,12 (%) ile 157 numaralı genotipte gözlenmiş olup ortalama nem oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 9,72 (%) olarak hesaplanmıştır. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek nem oranı değeri 10,90 (%) ile 63 numaralı genotipte, en düşük nem oranı değeri 7,89 (%) ile 159 numaralı genotipte belirlenmiş olup ortalama nem oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 9,21 (%) olarak kaydedilmiştir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin tane fosfor (P) oranı ve tane potasyum (K) oranı özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane fosfor (P) oranı ve tane potasyum (K) oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)		D2 (+H ₂ O-N)		D3 (+H ₂ O+N)	
	P	K	P	K	P	K
1	0,36	0,9	0,46	1,04	0,64	1,47
2	0,34	1,35	0,42	1,22	0,55	1,66
3	0,3	1,14	0,47	1,08	0,69	1,52
4	0,36	1,25	0,44	1,04	0,66	1,67
6	0,23	1,03	0,38	0,84	0,53	1,54
7	0,36	1,21	0,48	0,78	0,63	1,48
8	0,34	1,05	0,47	1,17	0,8	1,67

9	0,29	1,19	0,4	1,01	0,61	1,66
10	0,29	1,39	0,45	1,45	0,63	1,75
11	0,36	1,38	0,45	1,25	0,63	1,66
13	0,36	1,19	0,5	0,93	0,78	1,63
14	0,26	0,96	0,42	0,85	0,54	1,29
16	0,42	1,21	0,53	0,95	0,7	1,58
18	0,44	1,22	0,52	0,91	0,81	1,5
20	0,32	1,25	0,39	1,11	0,65	1,54
22	0,28	1,25	0,44	1,04	0,59	1,67
23	0,31	1,23	0,51	0,76	0,8	1,61
25	0,39	1,1	0,49	0,95	0,74	1,58
26	0,33	1,17	0,41	0,95	0,59	1,52
28	0,22	0,96	0,31	0,57	0,42	1,22
30	0,37	0,9	0,53	1,38	0,66	1,57
32	0,26	0,76	0,35	1,3	0,53	1,56
33	0,33	1,05	0,56	1,13	0,66	1,54
36	0,35	0,9	0,29	1,32	0,54	1,62
38	0,37	1,06	0,41	1,37	0,62	1,6
40	0,3	0,96	0,43	1,19	0,53	1,68
43	0,2	0,9	0,33	1,3	0,57	1,6
45	0,42	1,15	0,57	1,28	0,64	1,68
46	0,31	1,24	0,54	1,27	0,85	1,75
47	0,29	1,27	0,43	1,34	0,61	1,97
48	0,2	0,92	0,49	1,75	0,69	1,88
49	0,17	1,3	0,37	1,52	0,44	1,98
50	0,19	1,11	0,35	1,96	0,44	1,69
51	0,32	0,9	0,32	1,57	0,65	1,61
55	0,34	0,81	0,43	1,52	0,56	1,9
56	0,36	1	0,48	1,46	0,51	1,7
57	0,24	1,09	0,45	1,38	0,7	1,54
59	0,22	1,22	0,32	1,09	0,64	1,69
60	0,27	1,14	0,41	1,28	0,58	1,59
61	0,35	1,06	0,38	1,35	0,6	1,73
62	0,35	1,11	0,46	1,31	0,53	1,7
63	0,44	1,2	0,43	1,06	0,71	1,63
64	0,39	1,18	0,52	0,72	0,57	1,59
65	0,34	0,8	0,55	0,93	0,8	1,57
67	0,35	1,03	0,4	1,13	0,62	1,58
69	0,41	1,07	0,41	1,27	0,67	1,58
70	0,36	1,26	0,52	1,24	0,65	1,6
72	0,38	0,82	0,29	0,87	0,66	1,52
73	0,36	0,84	0,53	0,39	0,6	1,28
74	0,16	1,04	0,51	0,91	0,61	1,52
75	0,36	1,2	0,3	0,99	0,7	1,57
76	0,26	0,69	0,54	1,04	0,48	1,54
77	0,3	0,79	0,36	0,83	0,67	1,36
78	0,34	0,82	0,2	0,99	0,63	1,3

79	0,29	1,05	0,41	1,02	0,32	1,47
80	0,31	0,84	0,37	1,02	0,7	1,48
81	0,24	0,71	0,41	0,78	0,58	1,36
82	0,27	0,7	0,37	0,59	0,63	1,46
85	0,34	0,74	0,32	0,86	0,75	1,31
86	0,43	0,89	0,47	0,73	0,49	1,36
87	0,37	1,1	0,53	0,7	0,63	0,97
89	0,3	0,95	0,57	1,09	0,93	1,47
90	0,34	1,21	0,54	0,97	0,74	1,62
92	0,3	1,23	0,61	1,06	0,81	1,61
94	0,38	1,28	0,51	1,2	0,88	1,59
95	0,38	1,24	0,54	1,03	0,82	1,67
98	0,32	1,09	0,54	1,38	0,73	1,54
104	0,33	1,23	0,58	0,94	0,81	1,54
106	0,35	1,19	0,5	1,02	0,77	1,55
107	0,3	1,04	0,53	1,02	0,88	1,5
108	0,34	1,07	0,56	1,3	0,76	1,65
110	0,27	1,28	0,39	1,01	0,6	1,48
111	0,36	1,09	0,55	0,99	0,74	1,54
112	0,37	0,9	0,56	0,56	0,92	1,68
113	0,32	1,38	0,57	0,72	0,74	1,47
114	0,4	1	0,3	0,85	0,6	1,36
115	0,33	0,95	0,59	0,95	0,81	1,46
116	0,17	0,96	0,59	0,88	0,77	1,48
118	0,3	1,1	0,31	1,09	0,65	1,46
119	0,24	1,05	0,48	0,95	0,66	1,37
120	0,27	1,02	0,47	1,15	0,68	1,21
121	0,28	0,77	0,19	0,92	0,4	1,43
122	0,13	1,07	0,4	0,47	0,58	1,38
123	0,44	1,1	0,23	0,6	0,57	1,22
124	0,31	0,59	0,55	0,63	0,74	1,2
129	0,31	0,73	0,44	0,85	0,79	1,24
130	0,33	0,81	0,41	0,34	0,67	1,09
133	0,27	0,97	0,41	0,6	0,66	1,43
134	0,27	0,81	0,36	0,28	0,64	1,09
135	0,27	0,97	0,44	1,06	0,62	0,74
136	0,34	1,05	0,45	1,01	0,74	1,38
139	0,42	1,35	0,41	1,45	0,66	1,53
140	0,3	1,04	0,49	1,27	0,76	1,14
141	0,3	1,05	0,54	0,77	0,68	1,73
142	0,29	1,32	0,41	0,98	0,83	1,74
143	0,29	1,33	0,47	1,03	0,62	1,45
144	0,34	1,09	0,47	1,32	0,65	1,51
146	0,25	1,04	0,5	1,09	0,71	1,66
150	0,16	0,91	0,57	0,16	0,63	1,17
151	0,21	0,9	0,37	0,22	0,72	1,7
154	0,33	1,09	0,4	0,49	0,93	1,32

155	0,28	1,08	0,45	0,69	0,57	1,09
156	0,33	1,4	0,54	0,91	0,71	1,32
157	0,36	0,99	0,49	0,99	0,69	1,3
158	0,36	1,02	0,52	0,38	0,73	1,54
159	0,36	1,5	0,48	0,55	0,78	1,61
160	0,25	1,04	0,5	0,63	0,72	1,86
161	0,33	0,89	0,46	0,45	0,79	0,97
162	0,29	0,97	0,45	0,42	0,73	1,28
164	0,27	0,89	0,47	0,36	0,82	1,3
165	0,34	0,86	0,43	0,74	0,69	1,49
166	0,31	1,21	0,49	0,67	0,7	1,07
167	0,34	1,12	0,43	0,82	0,66	1,29
168	0,34	1,33	0,47	0,7	0,69	1,46
169	0,21	1,17	0,23	0,87	0,73	1,54
170	0,29	1,3	0,4	0,48	0,67	1,34
171	0,3	1,01	0,5	0,16	0,54	1,33
172	0,4	0,6	0,48	0,53	0,63	1,64
C1	0,29	1,04	0,49	0,98	0,69	1,44
C2	0,33	0,95	0,46	0,84	0,69	1,46
C3	0,31	1,12	0,48	0,72	0,69	1,61
C4	0,3	0,94	0,44	1,02	0,62	1,47
C5	0,31	1,07	0,46	1,07	0,61	1,43
C6	0,32	0,96	0,44	1,2	0,66	1,38
Ort	0,31	1,05	0,45	0,96	0,67	1,50
Min	0,13	0,59	0,19	0,16	0,32	0,74
Mak	0,44	1,50	0,61	1,96	0,93	1,98
Std Sapma	0,06	0,18	0,09	0,33	0,11	0,20
Std Hata	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02
VK (%)	19,74	17,34	19,01	34,40	16,17	13,56

Tane fosfor oranına ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek fosfor oranı 0,44 (%) ile 18, 63 ve 123 numaralı genotiplerde belirlenirken en düşük oran 0,13 (%) ile 122 numaralı genotipte tespit edilmiştir. Ortalama tane fosfor oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,31 (%) olarak hesaplanmıştır. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 0,61 (%) ile 92 numaralı genotipte, en düşük değer 0,19 (%) ile 121 numaralı genotipte kaydedilirken ortalama tane fosfor oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,45 (%) olarak saptanmıştır. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek değer 0,93 (%) ile 89. ve 154 numaralı genotiplerde, en düşük değer

0,32 (%) ile 79 numaralı genotipte gözlenirken ortalama tane fosfor oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,67 (%) olarak belirlenmiştir.

Tane potasyum oranına ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek potasyum oranı 1,50 (%) ile 159 numaralı genotipte belirlenirken en düşük oran 0,59 (%) ile 124 numaralı genotipte olduğu saptanmıştır. Ortalama tane potasyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,05 (%) olarak belirlenmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 1,96 (%) ile 50 numaralı genotipte, en düşük değer 0,16 (%) ile 150 ve 171 numaralı genotiplerde olduğu saptanırken ortalama tane potasyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,96 (%) olarak kaydedilmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek değer 1,98 (%) ile 49 numaralı genotipte, en düşük değer 0,74 (%) ile 135 numaralı genotipte olurken ortalama tane potasyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,50 (%) olarak hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin tane kalsiyum (Ca) oranı ve tane magnezyum (Mg) oranı özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane kalsiyum (Ca) oranı ve tane magnezyum (Mg) oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)		D2 (+H ₂ O-N)		D3 (+H ₂ O+N)	
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
1	0,94	0,76	0,99	1,23	1,9	1,96
2	0,77	1,1	1,17	1,09	1,79	1,86
3	0,69	1,06	1,09	0,94	1,75	1,9
4	1,08	0,75	1,17	0,92	1,81	1,77
6	0,87	0,91	1,32	0,89	1,93	1,78
7	0,99	1,2	1,12	0,83	1,74	1,69
8	0,93	0,96	1,04	0,97	1,7	2,02
9	0,8	0,85	1,1	1,15	1,77	1,96
10	0,64	1,09	1,04	1,11	1,67	1,91
11	1,04	0,89	1,2	0,93	1,86	1,91
13	0,91	1,05	1,21	1,08	1,88	1,77
14	0,8	0,87	1,23	0,95	1,81	1,81
16	1,09	0,9	1,15	0,96	1,77	2
18	0,68	0,97	1,1	1,14	1,75	1,86
20	1,09	1,01	1,37	0,99	2,08	1,78
22	0,84	1	1,24	0,88	1,8	1,67

23	1,07	0,92	1,45	0,87	1,98	1,71
25	1,01	1,16	1,54	1,21	2,11	1,96
26	0,99	0,94	1,64	1	2,17	1,81
28	1,11	1,34	1,45	0,94	2,03	1,88
30	0,77	0,74	1,42	1,05	1,98	1,73
32	0,56	0,99	1,36	0,92	1,98	1,7
33	0,89	0,87	1,31	0,95	1,96	1,64
36	0,74	1,04	0,99	1,13	1,35	1,94
38	0,85	0,99	0,95	0,93	1,34	1,85
40	0,81	1,06	1,08	0,9	1,43	1,69
43	0,95	0,95	1,06	0,94	1,35	1,92
45	0,6	1,03	0,89	0,96	1,34	1,72
46	0,92	0,9	1,02	0,99	1,43	1,84
47	0,92	0,85	1,16	0,89	1,43	1,63
48	0,74	0,92	1,01	0,87	1,35	1,64
49	0,55	0,67	1,02	0,91	1,24	1,64
50	0,94	1,11	0,99	0,81	1,31	1,56
51	1,02	0,94	0,94	0,85	1,34	1,79
55	0,96	1,06	0,97	0,85	1,35	1,64
56	0,79	0,89	0,99	0,94	1,26	1,67
57	0,66	0,82	0,91	0,89	1,21	1,62
59	1,01	0,92	1,11	0,76	1,19	1,62
60	1,07	0,82	1,1	0,87	1,18	1,91
61	0,82	1,19	0,94	1,1	1,02	1,84
62	0,73	1,06	0,78	1,01	0,82	1,8
63	1,08	0,78	0,68	0,99	1,14	1,8
64	1,04	0,98	0,65	0,97	1,02	1,7
65	0,9	0,92	0,86	0,81	1,22	1,66
67	0,97	0,96	0,8	0,64	1,18	1,5
69	0,92	0,97	0,6	1,18	1,02	1,86
70	0,8	0,87	0,52	1,16	0,85	1,81
72	1,05	1,05	0,55	0,96	0,95	1,77
73	0,93	0,81	0,65	0,93	0,99	1,7
74	0,71	1,03	0,6	0,94	0,88	1,65
75	0,97	0,89	0,36	0,81	0,83	1,59
76	1,02	1,04	0,47	0,88	0,97	1,85
77	0,85	0,94	0,48	1,12	1	1,87
78	0,65	0,81	0,57	1,05	0,79	1,81
79	1,06	0,94	0,69	1	0,95	1,83
80	1,09	0,75	0,85	0,89	1,1	1,64
81	0,94	1,05	0,72	1,01	1,02	1,68
82	0,86	0,96	0,63	0,93	1,15	1,71
85	0,76	0,85	0,57	1,13	0,83	1,82
86	0,72	1,19	0,66	1,17	1,03	1,81
87	0,87	1,05	0,68	0,99	1,07	1,77
89	0,67	1,04	0,6	1,02	0,95	1,73
90	0,65	0,9	0,71	0,95	1,02	1,79

92	0,82	1,08	0,63	0,96	0,88	1,99
94	0,71	1,07	0,73	1,15	1,09	1,89
95	0,87	0,92	0,69	0,98	0,98	1,9
98	0,54	0,93	0,45	0,94	0,82	1,78
104	0,55	1,08	0,63	1,13	0,94	1,95
106	0,82	0,86	0,62	0,95	1,07	1,91
107	1,03	1,03	0,85	0,99	1,2	1,8
108	0,82	0,98	0,84	0,99	1,15	1,85
110	1,05	1,04	0,85	0,78	1,19	1,74
111	1,22	0,88	0,88	0,92	1,23	2,04
112	0,83	1	0,86	1,16	1,18	1,99
113	0,76	0,91	0,67	1,02	1,05	1,87
114	1,05	1,23	0,77	0,91	1,16	1,95
115	1,02	1	0,7	1,01	1,1	1,79
116	0,83	0,85	0,8	0,98	1,05	1,87
118	0,87	1,03	0,92	0,95	1,24	1,83
119	1,12	0,88	1,03	0,92	1,27	1,75
120	1,27	1,25	0,94	0,99	1,22	2,05
121	1,06	1,06	0,65	1,27	1,06	1,54
122	0,9	0,88	0,85	1,11	1,17	1,95
123	1,07	1,05	0,81	1,11	0,84	1,96
124	1,12	0,9	0,49	1,03	0,85	1,82
129	0,77	0,82	0,64	1,22	1,06	1,92
130	0,61	1,13	0,58	1,2	0,86	1,87
133	0,85	0,97	0,48	1,11	1,01	1,8
134	0,76	0,91	0,89	0,97	1,07	1,83
135	1,01	1,18	0,92	0,88	1,23	1,75
136	1,09	1	0,88	0,88	1,09	1,99
139	1,2	0,85	0,79	1,01	1,07	1,91
140	1,19	1,07	0,86	0,99	1,13	1,72
141	0,95	0,96	0,97	0,95	1,3	1,79
142	0,78	0,72	0,88	0,91	1,25	1,76
143	1,08	0,94	0,88	0,9	1,23	1,75
144	1,1	0,86	0,99	0,94	1,17	2,02
146	0,96	1,03	0,85	1	1,09	1,87
150	1,02	0,96	1,01	0,94	1,36	1,79
151	0,85	0,79	1,04	0,91	1,24	1,66
154	0,8	1,11	0,85	0,88	1,14	1,72
155	1,07	0,99	0,95	0,89	1,28	1,98
156	1,07	0,72	1,07	1,08	1,39	2,02
157	0,87	1,02	0,98	1,13	1,28	1,88
158	0,82	0,76	1,02	0,99	1,38	1,85
159	1,03	1,21	1,03	0,97	1,28	1,84
160	1,17	1,06	0,91	0,99	1,16	1,87
161	0,91	0,77	0,95	0,96	1,25	1,68
162	0,78	0,99	1,05	0,84	1,36	1,61
164	1,02	1,05	1,1	1,15	1,34	1,84

165	0,84	0,96	1,18	1,17	1,21	1,84
166	0,74	0,76	1,02	0,78	1,37	1,95
167	1,06	0,96	0,94	1,03	1,16	1,84
168	1	0,74	1	1	1,23	1,85
169	0,88	1,11	0,9	0,93	1,16	1,82
170	0,72	0,97	1,01	0,89	1,35	1,7
171	1,06	0,94	0,85	1,02	1,19	2,04
172	1,11	1,13	0,94	1,26	1,31	2,02
C1	0,94	0,97	0,76	0,97	1,06	1,87
C2	0,9	0,98	0,84	0,94	1,16	1,85
C3	0,94	0,96	0,75	1,01	1,08	1,8
C4	0,84	0,93	0,79	0,9	1,18	1,81
C5	0,96	0,96	0,77	0,91	1,07	1,81
C6	0,88	0,94	0,82	0,9	1,17	1,73
Ort	0,90	0,96	0,91	0,98	1,28	1,81
Min	0,54	0,67	0,36	0,64	0,79	1,50
Mak	1,27	1,34	1,64	1,27	2,17	2,05
Std Sapma	0,16	0,12	0,24	0,11	0,33	0,12
Std Hata	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01
VK (%)	17,50	12,85	26,82	11,48	25,63	6,54

Tane kalsiyum oranına ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek kalsiyum oranı 1,27 (%) ile 120 numaralı genotipte, en düşük oran 0,54 (%) ile 98 numaralı genotipten elde edilmiştir. Ortalama tane kalsiyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,90 (%) olarak kaydedilmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 1,64 (%) ile 26 numaralı genotipte, en düşük değer 0,36 (%) ile 75 numaralı genotipte olduğu belirlenirken ortalama tane kalsiyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,91 (%) olduğu saptanmıştır. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede ise en yüksek değer 2,17 (%) ile 26 numaralı genotipte, en düşük değer 0,79 (%) ile 78 numaralı genotipte olurken ortalama tane kalsiyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,28 (%) olduğu belirlenmiştir.

Tane magnezyum oranına ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek magnezyum oranı 1,34 (%) ile 28 numaralı genotipte, en düşük oran 0,67 (%) ile 49 numaralı genotipten elde edilmiştir. Ortalama tane magnezyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,96 (%) olarak bulunmuştur. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O)

denemede en yüksek değer 1,27 (%) ile 121 numaralı genotipte, en düşük değer 0,64 (%) ile 67 numaralı genotipte olduğu kaydedilirken ortalama tane magnezyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 0,98 (%) olduğu saptanmıştır. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede ise en yüksek değer 2,05 (%) ile 120 numaralı genotipte, en düşük değer 1,50 (%) ile 67 numaralı genotipte bulunurken ortalama tane magnezyum oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 1,81 (%) olduğu saptanmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin tane demir (Fe) miktarı ve tane çinko (Zn) miktarı özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane demir (Fe) miktarı ve tane çinko (Zn) miktarı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)		D2 (+H ₂ O-N)		D3 (+H ₂ O+N)	
	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn
1	46,25	31,49	68,39	36,87	90,74	62,24
2	46,68	31,07	69,05	35,21	85,34	65,25
3	45,79	30,62	68,39	36,65	81,32	67,17
4	40,85	32,95	63,44	33,11	83,45	61,37
6	41,01	26,09	61,53	30,99	84,63	65,24
7	58,27	26,19	60,74	35,52	81,34	73,43
8	37,66	27,89	65,53	31,47	82,62	67,34
9	25,13	26,78	54,55	33,23	75,63	62,07
10	40,56	33,88	64,35	35,80	79,82	72,99
11	57,73	30,76	61,12	34,36	74,25	66,33
13	42,82	31,24	75,91	36,95	91,12	61,92
14	41,89	38,47	53,13	41,78	78,25	70,24
16	26,08	31,02	52,63	33,91	70,87	73,41
18	36,84	33,6	70,85	32,39	82,73	67,18
20	28,16	33,13	47,93	34	65,81	63,56
22	38,34	31,26	50,28	34,21	73,27	68,34
23	47,93	29,36	46,18	39,47	72,49	76,01
25	32,51	23,56	55,39	28,36	78,77	56,06
26	31,58	26,53	53,89	32,56	74,92	55,51
28	38,81	21,18	54,41	32,02	75,61	61,18
30	45,29	28,4	58,87	32,20	82,3	48,66
32	68,75	21,62	80,01	20,15	107,38	51,65
33	60,55	23,75	79,39	21,41	103,23	61,65
36	43,67	21,27	74,36	19,02	97,89	47,5
38	51,49	26,71	67,24	28,71	87,41	60,75
40	50,55	20,72	66,89	27,18	86,72	48,98
43	35,84	19,05	52,58	23,89	74,29	60,48
45	49,47	25,58	68,16	32,34	85,66	57,12

46	52,54	25,17	67,86	23,89	111,42	57,91
47	68,83	26,74	56,82	30,86	82,43	53,33
48	28,31	28,55	69,7	30,81	86,96	58,79
49	37,14	24,38	60,66	32,32	86,81	55,42
50	47,14	28,54	73,39	27,05	97,32	68,59
51	45,05	21,27	68,98	28,62	91,64	62,39
55	44,66	27,7	67,75	32,22	86,14	54,1
56	44,73	23,08	65,05	26,15	90,1	55,96
57	53,73	25,55	71,96	30,83	100,85	64,12
59	86,1	24,13	67,27	30,73	85,69	65,57
60	60,76	32,43	68,58	38,15	88,42	68,29
61	60,04	26	67,88	31,96	86,29	55,24
62	51,53	27,19	67,34	34,89	84,17	63,13
63	57,15	30,78	58,43	33,74	74,32	68,43
64	67,08	22,24	79,17	17,93	87,56	51,17
65	60,32	25,37	69,1	22,04	78,29	50,4
67	79,31	27,92	74,64	29,67	88,21	73,01
69	54,55	29,12	67,53	35,01	84,42	58,8
70	63,85	20,08	68,79	18,83	79,67	51,59
72	71,85	25,06	78,4	23,89	97,27	45,43
73	72,33	21,61	71,84	25,33	85,44	49,46
74	69,5	24,81	67,91	29,32	83,68	53,21
75	74,46	23,72	62,17	30,67	86,04	63,56
76	70,2	20,53	67,48	22,21	77,41	59,91
77	68,79	25,77	54,55	29,56	86,22	56,58
78	59,21	19,52	69,47	19,28	75,36	60,73
79	70	19,55	59,06	29,32	72,06	61,38
80	70,65	15,27	69,77	25,71	86,92	49,1
81	66,43	19,88	61,19	31,63	79,26	50,53
82	69,12	28,71	48,62	38,44	74,14	65,46
85	76,91	28	70,99	31,76	85,95	53,98
86	74,77	27,36	51,76	33,93	43,06	56,15
87	63,4	22,01	64,49	32,68	72,16	60,6
89	49,13	31,01	61,08	31,16	74,98	47,01
90	52,37	34,4	50,16	36,05	72,95	55,36
92	63,33	39,5	40,43	20,76	55,93	60,61
94	65,02	31,28	63,84	33,70	77,98	61,73
95	72	28,85	77,08	33,79	88,88	61,84
98	54,38	27,28	59,3	29,53	83,09	60,16
104	59,86	31,42	77,29	33,99	90,84	61,08
106	64,8	29,24	71,82	32,40	87,62	62,74
107	61,73	34,4	68,14	39,36	87,69	62,05
108	63,4	35,09	57,06	22,52	75,09	51,75
110	65,05	27,81	41,32	34,75	61,3	66,7
111	56,34	38,2	63,43	38,80	84,7	73,52
112	49,35	37,86	83,41	28,41	103,41	45,37
113	62,98	30,94	59,18	36,91	73,88	60,8

114	49,41	36,48	66,43	40,98	83,67	75,11
115	46,6	30,94	62,12	29,88	81,65	60,46
116	42,16	30,04	63,43	30,83	82,46	57,05
118	61,18	25,99	52,84	35,48	72,48	66,52
119	68,24	18,75	60,16	31,29	76,4	69,4
120	65,44	26,89	69,43	41,29	83,93	70,91
121	55,22	23,22	65,88	37,57	92,98	61,64
122	76,37	25,47	70,75	32,77	84,75	62,21
123	76,48	21,28	63,06	33,43	86,88	64,62
124	67,53	22,78	68,84	32,03	89,13	61,49
129	79,02	18,08	52,19	32,78	79,96	55,12
130	75,04	25,66	61,41	32,57	92,1	62,02
133	65,01	20,54	51	35,23	94,12	61,18
134	67,18	20,86	53,02	32,33	75,81	67,45
135	78,1	17,14	38,77	32,80	104,63	72,04
136	65,13	24,22	66,58	34,11	87,62	70,49
139	86,33	30,86	69,17	48,85	99,42	61,2
140	77,44	22,02	75,43	35,45	83,18	55,75
141	74,86	20,3	85,99	33,83	114,35	60,98
142	71,01	22,45	58,49	33,86	97,15	73,12
143	77,13	14,16	65,07	26,81	87,53	73,57
144	68,56	21,52	75,76	31,67	87	67,96
146	62,04	22,62	69,33	32,85	76,01	56,54
150	76,3	20,45	63,64	29,54	69,51	52,83
151	63,82	17,99	57,12	23,12	74,58	55,56
154	71,35	17,78	80,64	24,89	124,12	60,82
155	70,22	17,11	64,24	8,48	67,31	63,28
156	67,95	18,87	60,76	20,93	84,54	37,98
157	59,91	17,77	58,48	20,40	85,49	43,68
158	72,39	18,63	80,4	28,28	86,7	52,72
159	66,51	21,48	59,01	14,67	82,73	53,54
160	64,85	17,36	65,51	20,93	87,25	38,37
161	65,81	22,68	65,75	26,71	65,18	55,28
162	81,22	21,87	62,91	17,07	85,67	77
164	78,81	24,52	57,58	28,55	86,68	51,22
165	71,54	19,2	54,51	24,02	84,88	57,35
166	75,95	19,83	60,09	27,08	89,99	52,89
167	68,74	25,85	74,19	27,84	84,73	52,8
168	72,75	17,66	68,81	21,76	83,04	53,57
169	54,77	22,21	69,32	18,33	83,96	58,2
170	66,96	24,15	67,92	27,29	84,42	68,63
171	72,02	19,69	55,85	27,42	83,6	67,31
172	77,8	17,4	60,12	27,62	82,85	52,6
C1	58,16	28,29	61,84	32,92	88,88	65,16
C2	58,63	28,79	65,14	34,05	85,3	62,87
C3	59,53	31,66	66,13	33,21	85,71	62,98
C4	60,6	30,77	64,95	34,36	83,44	59,87

C5	55,18	29,44	59,64	31,18	82,62	65,59
C6	57,9	27,9	61,24	30,97	86,16	65,51
Ort	59,64	25,65	64,02	30,29	83,91	60,33
Min	25,13	14,16	38,77	8,48	43,06	37,98
Mak	86,33	39,50	85,99	48,85	124,12	77,00
Std Sapma	13,86	5,45	8,83	6,17	10,55	7,82
Std Hata	1,24	0,49	0,79	0,55	0,95	0,70
VK (%)	23,24	21,25	13,80	20,37	12,57	12,97

Tane demir miktarı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerine göre su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek demir miktarı 86,33 (ppm) ile 139 numaralı genotipte, en düşük demir miktarı ise 25,13 (ppm) ile 9 numaralı genotipinde bulunmuştur. Ortalama tane demir miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 59,64 (ppm) olarak saptanmıştır. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 85,99 (ppm) ile 141 numaralı genotipte, en düşük değer 38,77 (ppm) ile 135 numaralı genotipe ait bulunurken ortalama tane demir miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 64,02 (ppm) olarak kaydedilmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede ise en yüksek demir miktarı 124,12 (ppm) ile 154 numaralı genotipte, en düşük demir miktarı 43,06 (ppm) ile 86 numaralı genotipi olurken ortalama tane demir miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 83,91 (ppm) olarak hesaplanmıştır.

Tane çinko miktarı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerine göre su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek değer 39,50 (ppm) ile 92 numaralı genotip, en düşük değer 1,92 (ppm) ile 143 numaralı genotip olurken ortalama tane çinko miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 24,43 (ppm) olarak belirlenmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 48,85 (ppm) ile 139 numaralı genotip, en düşük değer 8,48 (ppm) ile 155 numaralı genotip olurken ortalama tane çinko miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 27,35 (ppm) olarak kaydedilmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek değer 77,00 (ppm) ile 162 numaralı genotip, en düşük değer 0,92 (ppm) ile 156 numaralı genotip olurken ortalama tane çinko miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 56,62 (ppm) olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin tane bakır (Cu) miktarı ve tane mangan (Mn) miktarı özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Sorgum genotiplerinde belirlenen tane bakır (Cu) miktarı ve tane mangan (Mn) miktarı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)		D2 (+H ₂ O-N)		D3 (+H ₂ O+N)	
	Cu	Mn	Cu	Mn	Cu	Mn
1	3,97	8,42	4,72	9,55	7,62	13,04
2	4,36	9,06	5,06	8,51	8,74	11,78
3	4,01	7,05	5,04	8,28	10,19	11,3
4	5,4	7,8	4,81	7,82	8,42	10,54
6	4,28	8,21	4,86	8,91	7,92	13,38
7	5,16	8,27	4,27	8,5	8,16	12,1
8	5,62	9,36	5,38	9,46	9,1	13,44
9	4,58	8,33	4,3	5,77	9,75	9,3
10	4,52	7,53	5,51	5,75	11,46	9,05
11	5,03	10,16	4,81	10,52	8,45	14,39
13	4,71	9,41	5,24	8,06	6,19	11,34
14	5,28	9,44	3,73	5,79	5,67	9,73
16	4,08	9,36	4,18	6,41	10,4	10,14
18	4,52	9,45	4,08	5,91	8,09	9,25
20	4,29	7,63	4,32	7,8	7,14	10,5
22	5,31	10,07	5,29	10,22	9,45	14,51
23	6,15	9,59	4,13	9,65	9,78	13,16
25	4,85	10,2	4,61	10,31	9,39	14,65
26	4,65	10,35	5,46	11	8,29	14,38
28	4,38	9,17	4,75	9,76	5,98	12,85
30	4,35	12,57	4,03	14,11	9,71	15,13
32	3,17	12,75	4,39	16,47	10,4	18,31
33	5,46	12,49	4,3	15,82	11,82	18,68
36	5,37	14,49	4,51	18	9,27	19,1
38	5,76	12,92	4,29	16,14	8,23	18,68
40	7,02	12,21	5,17	16,2	12,26	15,54
43	4,83	11,59	4,54	14,1	8,65	11,92
45	4,64	12,63	4,59	15,94	8,91	15,6
46	5,35	11,11	4,86	14,68	9,82	14,88
47	5,92	12,92	5,6	14,24	10,95	14,85
48	5,37	13,1	4,09	14,51	11,03	18,47
49	4,36	11,87	5,36	15,82	7,78	16,88
50	5,05	13,69	4,18	15,12	8,5	18,4
51	4,88	14,2	4,72	15,38	8,28	18,38
55	4,32	16,07	4,05	16,16	10	16,81
56	5,96	15,99	5,51	18,25	9,82	18,66
57	4,91	12,22	5,84	16,82	7,97	19,49

59	5,72	13,38	5,04	12,4	7,11	19,09
60	5,52	10,94	5,66	16,31	6,32	22,41
61	4,09	11,69	4,86	12,96	5,67	18,31
62	5,25	11,05	5,5	13,3	7,29	19,31
63	5,15	9,85	4,49	12,88	10,54	18,38
64	4,6	8,12	5,23	11,9	10,24	17,42
65	4,42	10,2	4,6	10,63	6,27	15,84
67	4,46	8,82	5,56	10,83	4,99	17,45
69	5,63	9,96	5,67	11,83	9,07	18,11
70	5,41	10,6	4,63	3,78	8,93	9,75
72	5,43	9,59	5,1	10,32	7,54	15,9
73	4,2	10,02	5,39	10,72	7,86	15,93
74	5,1	10,94	5,73	18,27	6,18	24,04
75	5,5	9,98	4,63	13,71	8,42	20,43
76	4,68	10,79	5,48	17,46	9,18	23,57
77	5,19	12,95	5,33	11,7	10,57	18,81
78	5,3	10,44	4,29	14,87	10,39	20,35
79	5,18	10,38	5,59	12,55	7,88	18,06
80	5,66	10,23	5,62	13,57	8,48	19,17
81	5,05	12,8	4,3	12,31	7	17,56
82	4,22	10,93	5	15,74	8,04	21,92
85	3,56	7,43	4,49	9,32	10,4	23,73
86	4,84	11,3	4,24	10,68	8,92	23,5
87	5,08	10,46	4,7	12,99	8,09	18,3
89	5,14	9,79	4,8	16,89	5,78	14,41
90	5,26	10,35	4,66	13,3	7,63	19,41
92	4,72	9,02	4,31	10,8	8,82	16,16
94	4,02	9,76	4,87	10,47	8,08	15,02
95	4,94	9,75	5,27	6,76	6,63	13,68
98	5,04	10,44	5,2	13,28	8,6	12,42
104	4,68	9,47	4,7	12,03	6,12	15,25
106	3,92	9,08	4,2	11,22	5,83	15,29
107	3,96	5,61	5,05	11,15	6,35	14,28
108	5,49	8,4	4,7	9,08	7,8	14,93
110	7,4	7,67	5,08	9,14	12,13	9,83
111	7,57	10,07	5,97	10,21	8,79	13,05
112	5,69	8,09	5,8	11,05	9,76	13,55
113	5,19	10,73	4,09	14	5,81	14,56
114	5,54	12,23	5,05	13,43	6,72	17,28
115	4,98	10,19	5,11	13,43	8,75	16,36
116	4,37	10,38	4,34	6,68	10,36	16,4
118	4,72	9,1	5,37	12,45	11,25	17,02
119	5,36	11,3	5,06	10,95	8,66	15,68
120	5,22	12,84	5,2	13,45	9	14,22
121	6,67	10,05	5,54	13,74	7,24	16,2
122	4,9	11,87	4,92	10,84	7,52	16,7
123	4,42	11,84	5,23	9,81	9,22	13,46

124	5,15	12,45	4,65	15,9	11,19	12,21
129	5,09	10,28	5,08	11,34	6,76	17,57
130	7,08	9,91	4,4	14,98	9,6	14,07
133	6,7	11,71	5,82	10,95	10,74	12,53
134	5,36	13,65	4,35	17,66	7,96	13,09
135	5,14	10,99	5,83	13,54	7,74	19,52
136	4,61	11,93	4,54	17,68	6,87	15,99
139	4,03	14,17	4,4	13,11	8,79	15,5
140	4,26	14,33	4,63	13,47	9,95	15,76
141	5,04	15,41	5,78	15,19	10,64	15,7
142	5,47	11,61	5,04	14,85	7,61	14,13
143	5,39	9,16	5,89	17	8,37	17,43
144	4	9,33	5,89	12,58	6,13	16,78
146	4,4	11,99	4,41	11,07	8,17	15,64
150	4,64	12,33	4,81	14,09	10,69	15,38
151	4,61	11,51	4,63	12,78	7,77	16,52
154	6,02	11,68	5,81	14,03	8,72	18,05
155	6,85	10,23	5,96	12,92	6,61	17,27
156	5,02	11,67	4,77	11,34	7,52	17,39
157	5,17	13,06	4,87	13,24	8,09	17,49
158	5,29	11,58	4,89	16,12	9,68	17,21
159	4,61	15,75	6,05	13,17	10,13	15,09
160	5,74	12,29	5,8	17,41	7,5	16,67
161	4,84	11,48	4,77	14,18	7,91	19,82
162	4,71	12,78	4,72	13,6	6,2	26,51
164	6,08	14,73	6,06	14,47	9,35	17,08
165	5,15	11,68	5,09	15,28	8,79	17,02
166	6,28	19,29	5,26	14	10,14	19,68
167	6,67	14,18	5,65	20,39	8,84	18,29
168	5,42	11,67	5,45	16,34	7,73	19,29
169	5,42	14,85	5,96	15,1	6,65	16,68
170	4,66	16,52	6,11	16,16	7,42	23,81
171	4,58	13,11	6,07	17,73	8,46	19,59
172	5,13	18,09	5,9	14,67	9,52	17,14
C1	5,36	11,92	5,04	14,09	8,25	16,95
C2	4,5	11,5	4,86	13,53	7,7	19,26
C3	5,3	11,66	5,41	13	8,05	17,44
C4	5,39	13,22	4,86	13,75	7,62	16,82
C5	4,77	12,29	4,69	13,16	7,83	17,09
C6	4,68	10,75	5,12	14,69	7,46	16,71
Ort	5,07	11,20	5,00	12,74	8,48	16,27
Min	3,17	5,61	3,73	3,78	4,99	9,05
Mak	7,57	19,29	6,11	20,39	12,26	26,51
Std Sapma	0,76	2,27	0,57	3,19	1,54	3,33
Std Hata	0,07	0,20	0,05	0,29	0,14	0,30
VK (%)	14,94	20,26	11,39	25,02	18,22	20,50

Tane bakır miktarı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerleri arasında su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek bakır değeri 7,57 (ppm) ile 111 numaralı genotipte, en düşük bakır değeri ise 3,17 (ppm) ile 32 numaralı genotipte saptanmıştır. Ortalama tane bakır miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 5,07 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek değer 6,11 (ppm) ile 170 numaralı genotip, en düşük değer 3,73 (ppm) ile 14 numaralı genotip olurken ortalama tane bakır miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 5,00 (ppm) olarak saptanmıştır. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek bakır içeriği değeri 12,26 (ppm) ile 40 numaralı genotip, en düşük bakır içeriği değeri 4,99 (ppm) ile 67 numaralı genotip olurken ortalama tane bakır miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 8,48 (ppm) olarak hesaplanmıştır.

Tane manganez miktarı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek tane manganez değeri 19,29 (ppm) ile 166 numaralı genotip olurken en düşük tane manganez değeri 5,61 (ppm) ile 107 numaralı genotip olarak saptanmıştır. Ortalama tane manganez miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 11,20 (ppm) olarak rapor edilmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek tane manganez değeri 20,39 (ppm) ile 167 numaralı genotip, en düşük tane manganez değeri 3,78 (ppm) ile 70 numaralı genotip olurken ortalama tane manganez miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 12,74 (ppm) olarak belirlenmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek tane manganez değeri 26,51 (ppm) ile 162 numaralı genotip, en düşük tane manganez değeri 9,05 (ppm) ile 10 numaralı genotipi olurken ortalama tane manganez miktarı genel düzeltilmiş ortalama değeri 16,27 (ppm) olarak kaydedilmiştir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen sorgum genotiplerinin yaprak azot oranı, tane azot oranı ve protein oranı özelliklerine ait genel düzeltilmiş ortalama değerler Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Sorgum genotiplerinde belirlenen yaprak azot oranı, tane azot oranı ve protein oranı özelliklerinin genel düzeltilmiş ortalama değerleri

Genotip No	D1 (-H ₂ O-N)			D2 (+H ₂ O-N)			D3 (+H ₂ O+N)		
	YAO	TAO	PO	YAO	TAO	PO	YAO	TAO	PO
1	1,48	2,64	14,95	2,87	2,38	13,47	3,38	2,39	13,56
2	1,86	3,03	17,16	2,43	2,28	12,93	3,37	2,32	13,17
3	2,06	2,75	15,6	2,58	2,26	12,82	3,45	2,91	16,48
4	1,94	2,41	13,64	2,48	2,05	11,6	3,33	2,4	13,62
6	1,79	2,87	16,25	2,79	3,21	18,2	4,1	3,05	17,28
7	2,43	2,33	13,22	3,99	1,17	6,61	4,08	2,38	13,48
8	2,6	2,02	11,46	3,11	1,84	10,41	4,07	2,14	12,14
9	2,31	1,69	9,59	2,75	1,67	9,44	4,04	1,75	9,91
10	1,76	2,22	12,56	2,92	2,28	12,9	3,82	2,48	14,04
11	2,31	2,43	13,76	3,24	1,99	11,29	3,76	2,41	13,68
13	2	2,27	12,85	2,35	2,21	12,51	3,47	2,48	14,04
14	2,68	2,16	12,25	3,2	1,81	10,24	3,88	2,37	13,42
16	2,43	2,24	12,71	3,5	1,89	10,69	3,93	2,08	11,78
18	1,92	2,63	14,89	2,21	2,35	13,3	4,04	2,56	14,53
20	1,73	2,96	16,79	4,15	2,6	14,72	4,22	3,41	19,32
22	3,08	3,05	17,3	3,61	2,5	14,15	3,52	4,11	23,29
23	2,38	2,48	14,07	3,16	2,42	13,72	2,84	2,53	14,36
25	1,23	2,42	13,7	2,2	2,31	13,1	4,05	2,93	16,62
26	1,29	2,53	14,32	2,11	2,45	13,89	2,86	2,77	15,72
28	2,37	2,49	14,1	2,79	2,44	13,81	4,78	2,47	13,99
30	2,09	2,01	11,4	3,26	2,03	11,52	3,92	2,09	11,82
32	1,54	2,38	13,47	2,82	2,4	13,62	4,72	2,66	15,06
33	2,09	1,95	11,03	2,52	2,23	12,62	4,92	2,36	13,38
36	1,98	2,15	12,16	3,2	2,03	11,52	3,97	2,42	13,72
38	1,38	1,33	7,51	2,97	1,49	8,43	3,67	1,92	10,89
40	1,94	1,72	9,72	2,66	1,9	10,78	4	1,98	11,23
43	2,56	1,67	9,44	3,23	2,06	11,69	5,26	2,03	11,51
45	2,21	1,8	10,18	2,91	1,98	11,21	3,5	2	11,34
46	2,94	2,35	13,3	3,15	2,57	14,58	3,79	2,85	16,13
47	1,67	1,2	6,8	3,03	1,33	7,55	3,59	1,97	11,14
48	2,5	1,73	9,78	2,15	1,94	11,01	3,51	2,25	12,73
49	2,2	2,59	14,69	2,86	2,59	14,69	4,17	2,62	14,83
50	2,08	1,99	11,26	3,3	2,13	12,08	3,45	2,38	13,5
51	2,83	1,6	9,04	3,4	1,73	9,79	3,34	1,99	11,26
55	2,51	1,85	10,46	3,09	2,09	11,83	4,07	2,22	12,59
56	1,87	2,4	13,61	3,22	2,31	13,08	3,94	2,27	12,87
57	2,46	1,38	7,83	2,56	1,77	10,02	3,48	1,69	9,58
59	2,36	2,09	11,87	2,34	1,87	10,59	3,77	2,45	13,86
60	2,8	2,27	12,86	1,89	0,98	5,57	3,45	2,62	14,83
61	2,4	1,96	11,1	2,31	2,01	11,41	3,55	2,4	13,58
62	2,52	2,1	11,9	1,93	1,66	9,43	3,41	2,33	13,18
63	2,27	2,44	13,83	2,05	2,38	13,48	2,91	2,76	15,62
64	2,6	2,39	13,57	2,56	2,3	13,03	4,13	2,72	15,4

65	2,22	2,35	13,32	2,13	2,22	12,58	3,36	2,29	12,96
67	2,03	2,41	13,68	1,74	2,31	13,09	2,41	2,08	11,77
69	2,6	2,34	13,29	2,21	2,04	11,56	3,33	3,13	17,75
70	2,28	2,96	16,77	2,25	2,17	12,29	2,51	3,27	18,54
72	2,37	2,41	13,68	1,53	2,33	13,2	3,34	2,58	14,63
73	1,53	1,48	8,38	2,26	1,5	8,49	3,5	2,2	12,45
74	2,2	2,02	11,47	1,64	0,97	5,49	3,13	2,49	14,12
75	1,53	1,27	7,19	2,43	0,74	4,21	3,9	1,7	9,64
76	1,23	2,89	16,38	0,64	1,53	8,69	3,48	2,23	12,65
77	1,31	2,32	13,15	2,51	2,08	11,81	4,17	2,37	13,41
78	2,86	2,43	13,77	2,28	1,85	10,48	3,29	2,15	12,16
79	2,98	2,25	12,75	2,26	1,85	10,48	3,49	2,47	13,98
80	1,46	2,26	12,81	2,4	2,07	11,75	3,62	2,26	12,79
81	2,6	2,01	11,39	2,23	1,83	10,39	3,38	2,35	13,3
82	1,12	2	11,36	2,01	1,81	10,28	3,05	2,29	12,96
85	2,43	2,02	11,47	2,08	2,01	11,41	3,24	2,37	13,44
86	2,34	3,24	18,36	2,03	2,69	15,27	3,5	2,98	16,9
87	2,57	2,45	13,91	2,18	2,28	12,94	3,57	2,85	16,16
89	2,34	2,83	16,03	2,58	2,22	12,59	3,31	2,36	13,39
90	2,49	2,42	13,7	2,49	2,74	15,53	3,41	2,47	14,02
92	2,75	3	16,99	2,19	2,91	16,53	2,92	2,89	16,4
94	2,03	3,01	17,05	2,04	2,65	15,02	3,73	3,08	17,45
95	1,59	1,97	11,18	2,18	1,63	9,24	3,29	2,03	11,49
98	1,97	2,31	13,11	2,47	2,01	11,42	2,77	2,57	14,58
104	1,78	2,19	12,43	3,43	1,87	10,63	3,32	2,16	12,23
106	1,67	2,53	14,36	2,02	2,2	12,47	4,94	2,47	14,02
107	2,3	2,45	13,9	2,18	2,41	13,66	4,36	2,94	16,65
108	1,67	2,93	16,62	3,17	2,44	13,86	2,75	2,08	11,78
110	2,76	2,02	11,44	2,63	1,91	10,86	3,4	2,44	13,82
111	2,54	2,09	11,83	2,81	2,21	12,56	3,37	2,62	14,84
112	1,52	2,48	14,07	2,5	2,14	12,16	3,55	2,34	13,28
113	3,05	2,62	14,84	2,08	2,89	16,38	4,17	2,58	14,61
114	2,04	2,9	16,45	2,91	2,4	13,63	3,83	3,44	19,52
115	2,55	2,05	11,61	2,58	2,13	12,1	4,56	2,03	11,52
116	1,73	2,74	15,55	2,57	1,52	8,62	3,31	2,59	14,67
118	2,3	3,02	17,1	2	2,49	14,13	4,06	2,34	13,26
119	1,72	2,81	15,91	2,42	2,28	12,91	3,49	2,55	14,46
120	2,62	2,5	14,15	2,84	2,1	11,89	3,61	2,94	16,7
121	2	1,94	10,98	2,7	1,52	8,63	3,17	2,17	12,3
122	1,53	2,67	15,12	3,33	2,12	12,03	3,45	2,3	13,04
123	2,61	2,42	13,7	2,07	1,92	10,87	2,89	2,2	12,5
124	2,02	2,93	16,59	2,83	2,51	14,22	2,26	2,78	15,79
129	2,56	2,58	14,61	2,6	2,09	11,83	4,8	2,89	16,41
130	2,05	2,24	12,71	2,32	1,72	9,74	3,35	2,44	13,86
133	1,8	1,8	10,21	1,68	2,17	12,32	3,58	2,42	13,75
134	1,4	2,67	15,12	2,34	2,06	11,69	3,05	2,59	14,71
135	1,73	2,42	13,7	2,38	2,2	12,46	3,96	2,38	13,49

136	2,54	2,75	15,6	2,26	2,25	12,77	3,11	2,42	13,72
139	1,72	2,53	14,35	2,16	2,05	11,64	3,1	2,72	15,45
140	2,62	2,34	13,24	2,29	2,19	12,4	3,67	2,3	13,07
141	2,89	1,5	8,48	2,37	1,8	10,22	3,75	1,74	9,89
142	1,53	2,64	14,95	0,83	2,69	15,24	3,42	2,78	15,79
143	2,61	2,23	12,62	2,52	2,58	14,61	3,75	2,97	16,87
144	2,02	2,1	11,88	2,11	1,9	10,76	3,29	2,41	13,66
146	2,01	2,76	15,63	3,02	1,85	10,47	3,23	2,35	13,32
150	2,07	2,4	13,59	2,5	2,53	14,33	3,16	3,99	22,63
151	1,53	3,03	17,17	2,25	4,18	23,72	4,18	3,53	19,99
154	2,37	2,32	13,14	2,04	2,2	12,46	3,26	2,76	15,63
155	0,67	3,02	17,14	2,21	2,67	15,16	4,19	3,84	21,75
156	1,61	2,69	15,27	2,43	1,81	10,25	3,23	2,83	16,02
157	2,26	2,88	16,34	2,37	2,37	13,46	3,75	2,88	16,31
158	2,04	3,34	18,92	2,64	1,86	10,56	3,75	2,76	15,66
159	2,57	2,89	16,37	2,38	2,48	14,05	3,57	2,93	16,62
160	3,12	2,56	14,5	2,74	2,5	14,16	2,48	2,7	15,32
161	2,51	2,42	13,71	3,31	1,81	10,25	2,46	3,11	17,64
162	1,7	2,91	16,51	3,06	2,75	15,61	2,21	2,82	16
164	2,69	3,31	18,78	2,53	2,63	14,93	2,48	3	16,99
165	1,94	2,19	12,43	2,49	2,15	12,21	3,22	2,81	15,91
166	2,4	2,62	14,87	2,04	2,49	14,11	2,33	2,98	16,9
167	1,71	2,52	14,28	3,23	2,37	13,43	3,43	2,82	15,97
168	2,19	2,53	14,36	1,85	2,67	15,13	3,7	2,83	16,05
169	1,93	2,94	16,68	2,12	2,22	12,58	2,32	2,87	16,28
170	1,01	2,59	14,7	1,94	1,94	11,02	3,75	2,78	15,74
171	1,58	2,71	15,38	3,06	1,6	9,06	2,34	2,55	14,44
172	2,2	3,31	18,75	1,11	2,29	13	3,33	2,73	15,46
C1	2,35	1,99	11,31	2,99	1,7	9,62	3,66	2,4	13,6
C2	2,18	1,97	11,17	2,72	1,87	10,63	3,51	2,3	13,01
C3	2,21	2,04	11,57	2,96	1,79	10,15	3,23	2,49	14,12
C4	2,26	2,05	11,63	3,25	1,88	10,67	3,5	2,21	12,55
C5	2,18	1,99	11,26	2,71	1,94	10,98	3,7	2,51	14,26
C6	2,33	1,61	9,15	2,68	1,49	8,42	3,65	2,11	11,96
Ort	2,13	2,37	13,45	2,53	2,12	12,03	3,53	2,54	14,41
Min	0,67	1,20	6,80	0,64	0,74	4,21	2,21	1,69	9,58
Mak	3,12	3,34	18,92	4,15	4,18	23,72	5,26	4,11	23,29
Std Sapma	0,48	0,45	2,56	0,55	0,44	2,51	0,57	0,42	2,41
Std Hata	0,04	0,04	0,23	0,05	0,04	0,23	0,05	0,04	0,22
VK (%)	22,49	18,99	19,01	21,86	20,85	20,86	16,08	16,70	16,71

Yaprak azot oranı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek değer 3,12 (%) ile 160

numaralı genotipte gözlenirken en düşük değer 0,67 (%) ile 155 numaralı genotipte tespit edilmiştir. Ortalama yaprak azot oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 2,13 (%) olarak belirlenmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek yaprak azot oranı değeri 4,15 (%) ile 20 numaralı genotipte, en düşük yaprak azot oranı değeri 0,64 (%) ile 76 numaralı genotipte bulunurken ortalama yaprak azot oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 2,53 (%) olarak kaydedilmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek değer 5,26 (%) ile 43 numaralı genotip, en düşük değer 2,21 (%) ile 162 numaralı genotip olurken ortalama yaprak azot oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 3,53 (%) olarak kaydedilmiştir.

Tane azot oranı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek tane azot oranı 3,34 (%) ile 158 numaralı genotipte gözlemlenirken en düşük tane azot oranı 1,20 (%) ile 155 numaralı genotipten elde edilmiştir. Ortalama tane azot oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 2,37 (%) olarak belirlenmiştir. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek tane azot oranı 4,18 (%) ile 151 numaralı genotip, en düşük tane azot oranı 0,74 (%) ile 75 numaralı genotip olurken ortalama tane azot oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 2,12 (%) olduğu bildirilmiştir. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede ise en yüksek tane azot oranı 4,11 (%) ile 22 numaralı genotip, en düşük tane azot oranı 1,69 (%) ile 57 numaralı genotip olurken ortalama tane azot oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 2,54 (%) olduğu bildirilmiştir.

Protein oranı özelliğine ilişkin genel düzeltilmiş ortalama değerlerinde su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede en yüksek protein oranı 18,92 (%) ile 158 numaralı genotip, en düşük protein oranı 6,80 (%) ile 47 numaralı genotip olurken ortalama protein oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 13,45 (%) olduğu saptanmıştır. Azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede en yüksek protein oranı 23,72 (%) ile 151 numaralı genotip, en düşük protein oranı 4,21 (%) ile 75 numaralı genotip olurken ortalama protein oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 12,03 (%) olarak hesaplanmıştır. Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede en yüksek protein oranı 23,29 (%) ile 22 numaralı genotip, en düşük protein oranı 9,58 (%) ile 57 numaralı genotip olurken ortalama protein oranı genel düzeltilmiş ortalama değeri 14,41 (%) olduğu belirlenmiştir.

4.2. İncelenen Özelliklerin Varyans Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında incelenen kül oranı, nem oranı, protein oranı, antioksidan içeriği ve toplam fenolik içerik özellikleri bakımından varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede olduğu gibi stres koşulları altındaki denemelerde de kül oranı bakımından istatistiksel olarak anlamlı genotipik etkiler gözlemlenmiştir. Tane protein oranına ilişkin varyans analizi sonuçları ise tüm denemeler bakımından önemli olmayan genotipik etkiler ortaya koymuştur. Değerlendirilen genotiplerin toplam fenolik içerikleri bakımından her üç deneme koşulunda anlamlı düzeyde genotipik etkilerin mevcut olduğunu göstermiştir. Sarshad ve diğerleri (2021) kuraklık stresinin morfo-fizyolojik özelliklerin miktarı ve kalitesi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada ham protein, ham kül, NDF ve fenolik içerikler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bildirmişlerdir. Buna karşın, prolin, toplam nişasta, suda çözünür karbonhidrat, ham yağ, ADF, ham lif ve kuru madde gibi diğer biyokimyasal özelliklerde anlamlı bir farklılık saptamamışlardır. Benzer şekilde, Kazemi ve diğerlerinin (2022) yapmış oldukları çalışmada hem kuraklık stresinin hem de gübrelemenin tane verimini, P, Ca, protein, yağ ve tanen içeriğini önemli ölçüde ($p \leq 0.05$) etkilediğini bildirmişlerdir. Tane nem oranına ilişkin azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemelerde önemli genotipik etkiler gözlenirken, su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede önemli olmayan genotipik etkiler gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.8. Stres ve kontrol koşullarında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı kalite özelliklerine ilişkin varyans analizi

Deneme 1 (-N-H ₂ O)						
Kaynak	SD	Kareler Ortalaması				
		KO	NO	PO	TFİ	
Blok	5	3.18**	3.12*	22.13**	349.36**	
Muamele	163	1.26**	0.5ns	15.80**	62.54**	
Muamele: Kontrol	5	0.14ns	0.33ns	5.19**	79.3**	
Muamele: Test ve Test vs. Kontrol	158	1.29**	0.51ns	16.11**	62.01**	
Hata	25	0.15	0.86	1.02	2.63	
Deneme (-N+H ₂ O)						
Kaynak	SD	Kareler Ortalaması				
		KO	NO	PO	AI	TFİ
Blok	5	9.72**	3.98**	23.48**	555.76**	1484.69**
Muamele	162	0.69**	0.35**	16.61**	106.15*	164.18**
Muamele: Kontrol	5	0.09ns	0.11ns	5.31**	164.86*	424.75**
Muamele: Test ve Test vs. Kontrol	157	0.71**	0.35**	16.94 ns	104.28*	155.88**
Hata	25	0.1	0.05	2.31	48.45	23.18
Deneme 3 (+N+H ₂ O)						
Kaynak	SD	Kareler Ortalaması				
		KO	NO	PO	AI	TFİ
Blok	5	4.18**	2.94**	36.35**	282.77**	217.92**
Muamele	161	0.37**	0.5**	18.19**	83.07**	114.69**
Muamele: Kontrol	5	0.05	0.14**	4.92**	108.96**	108.95**
Muamele: Test ve Test vs. Kontrol	156	0.38**	0.51**	18.59**	82.24**	114.87**
Hata	25	0.04	0.03	0.95	2.87	2.27

^{ns} P > 0.05; * P ≤ 0.05; ** P ≤ 0.01; KO: Kül oranı; NO: Nem oranı; PO: Protein oranı; AI: Antioksidan içeriği; TFİ: Toplam fenolik içerik.

Çalışma kapsamında incelenen tane fosfor (P) oranı, tane potasyum (K) oranı, tane kalsiyum (Ca) oranı, tane magnezyum (Mg) oranı, tane demir (Fe) miktarı, tane çinko (Zn) miktarı,

tane bakır (Cu) miktarı, tane manganez (Mn) miktarı, yaprak azot oranı ve tane azot oranı özellikleri bakımından varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Gerçekleştirilen varyans analizi, incelenen çeşitli mineral içerikler bakımından istatistiksel olarak anlamlı genotipik etkilerin varlığını ortaya koymuştur (Çizelge 4.8). Tane fosfor (P) oranı bakımından incelendiğinde her iki stres koşulunda (su ve azot stresinin birlikte uygulandığı Deneme 1 ve azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı Deneme 2) anlamlı genotipik etkiler göstermiştir. Buna karşılık herhangi bir stresin uygulanmadığı Deneme 3’te genotipik etkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Tane potasyum (K) oranı bakımından genotipik etkiler Deneme 2’de (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) önemli bulunmuş; Deneme 1 (su ve azot stresinin birlikte uygulandığı) ve Deneme 3’te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tane kalsiyum (Ca) oranı bakımından genotipik etkiler Deneme 2 (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) ve Deneme 3’te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) önemli bulunurken su ve azot stresinin birlikte uygulandığı Deneme 1’de bu etkiler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tane demir (Fe) miktarı bakımından genotipik etkiler Deneme 1 (su ve azot stresinin birlikte uygulandığı) ve Deneme 3’te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) anlamlı düzeyde belirlenmiş olup Deneme 2’de (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Tane bakır (Cu) miktarı bakımından Deneme 1’deki (su ve azot stresinin birlikte uygulandığı) genotipik etkiler oldukça belirgin iken diğer iki denemede (Deneme 2 ve Deneme 3) ise önemsiz olduğu saptanmıştır. Tane manganez (Mn) miktarı bakımından her üç denemede de önemli olmayan genotipik etkiler ortaya konulmuştur. Yaprak azot oranı ile ilgili olarak su ve azot stresinin birlikte uygulandığı Deneme 1’de anlamlı genotipik etkiler gözlenmiş; Deneme 2 (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) ve Deneme 3’te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) bu etkiler anlamlı bulunmamıştır. Tane azot oranına ilişkin tüm denemelerde de önemli olmayan genotipik etkiler ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.9. Stres ve kontrol koşullarında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı mineral element özelliklerine ilişkin varyans analizi

Deneme 1 (-N-H₂O)											
Kaynak	SD	Kareler Ortalaması									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	YAO	TAO
Blok	5	0ns	0.1*	0.05ns	0.02ns	1785.51**	186.85**	1.5*	38.34**	0.61**	0.69**
Muamele	165	0.01**	0.05ns	0.03ns	0.02ns	116.36*	30.79ns	1.4**	5.38ns	0.28**	0.49**
Muamele: Kontrol	5	0.01ns	0.06ns	0.01ns	0ns	35.18ns	40.47ns	2.48**	6.56ns	0.02ns	0.16**
Muamele: Test ve Test vs. Kontrol	160	0.01**	0.05ns	0.03ns	0.02ns	118.9*	30.49ns	1.37**	5.35ns	0.29**	0.50**
Hata	25	0	0.03	0.03	0.03	61.73	32.84	0.56	5.04	0.12	0.03
Deneme 2 (-N+H₂O)											
Kaynak	SD	Kareler Ortalaması									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	YAO	TAO
Blok	5	0.01ns	0.35**	1.18**	0.06ns	353.06**	157.93**	2.19**	57.02**	0.39ns	0.73**
Muamele	164	0.01**	0.08*	0.04**	0.02ns	100.19ns	37.23ns	0.5*	9.2ns	0.3ns	0.52**
Muamele: Kontrol	5	0.01ns	0.18**	0.01*	0.01ns	72.73ns	22.6ns	0.17ns	2.49ns	0.3ns	0.17**
Muamele: Test ve Test vs. Kontrol	159	0.01**	0.08*	0.04**	0.02ns	101.06ns	37.7ns	0.51*	9.41ns	0.3ns	0.53**
Hata	25	0.01	0.04	0	0.04	65.56	31.33	0.24	9.32	0.18	0.07
Deneme 3 (+N+H₂O)											
Kaynak	SD	Kareler Ortalaması									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	YAO	TAO
Blok	5	0.01ns	0.23**	2.94**	0.04ns	392.37**	322.46*	3.62ns	40.47**	1.77**	1.13**
Muamele	161	0.02ns	0.05ns	0.06**	0.02ns	129.26**	65.96ns	2.38ns	10.59ns	0.33ns	0.57**
Muamele: Kontrol	5	0.01ns	0.06ns	0.02**	0.01ns	71.24ns	42.59ns	0.6ns	6.65ns	0.18ns	0.15**
Muamele: Test ve Test vs. Kontrol	156	0.02ns	0.05ns	0.06**	0.02ns	131.12**	66.71ns	2.44ns	10.72ns	0.34ns	0.58**
Hata	25	0.01	0.03	0	0.02	46.26	89.94	2.28	7.69	0.24	0.03

ns P > 0.05; * P ≤ 0.05; ** P ≤ 0.01, P: Fosfor %, K: Potasyum %, Ca: Calsiyum %, Mg: Magnezyum %, Fe: Demir ppm, Zn: Çinko ppm, Cu: Bakır ppm, Mn: Mangan ppm, YAO: Yaprak azot oranı, TAO: Tane azot oranı.

Paiva ve diğerleri (2017) yapmış oldukları bir çalışmada kuraklık stresinin sorgum mineral içeriğine etkisini araştırmış ve mineral içerik bakımından genotipler arasında anlamlı farklılıklar (p<0.05) olduğunu tespit etmişlerdir. Literatürde, tane mineral içeriklerinin genotip, çevre koşulları ve genotip x çevre interaksyonundan önemli derecede etkilendiği yaygın bir şekilde kabul görmektedir (Hussain vd., 2010; Ng'uni vd., 2011; Ray vd., 2008; Zhang vd., 2010). Bu çerçevede, stres koşullarına maruz kalan bitkiler, genotipik düzeydeki

hassasiyetine bağı olarak morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde çeşitli mekanizmalar geliştirebilirler. Bu durum dikkate alındığında su ve azot stresinin birlikte uygulandığı Deneme 1’de tane fosfor (P) oranı, tane demir (Fe) miktarı, tane bakır (Cu) miktarı, yaprak azot oranı ve tane azot oranı bakımından anlamlı genotipik etkiler gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı Deneme 2’de tane potasyum (K) oranı, tane kalsiyum (Ca) oranı ve tane bakır (Cu) miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı genotipik farklılıklar ortaya konulmuştur.

4.3. Stresli ve kontrollü koşullar altında değerlendirilen sorgum genotiplerinde bazı kalite özelliklerine ilişkin varyasyon incelemesi

Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği, toplam fenolik içerik, kül oranı, nem oranı ve protein oranı özelliklerinin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

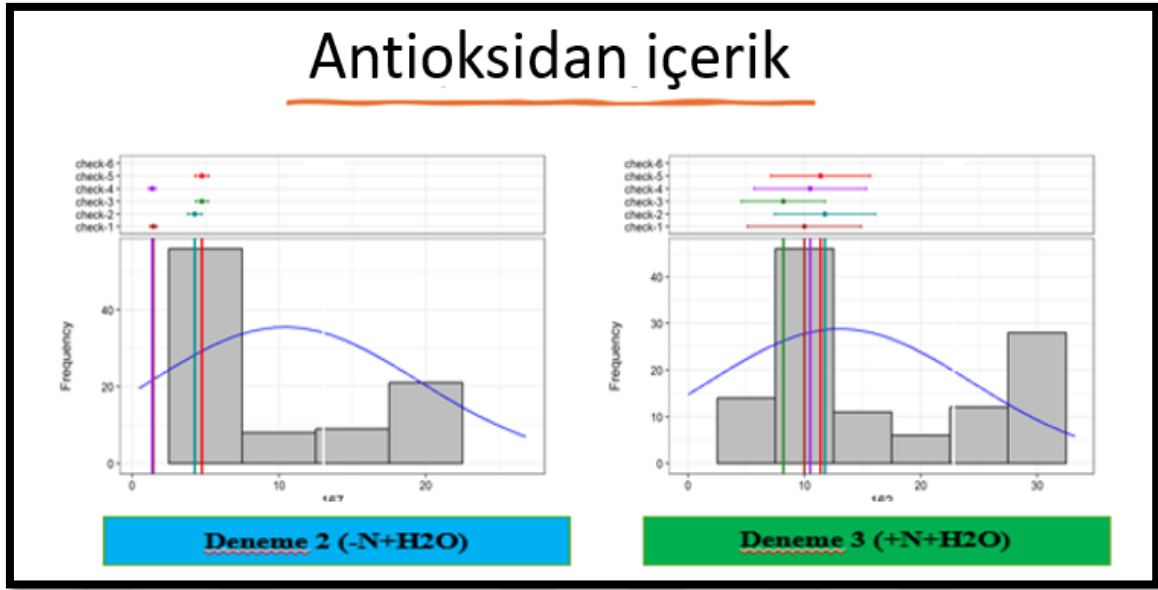
Çizelge 4.10. Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği, toplam fenolik içerik, kül oranı, nem oranı ve protein oranı özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Deneme 1 (-N-H ₂ O)							
Özellik	Ort.	SH	StS	Min	Max	GAKD	GAKDK
Aİ	11,84	0,95	10,57	0,34	27,71	96,38	Yüksek
TFİ	11,27	0,44	4,87	2,65	23,43	96,38	Yüksek
KO	1,90	0,09	0,95	0,70	4,55	85,40	Yüksek
NO	9,09	0,05	0,53	7,60	10,52	-	-
PO	13,45	0,23	2,56	6,80	18,92	93,83	Yüksek
Deneme 2 (-N+H ₂ O)							
Özellik	Ort.	SH	StS	Min	Max	GAKD	GAKDK
Aİ	14,33	0,79	8,79	0,44	33,16	56,59	Orta
TFİ	13,77	0,73	8,09	1,79	43,13	88,25	Yüksek
KO	1,61	0,06	0,69	0,28	3,51	89,93	Yüksek
NO	9,72	0,11	1,27	5,12	12,88	89,42	Yüksek
PO	12,03	0,23	2,51	4,21	23,72	86,92	Yüksek
Deneme 3 (+N+H ₂ O)							
Özellik	Ort.	SH	StS	Min	Max	GAKD	GAKDK
Aİ	11,24	0,58	6,47	1,16	26,57	96,66	Yüksek
TFİ	12,26	0,60	6,68	3,76	41,62	97,82	Yüksek

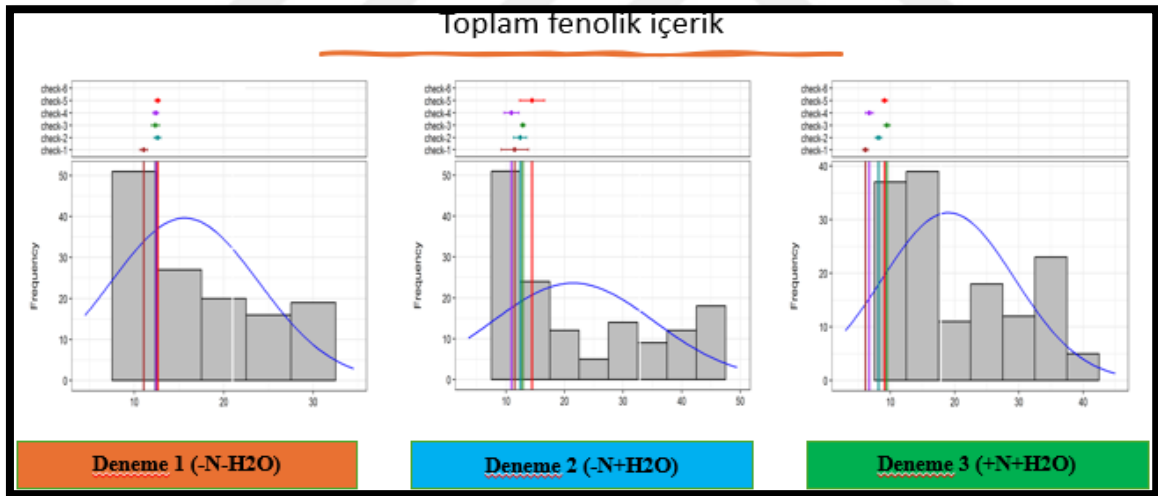
KO	1,80	0,06	0,63	0,53	4,26	91,50	Yüksek
NO	9,21	0,04	0,49	7,89	10,90	94,02	Yüksek
PO	14,41	0,22	2,41	9,58	23,29	95,19	Yüksek

KO: Kül oranı; NO: Nem oranı; PO: Protein oranı; TFI: Fenolik içerikOrt.: Ortalama; SH: Standart hata; StS: Standart sapma; Min: Minimum; Max: Maksimum; GAKD: Geniş anlamda kalıtım derecesi; GAKDK: Geniş anlamda kalıtım derecesi kategorisi.

Antioksidan içeriği özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,34 – 27,71 (µmol TE/g), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,44 – 33,16 (µmol TE/g) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 1,16 – 26,57 (µmol TE/g) arasında değişim göstermiştir. Ortalama antioksidan içerikleri ise 11,84 (Deneme 1), 14,33 (Deneme 2) ve 11,24 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.10). Tane antioksidan içeriğine ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir. Toplam fenolik içerik özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 2,65 – 23,43 (TPC (mg/g)), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 1,79 – 43,13 (TPC (mg/g)) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 3,76 – 41,62 (TPC (mg/g)) arasında değerlere sahip olunmuştur. Ortalama toplam fenolik içerik ise 11,27 (Deneme 1), 13,77 (Deneme 2) ve 12,26 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Toplam fenolik içerik bakımından her üç denemede de yüksek oranda kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10). Toplam fenolik bileşik içeriğine ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir.



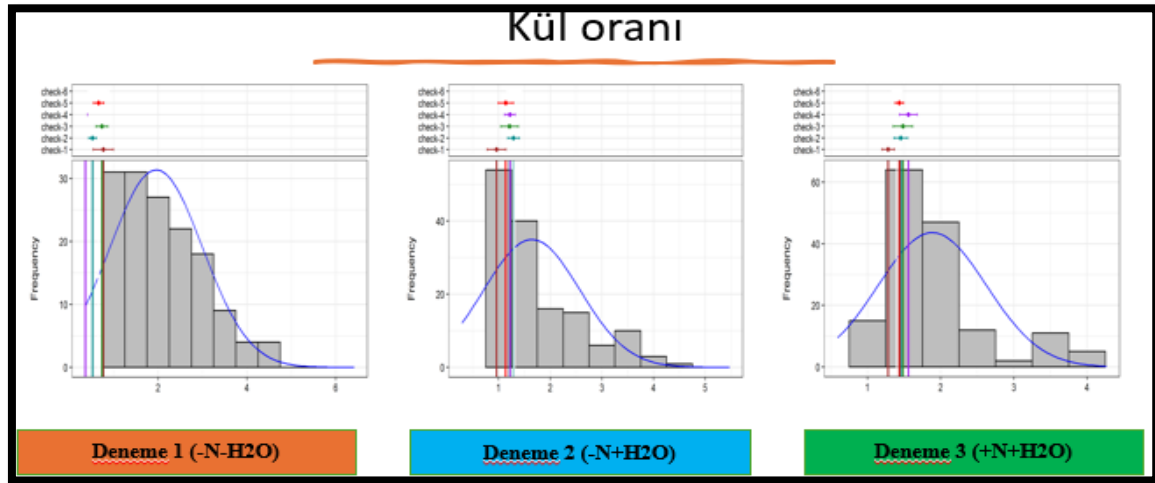
Şekil 4.1. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği frekans dağılımı



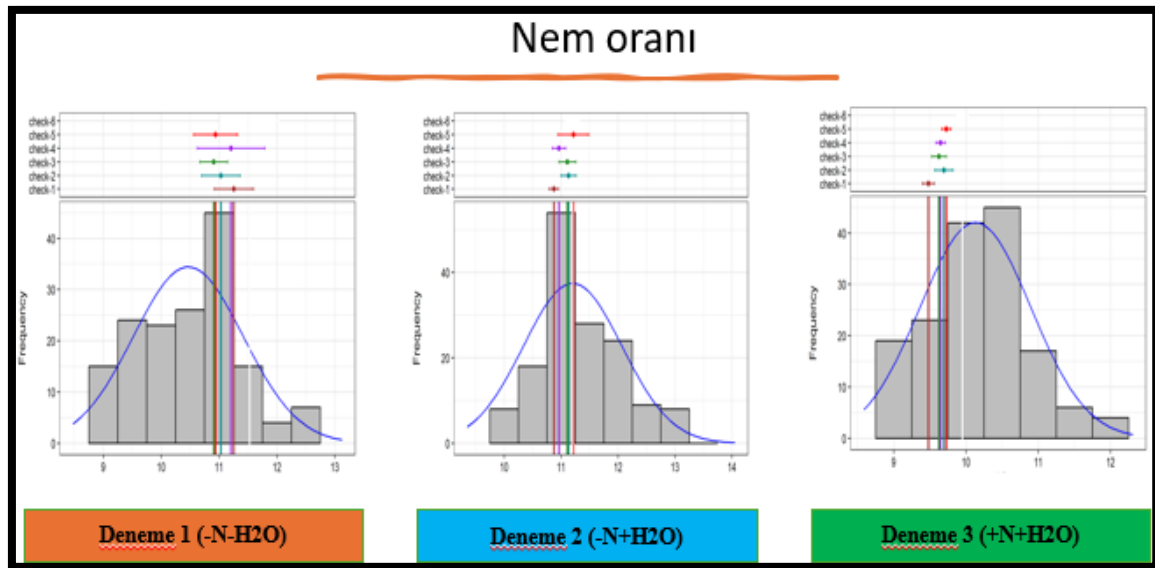
Şekil 4.2. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin toplam fenolik içeriği frekans dağılımı

Ortalama kül oranı değerleri (%) 1,90 (Deneme 1), 1,61 (Deneme 2) ve 1,80 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Kül oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,70 – 4,55 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,28 – 3,51 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 0,53 – 4,2 (%) arasında değişim göstermiştir. Kül oranı

bakımından her üç denemede de yüksek oranda kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10). Tane kül oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir. Ortalama nem oranı değerleri (%) 9,09 (Deneme 1), 9,72 (Deneme 2) ve 9,21 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Nem oranı değerleri bakımından Deneme 2 ve Deneme 3'te yüksek kalıtım derecesi göstermiştir. Tane nem oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.

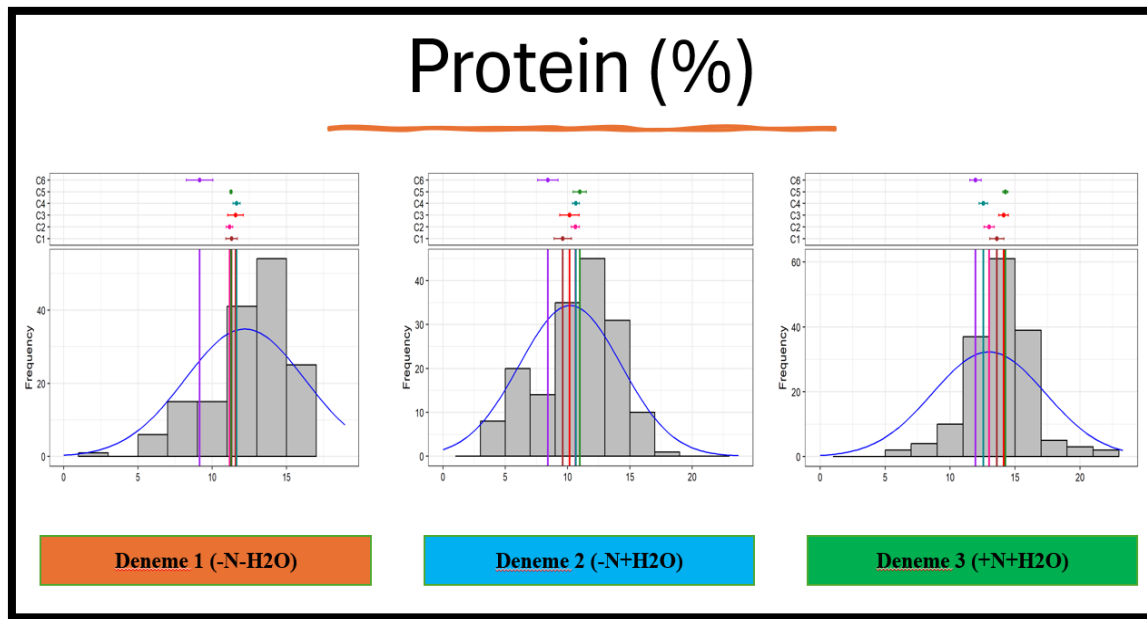


Şekil 4.3. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin kül oranı frekans dağılımı



Şekil 4.4. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin nem oranı frekans dağılımı

Protein oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 6,8 – 18,92 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 4,21 – 23,72 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 9,58 – 23,29 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama protein oranı değerleri ise (%) 13,45 (Deneme 1), 12,03 (Deneme 2) ve 14,41 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Protein oranı bakımından her üç denemede de yüksek oranda kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10). Tane protein oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir. Elde edilen bulgulardan yola çıkarak tane protein oranı stresli koşullardan önemli ölçüde etkilendiği anlaşılmaktadır. Ngara ve diğerleri (2021), kuraklık stresinin azot alımı ve kullanımının olumsuz etkilenmesi nedeniyle sorgum tanesi protein oranında azalma meydana geldiğini vurgulamıştır. Li ve diğerleri (2020), kurak koşullarda besin kalitesini belirleyen depo protein yapılarında önemli değişiklikler gözlemlemişlerdir. Önceki çalışmalarda artan N oranının sorgumun büyüme, gelişme ve verimini arttırdığı gözlemlenmiştir (Almodares vd., 2009; Almodares vd., 2008). Bu bulgular, stres koşullarına kıyasla kontrol koşullarında daha yüksek protein oranı saptadığımız bulgularımız ile uyumludur. Önceki çalışmalar düşük azot mevcudiyetinin hücre boyutunu, hacmini ve protein oranını düşürdüğü ve kloroplast sayısını ve boyutunu azalttığı bildirilmiştir (Nátr, 1992).



Şekil 4.5. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin protein oranı frekans dağılımı

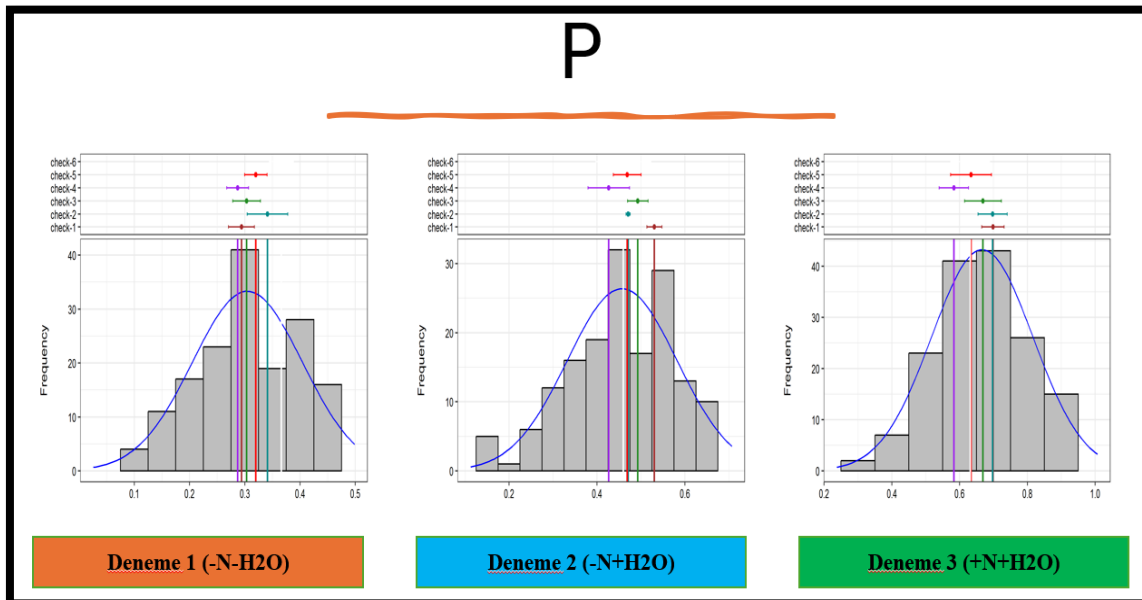
Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı mineral element özelliklerinin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin bazı mineral element özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Deneme 1 (-N-H₂O)							
Özellik	Ort.	SH	StS	Min	Max	GAKD	GAKDK
P	0,31	0,01	0,06	0,13	0,44	59,08	Orta
K	1,05	0,02	0,18	0,59	1,50	43,82	Orta
Ca	0,90	0,01	0,01	0,54	1,27	2,73	Düşük
Mg	0,96	0,01	0,12	0,67	1,34	-	-
Fe	59,64	1,24	13,86	25,13	86,33	59,49	Orta
Zn	25,65	0,49	5,45	14,16	39,50	-	-
Cu	5,07	0,07	0,76	3,17	7,57	58,45	Orta
Mn	11,20	0,20	2,27	5,61	19,29	16,62	Düşük
YAO	2,13	0,04	0,48	0,67	3,12	61,13	Yüksek
TAO	2,37	0,04	0,45	1,20	3,34	93,83	Yüksek
Deneme 2 (-N+H₂O)							
Özellik	Ort.	SH	StS	Min	Max	GAKD	GAKDK
P	0,45	0,01	0,09	0,19	0,61	57,82	Orta
K	0,96	0,03	0,33	0,16	1,96	42,44	Orta
Ca	0,91	0,02	0,24	0,36	1,64	94,32	Yüksek
Mg	0,98	0,01	0,11	0,64	1,27	-	-
Fe	64,02	0,79	8,83	38,77	85,99	38,12	Orta
Zn	30,29	0,55	6,17	8,48	48,85	18,40	Düşük
Cu	5,00	0,05	0,57	3,73	6,11	52,06	Orta
Mn	12,74	0,29	3,19	3,78	20,39	7,20	Düşük
YAO	2,53	0,05	0,55	0,64	4,15	31,53	Orta
TAO	2,12	0,04	0,44	0,74	4,18	86,92	Yüksek
Deneme 3 (+N+H₂O)							
Özellik	Ort.	SH	StS	Min	Max	GAKD	GAKDK
P	0,67	0,01	0,11	0,32	0,93	30,58	Orta
K	1,50	0,02	0,20	0,74	1,98	37,56	Orta
Ca	1,28	0,03	0,33	0,79	2,17	97,95	Yüksek
Mg	1,81	0,01	0,12	1,50	2,05	-	-
Fe	83,91	0,95	10,55	43,06	124,12	67,55	Yüksek
Zn	60,33	0,70	7,82	37,98	77,00	-	-
Cu	8,48	0,14	1,54	4,99	12,26	6,75	Düşük
Mn	16,27	0,30	3,33	9,05	26,51	28,97	Düşük
YAO	3,53	0,05	0,57	2,21	5,26	39,50	Orta
TAO	2,54	0,04	0,42	1,69	4,11	95,19	Yüksek

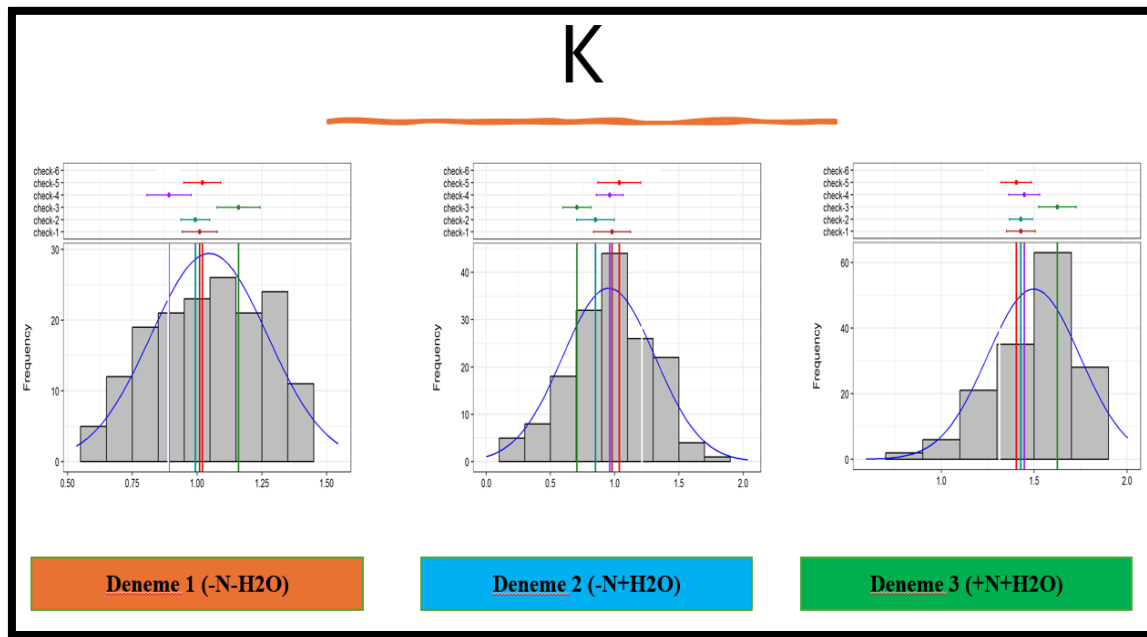
P: Fosfor %, K: Potasyum %, Ca: Calsiyum %, Mg: Magnezyum %, Fe: Demir ppm, Zn: Çinko ppm, Cu: Bakır ppm, Mn: Mangan ppm, YAO: Yaprak azot oranı, TAO: Tane azot oranı, Ort.: Ortalama; SH: Standart hata; StS: Standart sapma; Min: Minimum; Max: Maksimum; GAKD: Geniş anlamda kalıtım derecesi; GAKDK: Geniş anlamda kalıtım derecesi kategorisi.

Değerlendirilen genotiplerde tane fosfor (P) oranı bakımından iyi bir varyasyon aralığı gözlenmiştir (Çizelge 4.11). Tane fosfor (P) oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,13 – 0,44 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,19 – 0,61 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 0,32 – 0,93 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane fosfor (P) oranı değerleri ise (%) 0,31 (Deneme 1), 0,45 (Deneme 2) ve 0,67 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane fosfor (K) oranı bakımından her üç denemede de orta derecede kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.11). Ghanbari ve diğerleri (2013) kuraklık stresinin gelişmekte olan tohumlarda mineral birikiminde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgu, stres koşullarında yürütülen denemelerde ortalama tane fosfor (P) oranının kontrol denemesine (Deneme 3) kıyasla daha düşük bulunması, sonuçlarımız ile örtüşmektedir. Benzer şekilde Impa ve diğerleri (2019) kuraklık stresi altında yetiştirilen sorgum genotiplerinde tane mineral içeriklerinin azaldığını raporlamışlardır. Kaufman ve diğerleri (2013) tarafından yürütülen ve azotun tane mineral kompozisyonu üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, azot uygulamasının fosfor ve kükürt içerikleri üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu saptamışlardır. Tane fosfor (P) oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.6’da verilmiştir.



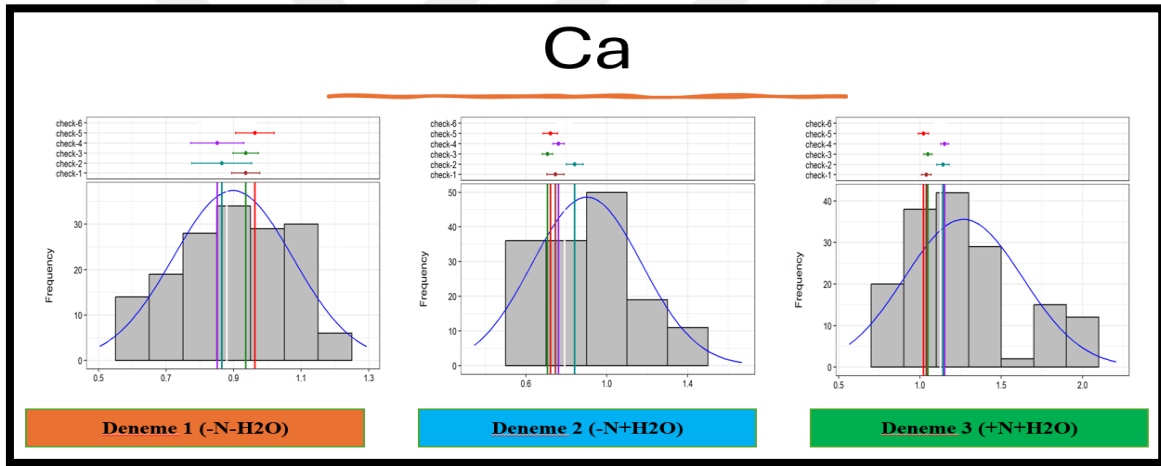
Şekil 4.6. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane fosfor (P) oranı frekans dağılımı

Tane potasyum (K) oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,59 – 1,50 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,16 – 1,96 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N/+H₂O) denemede 0,74 – 1,98 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane potasyum (K) oranı değerleri ise (%) 1,05 (Deneme 1), 0,96 (Deneme 2) ve 1,50 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane potasyum (K) oranı bakımından her üç denemede de orta derecede kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.11). Asgharipour ve Heidari'ye (2011) göre, artan kuraklık şiddetiyle sorgum bitkilerinde potasyum (K) ve sodyum (Na) içeriklerinin kontrollü koşullara kıyasla azaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular çalışmamızda saptadığımız stres uygulanan denemelerde (Deneme 2 ve Deneme 3) gözlemlenen azalma ile örtüşmektedir. Düşük potasyum (K) oranının ortaya çıkmasında birden fazla fizyolojik etmen neden olabilir. Kuraklık stresi, hücre turgorunu koruması ve stomal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan potasyum (K) alımını kısıtlarken azot eksikliği ise fotosentetik aktiviteyi azaltarak bitkilerin besin maddelerinin taşınımını olumsuz etkilemektedir. Bu streslerin kombinasyonu, tanelerde biriken potasyum (K) miktarında azalmaya ve dolayısıyla besin elementlerinin dengesiz dağılmasına neden olmaktadır. Tane potasyum (K) oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane potasyum (K) oranı frekans dağılımı

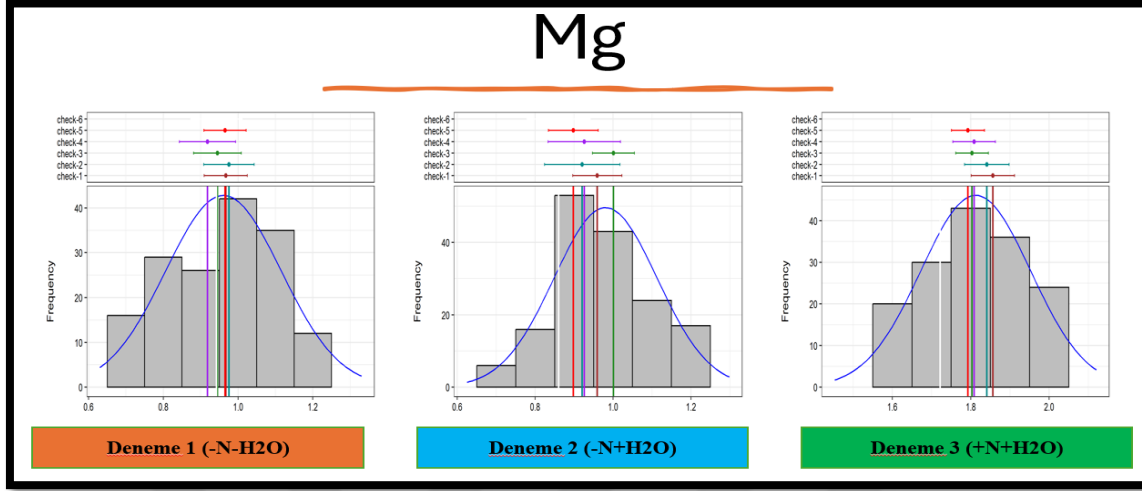
Tane kalsiyum (Ca) oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,54 – 1,27 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,36 – 1,64 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 0,79 – 2,17 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane kalsiyum (Ca) oranı değerleri ise (%) 0,90 (Deneme 1), 0,91 (Deneme 2) ve 1,28 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane kalsiyum (Ca) oranı bakımından Deneme 1’de (su ve azot stresinin birlikte uygulandığı) düşük kalıtım derecesi gösterirken Deneme 2 (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) ve Deneme 3’te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) yüksek kalıtım derecesi göstermektedir. Tane kalsiyum (Ca) oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane kalsiyum (C) oranı frekans dağılımı

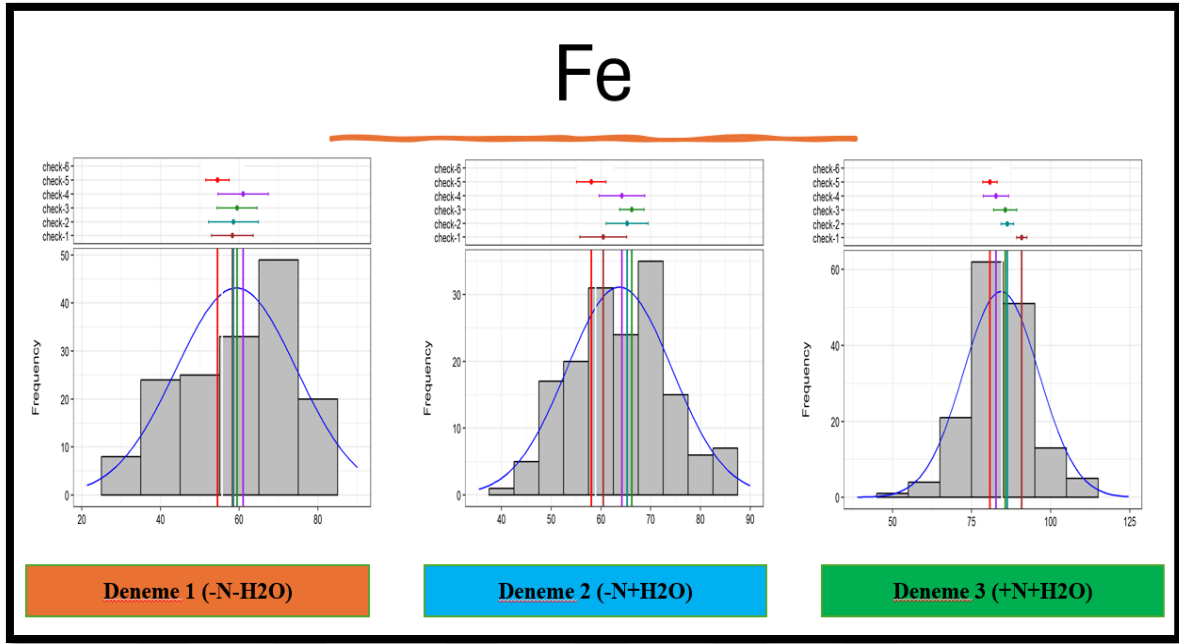
Tane magnezyum (Mg) oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,67 – 1,34 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,64 – 1,27 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 1,50 – 2,05 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane magnezyum (Mg) oranı değerleri ise (%) 0,96 (Deneme 1), 0,98 (Deneme 2) ve 1,81 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.11). Elde edilen bulgular ışığında tane magnezyum (Mg) oranının stresli koşullar altında azaldığı anlaşılmaktadır. Su ve azot stresleri, kök iyon taşınmasını bozarak ksilem üzerinde magnezyum mobilitesini kısıtlayarak

sorgum tanesinde magnezyum (Mg) birikimini kısıtlamaktadır. Tane magnezyum (Mg) oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.



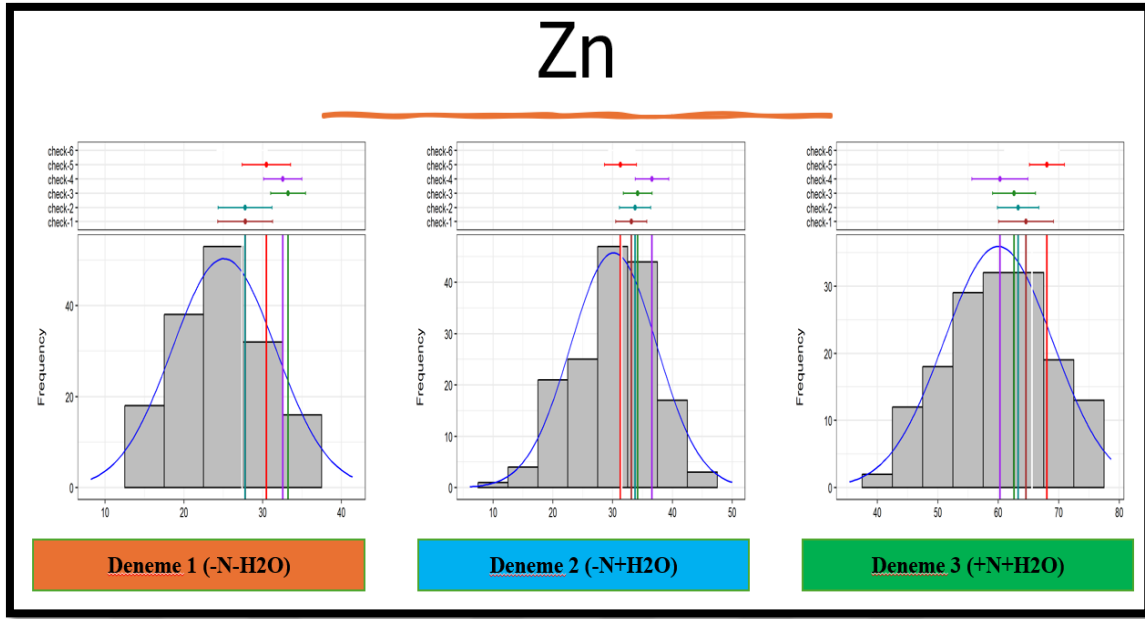
Şekil 4.9. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane magnezyum (Mg) oranı frekans dağılımı

Tane demir (Fe) miktarı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 25,13 – 86,33 (ppm), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 38,77 – 85,99 (ppm) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 43,06 – 124,12 (ppm) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane demir (Fe) miktarı değerleri ise (ppm) 59,64 (Deneme 1), 64,02 (Deneme 2) ve 83,91 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane demir (Fe) miktarı bakımından Deneme 1 (su ve azot stresinin birlikte uygulandığı) ve Deneme 2 (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) orta kalıtım derecesi gösterirken Deneme 3'te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) yüksek kalıtım derecesi göstermektedir (Çizelge 4.11). Elde edilen bulgular, stres koşullarının kontrol koşullarına kıyasla önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen ortalama demir (Fe) içerikleri, kuraklık stresi altında Ng'uni (2011) ve Paiva ve diğerleri (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmaların sonuçlarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Impa ve diğerleri (2019) tarafından yürütülen çalışmada kurak koşullar altında yetiştirilen sorgumda Zn, Fe, Mn ve Cu gibi besin elementlerinin tane düzeyinde birikiminin arttığı sonucuna varmışlardır. Araki ve diğerleri (2022) kurak koşullar altında sorgum genotiplerinin tane demir (Fe) içeriğinde artış olduğunu rapor etmişlerdir. Tane demir (Fe) miktarı ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.



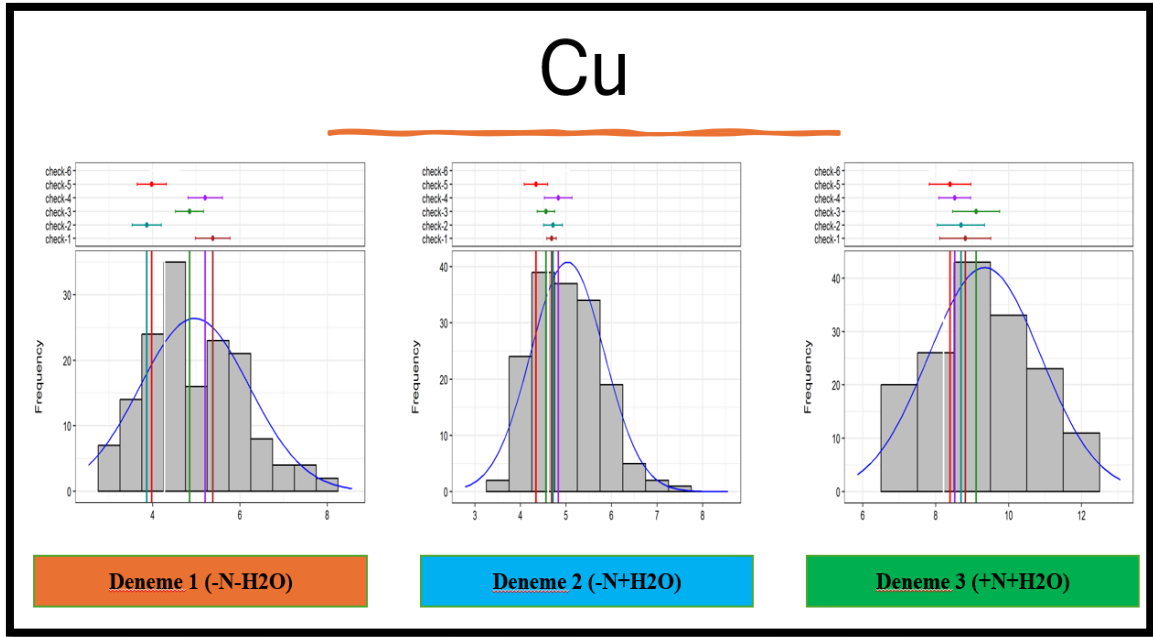
Şekil 4. 10. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane demir (Fe) miktarı frekans dağılımı

Tane çinko (Zn) miktarı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 14,16 – 39,50 (ppm), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 8,48 – 48,85 (ppm) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 37,98 – 77,00 (ppm) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane çinko (Zn) miktarı değerleri ise (ppm) 25,65 (Deneme 1), 30,29 (Deneme 2) ve 60,33 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.11). Sonuçlarımıza benzer şekilde Pavia ve diğerleri (2017), kurak koşullar altında yetiştirilen bitkilerin kontrol koşullarına göre daha düşük çinko (Zn) miktarına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca stres ve kontrol koşullarında tespit edilen tane demir (Fe) ve tane çinko (Zn) miktarları Pavia ve diğerlerinin (2016) çalışmasında bildirilen değerlerden çok daha yüksektir bulunmuştur. Tane çinko (Zn) miktarı ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.11’de verilmiştir.



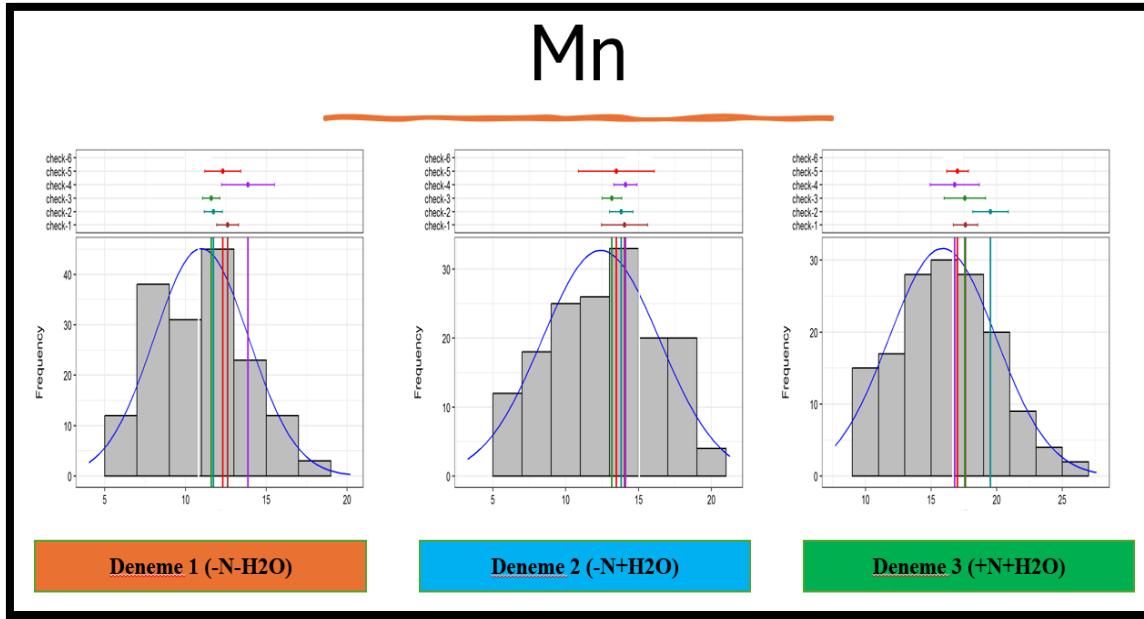
Şekil 4.11. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane bakır (Zn) miktarı frekans dağılımı

Tane bakır (Cu) miktarı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 3,17 – 7,57 (ppm), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 3,73 – 6,11 (ppm) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 4,99 – 12,26 (ppm) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane bakır (Cu) miktarı değerleri ise (ppm) 5,07 (Deneme 1), 5,00 (Deneme 2) ve 8,48 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane bakır (Cu) miktarı bakımından Deneme 1 ve Deneme 2’de orta kalıtsal özellik gözlemlenmesine karşılık Deneme 3’te düşük oranda kalıtsal özellik göstermiştir (Çizelge 4.11). Tane bakır (Cu) miktarı ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.12’de verilmiştir.



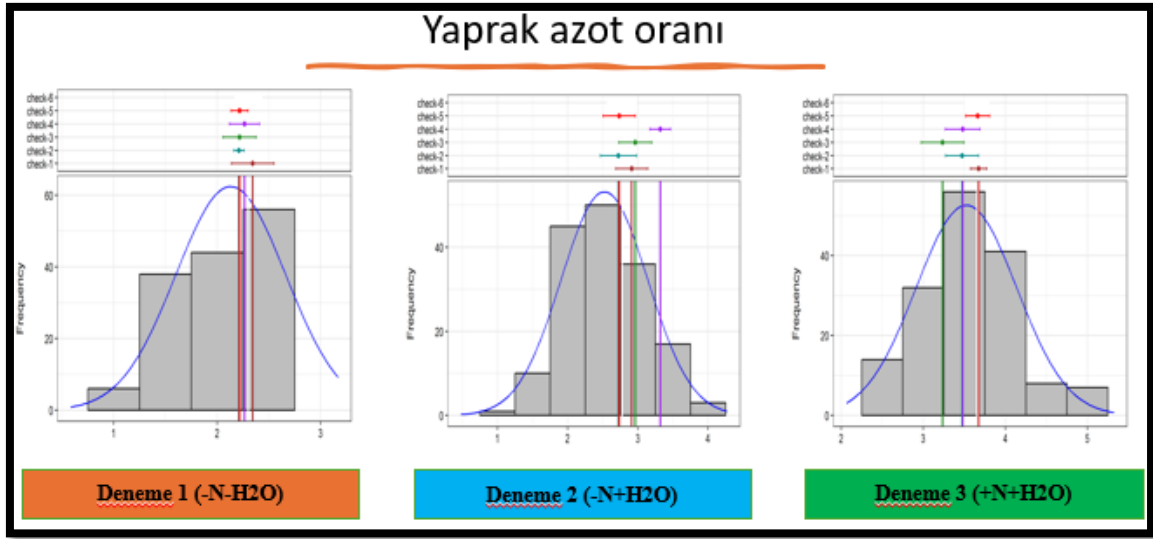
Şekil 4.12. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane bakır (Cu) miktarı frekans dağılımı

Tane mangan (Mn) miktarı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 5,61 – 19,29 (ppm), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 3,78 – 20,39 (ppm) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 9,05 – 26,51 (ppm) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane mangan (Mn) miktarı değerleri ise (ppm) 11,20 (Deneme 1), 12,74 (Deneme 2) ve 16,27 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane mangan (Mn) miktarı bakımından her üç denemede de düşük oranda kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.11). Tane mangan (Mn) miktarı ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.13'te verilmiştir.



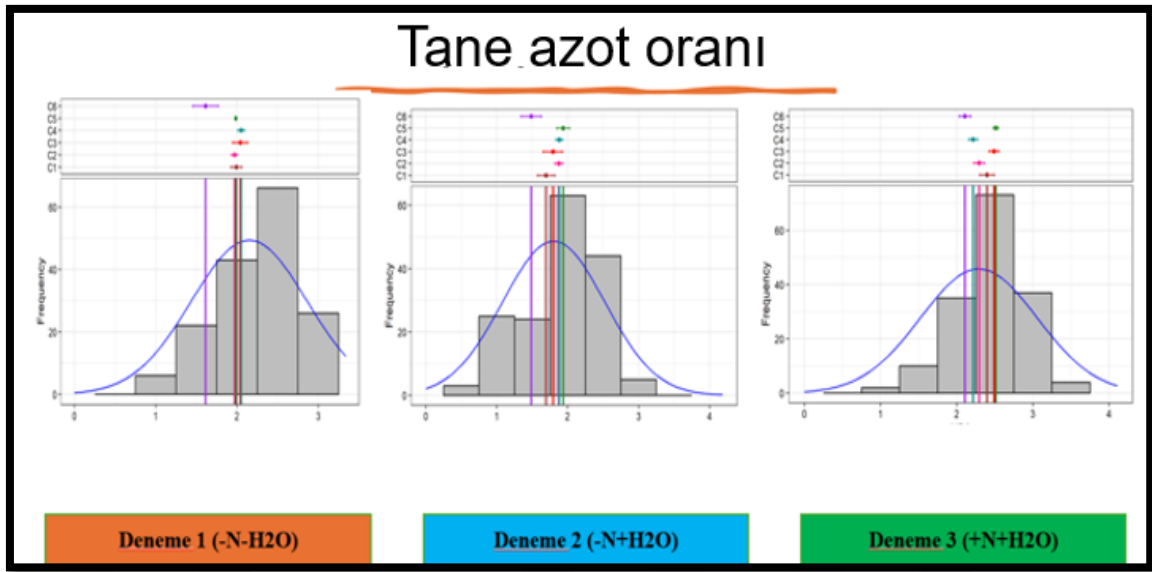
Şekil 4.13. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane mangan (Mn) miktarı frekans dağılımı

Yaprak azot oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 0,67 – 3,12 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,64 – 4,15 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 2,21 – 5,26 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama yaprak azot oranı değerleri ise (%) 2,13 (Deneme 1), 2,53 (Deneme 2) ve 3,53 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Yaprak azot oranı bakımından su ve azot stresinin birlikte uygulandığı Deneme 1’de yüksek oranda kalıtsal özellik gösterirken Deneme 2 (azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı) ve Deneme 3’te (herhangi bir stresin uygulanmadığı) orta düzeyde kalmıştır (Çizelge 4.11). Yaprak azot oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.14’te verilmiştir.



Şekil 4.14. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin yaprak azot oranı frekans dağılımı

Tane azot oranı özelliğine ilişkin su ve azot stresinin birlikte uygulandığı (-N/-H₂O) denemede 1,20 – 3,34 (%), azot stresinin uygulandığı ancak su stresinin uygulanmadığı (-N/+H₂O) denemede 0,74 – 4,18 (%) ve herhangi bir stresin uygulanmadığı (+N+H₂O) denemede 1,69 – 4,11 (%) arasında değişim göstermiştir. Ortalama tane azot oranı değerleri ise (%) 2,37 (Deneme 1), 2,12 (Deneme 2) ve 2,54 (Deneme 3) arasında değişim göstermiştir. Tane azot oranı bakımından her üç denemede de yüksek oranda kalıtsal özellik gözlemlenmiştir (Çizelge 4.11). Elde edilen bulgular ışığında tane azot (N) oranının kontrol denemesine kıyasla stresli koşullar altında azaldığı rahatlıkla gözlemlenmektedir. İmpa ve diğerleri (2019) kuraklık stresi altında elde edilen sorgum tane proteinlerinin sindirilebilirliğinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu durum, kuraklık stresine bir yanıt olarak artan nişasta seviyesi ile ilişkilendirilmiştir (Stagnari vd., 2016). Tane azot oranına ilişkin frekans dağılım grafiği Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Stres ve kontrol koşulları altında sorgum genotiplerinin tane azot oranı frekans dağılımı

4.4. Stresli ve kontrollü koşullar altında değerlendirilen sorgum genotiplerinde bazı kalite özelliklerine ilişkin

İncelenen diğer tüm özelliklere benzer şekilde, biyokimyasal özellikler için de en istikrarlı özellikleri belirlemek amacıyla bazı kalite özellikleri bakımından da stabilite analizi yapılmıştır (Çizelge 4.12). İncelenen özellikler için toplam 5 en stabil genotip seçilmiştir. Elde edilen genotipler arasında, BTP 28 (c) genotipi kontrollü koşullarda istikrarlı bulunmuş ve ayrıca sınırlı su ve N koşullarında da istikrarlı bulunmuştur. Benzer şekilde, SDSL 98014-1 kontrollü koşullar için stabil bir genotip olarak bulunmuş ve aynı zamanda sınırlı azot koşulları altında da istikrarlı bir genotip ile sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.12. Stresli ve kontrol koşulları altında yetiştirilen sorgum genotiplerinin antioksidan içeriği, toplam fenolik içerik, kül oranı, nem oranı ve protein oranı özellikleri bakımından stabilite analizi

Deneme 1 (-N-H ₂ O)						
Genotip Numara	Genotip	W _i ²	σ _i ²	s ² d _i	b _i	CV _i
G14	IS 10422	35.10	8.69	2.41	0.51	39.73429
G160	S1479>R78C	27.46	6.76	3.56	1.17	45.77688
G7	SDSL 98007	19.01	4.62	2.54	0.87	48.38896
G22	BTP 28 (c)	45.88	11.42	4.67	0.58	49.03710
G87	IESV 91111 DL_gruppo_uno	20.78	5.07	1.96	0.69	50.26750

Deneme 2 (-N+H ₂ O)						
Genotip Numara	Genotip	W_i^2	σ_i^2	s^2d_i	b_i	CVi
G113	IESV 92011 DL	57.66	14.25	2.36	0.51	43.60716
G115	SDSL 90162-3	50.03	12.32	2.71	0.58	44.48012
G89	SDSL 90162-10	47.80	11.76	2.94	0.60	50.16443
G116	ICSB 686	66.74	16.55	4.37	0.55	50.31249
G130	SDSL 98014-1	64.87	16.07	4.25	0.55	51.09329
Deneme 3 (+N+H ₂ O)						
Genotip Numara	Genotip	W_i^2	σ_i^2	s^2d_i	b_i	CVi
G22	BTP 28 (c)	15.67	3.75	0.67	0.75	54.47577
G63	KSV 12	15.12	3.61	1.87	1.10	57.89446
G47	IS 3517	104.59	26.23	14.57	0.88	58.21417
G76	ICSV-LM 88110	4.22	0.85	0.60	0.98	59.02516
G2	IS 3980	2.33	0.37	0.33	0.99	59.13399

CVi: varyasyon katsayısı, W_i^2 : Ekovalans stabilite indeksi, σ_i^2 : Stabilite varyansı, s^2d_i : Regresyondan sapma kareler ortalaması, b_i : Regresyon katsayısı.

Her üç denemede tane fosfor oranı, tane potasyum oranı, tane kalsiyum oranı, tane magnezyum oranı, tane demir miktarı, tane çinko miktarı, tane bakır miktarı, tane manganez miktarı, yaprak azot oranı ve tane azot oranı özellikleri belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen tüm ölçütler kullanarak, her bir denemeden en istikrarlı 5 genotip seçilmiştir (Çizelge 4.13). Genotiplerin birçoğu kontrol koşullarında olduğu gibi stres koşulları altında da iyi performansa sahip olmuştur. Bu nedenle, değerlendirilen genotip listesi iklim değişikliklerine dayanıklı sorgum çeşitlerinin geliştirilmesinde genetik kaynak olarak kullanılabilir niteliktedir.

DENEME 1 (-N-H ₂ O)						
Genotip Numara	Genotip	CVi	W_i^2	σ_i^2	s^2d_i	b_i
G48	Sever (Nord)	137.01	916.3	102.62	48.27	0.53390
G25	IS 8563	138.29	619.2	69.23	13.02	0.55466
G26	SDSL 96039	139.27	685.6	76.70	22.59	0.55490
G9	BTX 623	140.20	1023.2	114.64	31.52	0.45098
G49	IS 9121	141.81	412.5	46.01	11.57	0.64714
DENEME 2 (-N+H ₂ O)						
Genotip Numara	Genotip	CVi	W_i^2	σ_i^2	s^2d_i	b_i
G135	M36121	138.86	548.1	61.25	26.91	0.66156
G92	IS 4717	148.45	464.2	51.83	1.37	0.61948

G171	S1662-R33C	150.02	110.5	12.08	11.01	0.89665
G110	IS 205	150.18	497.3	55.55	36.11	0.72092
G165	S1814-1-R220B	151.81	127.8	14.03	6.75	0.83981
DENEME 3 (+N+H₂O)						
Genotip Numara	Genotip	CV_i	W_i²	σ_i²	s²d_i	b_i
G86	IS 958	136.81	1259.7	140.90	82.92	0.67227
G161	H6-143-4	148.01	292.9	32.23	25.59	0.86586
G92	IS 4717	150.19	550.7	61.21	49.36	0.81987
G150	IS 2118	150.61	135.7	14.56	4.81	0.87302
G78	IESV 92053 DL_gruppo_due	151.55	83.7	8.73	11.72	1.01640

CV_i: varyasyon katsayısı, W_i²: Ekovalans stabilite indeksi, σ_i²: Stabilite varyansı, s²d_i: Regresyondan sapma kareler ortalaması, b_i: Regresyon katsayısı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değışikliğı, tarımsal üretim için gün geçtikçe daha ciddi tehditler oluşturmaktadır. Kuraklığa toleransıya bilinmesine rağmen sorgum, iklim değışikliğı kaynaklı streslerden etkilenmektedir. Artan sıcaklıklar ve değışen yağış rejimleri, bitki büyüme dönemlerini kısaltmaktadır. Özellikle çiçeklenme ve tane dolum dönemlerinde meydana gelen bu stresler, sorgum bitkisinde veri ve kalite düşüşlerine yol açmaktadır. Diğer yandan tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan azotlu gübreler, güçlü bir sera gazı olan azot protoksit (N_2O) emisyonları aracılığıyla iklim değışikliğine neden olmaktadır. Azotlu gübreler N_2O salınımını tetikleyen toprak biyolojik aktivitelerini uyarak küresel ısınma potansiyelini arttırabilmektedir.

Bu çalışma, sorgum bitkisinin kuraklık ve azot stresi koşullarına karşı bazı kalite özelliklerinin potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarla denemeleri Adana ekolojik koşullarında 2022 ve 2023 üretim sezonunda iki yıl olacak şekilde yürütülmüştür. Çalışmada 118 yerel çeşit ve ıslah hatları ile 6 adet ticari çeşit materyal olarak kullanılmış ve Al, TFi, KO, NO, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, YAO, TAO ve PO kalite özellikleri karakterize edilmiştir. Elde edilen temel bulgular aşağıda listelenmiştir.

Antioksidan içerik bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 11,84 ($\mu\text{mol TE/g}$), 14,33 ($\mu\text{mol TE/g}$) ve 11,24 ($\mu\text{mol TE/g}$) olarak belirlenmiştir. En yüksek antioksidan içerik değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 143 (27,71 $\mu\text{mol TE/g}$), 133 (33,16 $\mu\text{mol TE/g}$) ve 8 (26,57 $\mu\text{mol TE/g}$) numaralı genotiplerinde elde edilmiştir. En düşük antioksidan içerik değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 75 (0,34 $\mu\text{mol TE/g}$), 51 ve 67 (0,44 $\mu\text{mol TE/g}$) ve 55 (1,16 $\mu\text{mol TE/g}$) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Toplam fenolik içerik bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 11,27 (mg/g), 13,77 (mg/g) ve 12,26 (mg/g) olarak belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik içerik değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 8 (23,43 mg/g), 156 (43,13 mg/g) ve 18 (41,62 mg/g) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük toplam

fenolik içerik değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 55 (2,65 mg/g), 26 (1,79 mg/g) ve 45 (3,76 mg/g), numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Kül oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 1,90 (%), 1,61 (%) ve 1,80 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek kül oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 169 (%4,55), 23 (%3,51) ve 170 (%4,26) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük kül oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 60 (%0,70), 82 (%0,28) ve 16 (%0,53) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Nem oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 9,09 (%), 9,72 (%), 9,21 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek nem oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 137 (%10,52), 20 (% 12,88) ve 63 (%10,90) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük nem oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 45 ve 72 (%7,60), 157 (%5,12) ve 159 (%7,89) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane fosfor oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 0,31 (%), 0,45 (%), 0,67 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane fosfor oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 18, 63 ve 123 (%0,44), 92 (%0,61) ve 89 ve 154 (%0,93) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane fosfor oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 122 (%0,13), 121 (%0,19) ve 79 (%0,32) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane potasyum oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 1,05 (%), 0,96 (%) ve 1,50 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane potasyum oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 159 (%1,50), 50 (%1,96) ve 49 (%1,98) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane potasyum oranı değerleri

ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 124 (%0,59), 150 ve 171 (%0,16) ve 135 (%0,74) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane kalsiyum oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 0,90 (%), 0,91 (%) ve 1,28 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane kalsiyum oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 120 (%1,27), 26 (%1,64) ve 26 (%2,17) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane kalsiyum oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 98 (%0,54), 75 (%0,36) ve 78 (%0,79) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane magnezyum oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 0,96 (%), 0,98 (%) ve 1,81 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane magnezyum oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 28 (%1,34), 121 (%1,27) ve 120 (%2,05) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane magnezyum oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 49 (%0,67), 67 (%0,64) ve 67 (%1,50) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane demir miktarı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 59,64 (ppm), 64,02 (ppm) ve 83,91 (ppm) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane demir miktarı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 139 (86,33 ppm), 141 (85,99 ppm) ve 154 (124,12 ppm) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane demir oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 9 (25,13 ppm), 135 (38,77 ppm) ve 86 (43,06 ppm) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane çinko miktarı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 24,43 (ppm), 27,35 (ppm) ve 56,62 (ppm) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane çinko miktarı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 92 (39,50 ppm), 139 (48,85 ppm) ve 162 (77,00 ppm) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane çinko oranı

değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 143 (1,92 ppm), 155 (8,48 ppm) ve 156 (0,92 ppm) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane bakır miktarı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 5,07 (ppm), 5,00 (ppm) ve 8,48 (ppm) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane bakır miktarı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 111 (7,57 ppm), 170 (6,11 ppm) ve 40 (12,26 ppm) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane bakır oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 32 (3,17 ppm), 14 (3,73 ppm) ve 67 (4,99 ppm) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane manganez miktarı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 11,20 (ppm), 12,74 (ppm) ve 16,27 (ppm) olarak belirlenmiştir. En yüksek tane manganez miktarı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 166 (19,29 ppm), 167 (20,39 ppm) ve 162 (26,51 ppm) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük tane manganez oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 107 (5,61 ppm), 70 (3,78 ppm) ve 10 (9,05 ppm) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Yaprak azot oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 2,13 (%), 2,53 (%) ve 3,53 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek yaprak azot oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 160 (%3,12), 20 (%4,15) ve 43 (%5,26) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük yaprak azot oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 155 (%0,67), 76 (%0,64) ve 162 (%2,21) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Tane azot oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 2,37 (%), 2,12 (%) ve 2,54 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek yaprak azot oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 158 (%3,34), 151 (%4,18) ve 22 (%4,11) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük yaprak azot oranı değerleri ise Deneme

1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 155 (%1,20), 75 (%0,74) ve 57 (%1,69) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.

Protein oranı bakımından Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3 (+N+H₂O) genel düzeltilmiş ortalama değerleri sırasıyla 13,45 (%), 12,03 (%) ve 14,41 (%) olarak belirlenmiştir. En yüksek yaprak azot oranı değerleri Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 158 (%18,92), 151 (%23,72) ve 22 (%23,29) numaralı genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük yaprak azot oranı değerleri ise Deneme 1 (-N-H₂O), Deneme 2 (-N+H₂O) ve Deneme 3'te (+N+H₂O) sırasıyla 47 (%6,80), 75 (%4,21) ve 57 (%9,58) numaralı genotipler olduğu saptanmıştır.



KAYNAKLAR

- Abreha, K. B., Enyew, M., Carlsson, A. S., Vetukuri, R. R., Feyissa, T., Motlhaodi, T., ... & Geleta, M. (2022). Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*, 255, 1-23.
- Afzal, M. A. U. H., Ahmad, A. U. H., Zamir, S. I., Khalid, F., Mohsin, A. U., & Gillani, S. M. W. (2013). Performance of multicut forage sorghum under various sowing methods and nitrogen application rates. *J. Anim. Plant Sci.*, 23, 232–239.
- Ahmad, I., Zhu, G., Zhou, G., Song, X., Hussein Ibrahim, M. E., & Ibrahim Salih, E. G. (2022). Effect of N on growth, antioxidant capacity, and chlorophyll content of sorghum. *Agronomy*, 12(2), 501.
- Ahmad, R., Waraich, E. A., Ashraf, M. Y., Ahmad, S., & Aziz, T. (2014). Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review. *Journal of plant nutrition*, 37(6), 942-963.
- Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature protocols*, 2(4), 875-877.
- Akram, A., Fatima, M., Ali, S., Jilani, G., & Asghar, R. (2007). Growth, yield and nutrients uptake of sorghum in response to integrated phosphorus and potassium management. *Pakistan Journal of Botany*, 39(4), 1083.
- Alaarge, S. S., & Alamery, A. A. (2023). Nitrogen and biofertilization effects on biochemical, qualitative, and physiological traits of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(4), 1392-1400.
- Almodares, A., Jafarinia, M., & Hadi, M. R. (2009). The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 6(4), 441-446.
- Almodares, A., Taheri, R., Chung, M., & Fathi, M. (2008). The effect of nitrogen and potassium fertilizers on growth parameters and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. *J. Environ. Biol*, 29(6), 849-852.
- Anglani, C. (1998). Sorghum for human food – A review. *Plant Foods Hum Nutr* 52:85–95.
- Anonim, (2023), UN IGME Database, www.childmortality.org , Erişim Tarihi: 17.02.2025.
- Anonim, (2024), Global Hunger Index, www.globalhungerindex.org , Erişim Tarihi: 17.02.2025.
- Anonim, (2025a), FAO Statistical Database, www.faostat.org, Erişim Tarihi: 17.02.2025.
- Anonim, (2025b), World Population Prospects, www.population.un.org , Erişim Tarihi: 17.02.2025.
- Araki, R., Takano, Y., Miyazaki, H., Ii, H., & An, P. (2022). Drought stress alters iron accumulation in Sorghum bicolor seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 204, 105093.
- Aravind, J., Mukesh Sankar, S., Wankhede, D. P., & Kaur, V. (2020). Augmented RCBD: Analysis of augmented randomised complete block designs. *R package version* 0.1, 2.
- Asgharipour, M. R., & Heidari, M. (2011). Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. *Pak. J. Agri. Sci*, 48(3), 197-204.
- Assefa, Y., Staggenborg, S. A., & Prasad, V. P. (2010). Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. *Crop management*, 9(1), 1-11.
- Ateş, E., & Atalay, M. (2020). Edirne koşullarında farklı azot dozu uygulamalarının sorgum x sudan otu (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) melez

- çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerine etkileri. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 221-230.
- Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65(9), 1199-1221.
- Awika, J. M., Rooney, L. W., & Waniska, R. D. (2005). Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 90(1-2), 293-301.
- Awika, J. M., Yang, L., Browning, J. D., & Faraj, A. (2009). Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1041-1046.
- Bailey, R. L., West Jr, K. P., & Black, R. E. (2015). The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of nutrition and metabolism*, 66(Suppl. 2), 22-33.
- Barker, A. V. & Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. London: Taylor & Francis Group. P. 613.
- Boschma, S. P., Murphy, S. R., & Harden, S. (2015). Herbage production and persistence of two tropical perennial grasses and forage sorghum under different nitrogen fertilization and defoliation regimes in a summer-dominant rainfall environment, Australia. *Grass and Forage Science*, 70(3), 381-393.
- Bremner, J. M. (1965). Inorganic forms of nitrogen. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 1179-1237.
- Chakravarthi, M. K., Reddy, Y. R., Rao, K. S., Ravi, A., Punyakumari, B., & Ekambaram, B. (2017). A study on nutritive value and chemical composition of sorghum fodder. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 6(1), 104-109.
- Chavan, U. D., Patil, J. V., & Shinde, M. S. (2009). Nutritional and roti quality of sorghum genotypes. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 10(2), 80-87.
- Chavez, J. C., Enciso, J., Meki, M. N., Jeong, J., & Singh, V. P. (2018). Simulation of energy sorghum under limited irrigation levels using the EPIC model. *Transactions of the ASABE*, 61(1), 121-131.
- Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Sciences*, 3(4), 518.
- Dahlberg, J. A., & Wasylikowa, K. (1996). Image and statistical analyses of early sorghum remains (8000 BP) from the Nabta Playa archaeological site in the Western Desert, southern Egypt. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5, 293-299.
- Desta, K. T., Choi, Y. M., Shin, M. J., Yoon, H., Wang, X., Lee, Y., ... & Lee, S. (2023). Comprehensive evaluation of nutritional components, bioactive metabolites, and antioxidant activities in diverse sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces. *Food Research International*, 173, 113390.
- Dicko, M. H., Gruppen, H., Traoré, A. S., Voragen, A. G., & van Berkel, W. J. (2006). Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African journal of biotechnology*, 5(5), 384-395.
- Dimkpa, C. O., Singh, U., Bindraban, P. S., Elmer, W. H., Gardea-Torresdey, J. L., & White, J. C. (2019). Zinc oxide nanoparticles alleviate drought-induced alterations in sorghum performance, nutrient acquisition, and grain fortification. *Science of the Total Environment*, 688, 926-934.
- Dowling, L. F., Arndt, C., & Hamaker, B. R. (2002). Economic viability of high digestibility sorghum as feed for market broilers. *Agronomy Journal*, 94(5), 1050-1058.
- Dykes, L., & Rooney, L. W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal foods world*, 52(3), 105-111.
- Ebadi, M. R., Pourreza, J., Jamalian, J., Edriss, M. A., Samie, A. H., & Mirhadi, S. A. (2005). Amino acid content and availability in low, medium and high tannin sorghum grain for poultry. *International Journal of Poultry Science*, 4(1), 27-31.

- Ghanbari, A. A., Shakiba, M. R., Toorchi, M., & Choukan, R. (2013). Nitrogen changes in the leaves and accumulation of some minerals in the seeds of red, white and chitti beans ('Phaseolus vulgaris') under water deficit conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 7(5), 706-712.
- González-Montilla, F. M., Chávez-Santoscoy, R. A., Gutiérrez-Urbe, J. A., & Serna-Saldivar, S. O. (2012). Isolation and identification of phase II enzyme inducers obtained from black Shawaya sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] bran. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 126-131.
- Gu, W., Feng, Y., Liu, C., Shi, X., Han, L., Liu, C., & Zhou, Y. (2025). Transcriptomic and metabolomic unraveling of nitrogen use efficiency in sorghum: the quest for molecular adaptations to low-nitrogen stress. *Plant Growth Regulation*, 1-20.
- Hefferon, K. L. (2016). Can biofortified crops help attain food security?. *Current Molecular Biology Reports*, 2, 180-185.
- Hodge, J. (2016). Hidden hunger: approaches to tackling micronutrient deficiencies. In: Gillespie S, Hodge J, Yosef S, Pandya-Lorch R (eds) *Nourishing Millions: Stories of Change in Nutrition*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, pp 35–43.
- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R., & Johansson, E. (2010). Mineral composition of organically grown wheat genotypes: contribution to daily minerals intake. *International journal of environmental research and public health*, 7(9), 3442-3456.
- Hussain, M. U., Noor, T., Ahmad, A., Nasir, M. S., & Khan, M. (2023). Characterization of sweet sorghum accessions for grain-related traits using metabolomics analysis.
- Impa, S. M., Perumal, R., Bean, S. R., Sunoj, V. J., & Jagadish, S. K. (2019). Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum. *Journal of Cereal Science*, 86, 124-131.
- Iren, L. (2004). Sorghum and millets, in cultivated plants, primarily as food sources. *Encyclopedia of Life Support Systems developed under the Auspices of the UNESCO*. Oxford: EOLSS Publishers. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download/doi/10.1.1.6032>.
- Istrati, D. I., Constantin, O. E., Vizireanu, C., Dinică, R., & Furdui, B. (2019). Sorghum as source of functional compounds and their importance in human nutrition. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 43(2), 189-205.
- Jaćimović, S., Kiproviski, B., Ristivojević, P., Dimić, D., Nakarada, Đ., Dojčinović, B., ... & Pantelić, N. Đ. (2023). Chemical composition, antioxidant potential, and nutritional evaluation of cultivated Sorghum Grains: A combined experimental, theoretical, and multivariate analysis. *Antioxidants*, 12(8), 1485.
- Jevcsák, S., Murányi, E., Stündl, L., Jóvér, J., & Sipos, P. (2017). Effect of different levels of nitrogen on the total polyphenol and total flavonoid content of sorghum and millet flours. *Acta Univ Sapientiae* 10, pp.107-115.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Yayın No: 1241. *Fen Bilimleri*, 892, 892.
- Kangama, C. O., & Rumei, X. (2005). Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. *African Journal of Biotechnology*, 4(7).
- Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Beyzi, S. B., Varol, I. S., ... & Kamalak, A. (2019). Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, 218, 30-36.

- Kardeş, Y. M., Kaplan, M., Kale, H., Yılmaz, M. F., Karaman, K., Temizgül, R., & Akar, T. (2021). Biochemical composition of selected lines from sorghum (*Sorghum bicolor* L.) landraces. *Planta*, 254, 1-13.
- Kaufman, R. C., Wilson, J. D., Bean, S. R., Presley, D. R., Blanco-Canqui, H., & Mikha, M. (2013). Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(24), 5715-5719.
- Kazemi, E., Ganjali, H. R., Mehraban, A., & Ghasemi, A. (2022). Yield and biochemical properties of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) affected by nano-fertilizer under field drought stress. *Cereal Research Communications*, 50 (3), 397-405.
- Khalfalla, M., Zsombik, L., Nagy, R., & Györi, Z. (2024). Promoting the elemental profile of sorghum grain: Driving factors affecting nutritional properties under nitrogen fertilizer conditions. *Heliyon*, 10(7).
- Khan, I., Yousif, A. M., Johnson, S. K., & Gamlath, S. (2015). Acute effect of sorghum flour-containing pasta on plasma total polyphenols, antioxidant capacity and oxidative stress markers in healthy subjects: A randomised controlled trial. *Clinical nutrition*, 34(3), 415-421.
- Khush, G. S., Lee, S., Cho, J. I., & Jeon, J. S. (2012). Biofortification of crops for reducing malnutrition. *Plant biotechnology reports*, 6, 195-202.
- Kil, H. Y., Seong, E. S., Ghimire, B. K., Chung, I. M., Kwon, S. S., Goh, E. J., ... & Yu, C. Y. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. *Food chemistry*, 115(4), 1234-1239.
- Kim, J. S., Hyun, T. K., & Kim, M. J. (2011). The inhibitory effects of ethanol extracts from sorghum, foxtail millet and proso millet on α -glucosidase and α -amylase activities. *Food Chemistry*, 124(4), 1647-1651.
- Kim, J., & Park, Y. (2012). Anti-diabetic effect of sorghum extract on hepatic gluconeogenesis of streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition & metabolism*, 9, 1-7.
- Li, H., Li, Y., Ke, Q., Kwak, S. S., Zhang, S., & Deng, X. (2020). Physiological and differential proteomic analyses of imitator drought stress response in *Sorghum bicolor* root at the seedling stage. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(23), 9174.
- Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., ... & Chen, S. (2016). An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules*, 21(10), 1374.
- Liu L, Herald TJ, Wang D, Wilson JDD, Bean SR and Aramouni FM. (2012). Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science* 55: 31–36.
- Maiti, R. K. (1996). *Sorghum science*. Science Publishers, Lebanon, NH.
- Mariotti, F., Tomé, D., & Mirand, P. P. (2008). Converting nitrogen into protein—beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(2), 177-184.
- Martino, H. S. D., Tomaz, P. A., Moraes, E. A., Conceição, L. D., Oliveira, D. D. S., Queiroz, V. A. V., ... & Ribeiro, S. M. R. (2012). Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 71(2), 337-344.
- Masuda, T., Yonemori, S., Oyama, Y., Takeda, Y., Tanaka, T., Andoh, T., ... & Nakata, M. (1999). Evaluation of the antioxidant activity of environmental plants: activity of the leaf extracts from seashore plants. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 47(4), 1749-1754.
- Mawouma, S., Condurache, N. N., Turturică, M., Constantin, O. E., Croitoru, C., & Rapeanu, G. (2022). Chemical composition and antioxidant profile of sorghum

- (sorghum bicolor (L.) moench) and pearl millet (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) grains cultivated in the far-North region of Cameroon. *Foods*, 11(14), 2026.
- McGinnis, M. J., & Painter, J. E. (2020). Sorghum: History, use, and health benefits. *Nutrition Today*, 55(1), 38-44.
- Meenakshi, J. V., Johnson, N. L., Manyong, V. M., DeGroote, H., Javelosa, J., Yanggen, D. R., ... & Meng, E. (2010). How cost-effective is biofortification in combating micronutrient malnutrition? An ex ante assessment. *World Development*, 38(1), 64-75.
- Muthayya, S., Rah, J. H., Sugimoto, J. D., Roos, F. F., Kraemer, K., & Black, R. E. (2013). The global hidden hunger indices and maps: an advocacy tool for action. *PloS one*, 8(6), e67860.
- Nagy Z, Tuba Z, Zsoldus F, Erdei L (1995) CO₂ exchange and water retention responses of sorghum and maize during water and salt stress. *J Plant Physiol* 145:539-544.
- Natr, L. (1992). Mineral nutrients-a ubiquitous stress factor for photosynthesis. *Photosynthetica*. 27, 271-294.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., ... & You, L. (2010). *Food security, farming, and climate change to 2050: scenarios, results, policy options* (Vol. 172). Intl Food Policy Res Inst.
- Ng'uni, D., Geleta, M., Johansson, E., Fatih, M., & Bryngelsson, T. (2011). Characterization of the Southern African sorghum varieties for mineral contents: Prospects for breeding for grain mineral dense lines. *African Journal of Food Science*, 5(7), 436-445.
- Ngara, R., Goche, T., Swanevelder, D. Z., & Chivasa, S. (2021). Sorghum's whole-plant transcriptome and proteome responses to drought stress: A review. *Life*, 11(7), 704.
- Ofosu, F. K., Elahi, F., Daliri, E. B. M., Yeon, S. J., Ham, H. J., Kim, J. H., ... & Oh, D. H. (2020). Flavonoids in decorticated sorghum grains exert antioxidant, antidiabetic and antiobesity activities. *Molecules*, 25(12), 2854.
- Paiva, C. L., Queiroz, V. A. V., Simeone, M. L. F., Schaffert, R. E., de Oliveira, A. C., & da Silva, C. S. (2017). Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. *Food chemistry*, 214, 400-405.
- Paterson, A. H., Bowers, J. E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., Gundlach, H., ... & Rokhsar, D. S. (2009). The Sorghum bicolor genome and the diversification of grasses. *Nature*, 457(7229), 551-556.
- Pineli, L. D. L. D. O., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., Oliveira, V. R. D., & Figueiredo, L. F. D. A. (2015). The use of sorghum to produce gluten-free breads: A systematic review. *Journal of Advanced Nutrition and Human Metabolism*.1-9.
- Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Pocza, P., & Siddique, K. H. (2019). STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences*, 7(1), e01211.
- Qadir, M., Bibi, A. B., Sadaqat, H. A., Awan, F. S., (2019). Physio-biochemical responses and defining selection criteria for drought tolerance in Sorghum bicolor. *Maydica* 64, 8.
- Queiroz, V. A. V., da Silva Aguiar, A., de Menezes, C. B., de Carvalho, C. W. P., Paiva, C. L., Fonseca, P. C., & da Conceição, R. R. P. (2018). A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties. *Journal of Cereal Science*, 79, 43-49.
- Queiroz, V. A. V., da Silva, C. S., de Menezes, C. B., Schaffert, R. E., Guimarães, F. F. M., Guimarães, L. J. M., ... & Tardin, F. D. (2015). Nutritional composition of sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress. *Journal of Cereal Science*, 65, 103-111.

- Ragaee, S., Abdel-Aal, E. S. M., & Noaman, M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food chemistry*, 98(1), 32-38.
- Rao, S., Santhakumar, A. B., Chinkwo, K. A., Wu, G., Johnson, S. K., & Blanchard, C. L. (2018). Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum grains. *Journal of Cereal Science*, 84, 103-111.
- Rashwan, A. K., Yones, H. A., Karim, N., Taha, E. M., & Chen, W. (2021). Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: An update and comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 168-182.
- Ray, C. L., Shipe, E. R., & Bridges, W. C. (2008). Planting date influence on soybean agronomic traits and seed composition in modified fatty acid breeding lines. *Crop Science*, 48(1), 181-188.
- Reddy BVS, Ramesh S, Reddy PS, Kumar AA (2009) Genetic enhancement for drought tolerance in sorghum. *Plant Breed Rev* 31:189–222.
- Ren, K., Xu, M., Li, R., Zheng, L., Liu, S., Reis, S., ... & Gu, B. (2022). Optimizing nitrogen fertilizer use for more grain and less pollution. *Journal of Cleaner Production*, 360, 132180.
- Rooney LW and Waniska RD. (2000). Sorghum food and industrial utilization. In: Smith CW and Frederiksen RA (eds) *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*. Canada: John Wiley & Sons, Inc, pp. 689–729.
- Rosegrant, M. W., Koo, J., Cenacchi, N., Ringler, C., Robertson, R. D., Fisher, M., ... & Sabbagh, P. (2014). *Food security in a world of natural resource scarcity: The role of agricultural technologies*. Intl Food Policy Res Inst.
- Ruel-Bergeron, J. C., Stevens, G. A., Sugimoto, J. D., Roos, F. F., Ezzati, M., Black, R. E., & Kraemer, K. (2015). Global update and trends of hidden hunger, 1995-2011: the hidden hunger index. *PloS one*, 10(12), e0143497.
- Safian, N., Naderi, M. R., Torabi, M., Soleymani, A., & Salemi, H. R. (2022). Corn (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) yield and nutritional quality affected by drought stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 45, 102486.
- Sarshad, A., Talei, D., Torabi, M., Rafiei, F., & Nejatkah, P. (2021). Morphological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under drought stress. *SN Applied Sciences*, 3(1), 81.
- Shegro, A., Shargie, N. G., van Biljon, A., & Labuschagne, M. T. (2012). Diversity in starch, protein and mineral composition of sorghum landrace accessions from Ethiopia. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 15, 275-280.
- Shen, S., Huang, R., Li, C., Wu, W., Chen, H., Shi, J., ... & Ye, X. (2018). Phenolic compositions and antioxidant activities differ significantly among sorghum grains with different applications. *Molecules*, 23(5), 1203.
- Shirmohammadli, Y., Efhamisi, D., & Pizzi, A. (2018). Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review. *Industrial crops and products*, 126, 316-332.
- Smithson, P. C., & Sanchez, P. A. (2001). Plant nutritional problems in marginal soils of developing countries. In *Plant nutrient acquisition: New perspectives* (pp. 32-68). Springer Japan.
- Stagnari, F., Galieni, A., & Pisante, M. (2016). Drought stress effects on crop quality. *Water stress and crop plants: a sustainable approach*, 2, 375-392.
- Stefoska-Needham, A., Beck, E. J., Johnson, S. K., Batterham, M. J., Grant, R., Ashton, J., & Tapsell, L. C. (2017). A diet enriched with red sorghum flaked biscuits, compared to a diet containing white wheat flaked biscuits, does not enhance the effectiveness of an energy-restricted meal plan in overweight and mildly obese adults. *Journal of the American College of Nutrition*, 36(3), 184-192.

- Suganyadevi, P., Saravanakumar, K. M., & Mohandas, S. (2013). The antiproliferative activity of 3-deoxyanthocyanins extracted from red sorghum (*Sorghum bicolor*) bran through P53-dependent and Bcl-2 gene expression in breast cancer cell line. *Life Sciences*, 92(6-7), 379-382.
- Taylor, J. R., Schober, T. J., & Bean, S. R. (2006). Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of cereal science*, 44(3), 252-271.
- Udachan, I. S., Sahoo, A. K., & Hend, G. M. (2012). Extraction and characterization of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) starch. *International Food Research Journal*, 19(1).
- Vavilov, N.I. (1992) *The Origin and Geography of Cultivated Plants*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Venkateswaran, K., Elangovan, M., & Sivaraj, N. (2019). Origin, domestication and diffusion of *Sorghum bicolor*. In *Breeding Sorghum for diverse end uses* (pp. 15-31). Woodhead Publishing.
- Wang, D., Heckathorn, S. A., Mainali, K., & Hamilton, E. W. (2008). Effects of N on plant response to heat-wave: a field study with prairie vegetation. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(11), 1416-1425.
- Wiebe, K., Robinson, S., & Cattaneo, A. (2019). Climate change, agriculture and food security: impacts and the potential for adaptation and mitigation. *Sustainable food and agriculture*, 55-74.
- Winchell, F., Brass, M., Manzo, A., Beldados, A., Perna, V., Murphy, C., ... & Fuller, D. Q. (2018). On the origins and dissemination of domesticated sorghum and pearl millet across Africa and into India: a view from the Butana Group of the Far Eastern Sahel. *African Archaeological Review*, 35, 483-505.
- Winchell, F., Stevens, C. J., Murphy, C., Champion, L., & Fuller, D. Q. (2017). Evidence for sorghum domestication in fourth millennium BC eastern Sudan: Spikelet morphology from ceramic impressions of the Butana Group. *Current Anthropology*, 58(5), 673-683.
- Wu, G., Johnson, S. K., Bornman, J. F., Bennett, S. J., & Fang, Z. (2017). Changes in whole grain polyphenols and antioxidant activity of six sorghum genotypes under different irrigation treatments. *Food Chemistry*, 214, 199-207.
- Yang, L., Browning, J. D., & Awika, J. M. (2009). Sorghum 3-deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(5), 1797-1804.
- Yu, S. M., Lo, S. F., & Ho, T. H. D. (2015). Source-sink communication: regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. *Trends in plant science*, 20(12), 844-857.
- Zhang, Y., Song, Q., Yan, J., Tang, J., Zhao, R., Zhang, Y., ... & Ortiz-Monasterio, I. (2010). Mineral element concentrations in grains of Chinese wheat cultivars. *Euphytica*, 174, 303-313.
- Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham, S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. P., & Shewry, P. R. (2009). Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of cereal science*, 49(2), 290-295.
- Zhao, Q., Yu, X., Zhou, C., Yagoub, A. E. A., & Ma, H. (2020). Effects of collagen and casein with phenolic compounds interactions on protein in vitro digestion and antioxidation. *Lwt*, 124, 109192.
- Zhu, Y., Fan, X., Hou, X., Wu, J., & Wang, T. (2014). Effect of different levels of nitrogen deficiency on switchgrass seedling growth. *The Crop Journal*, 2(4), 223-234.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı

Uyruğu

Doğum tarihi ve yeri

Medeni hali

Telefon

Faks

e-mail

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	SBTÜ / Bitkisel Üretim ve Teknolojileri	Devam ediyor
Yüksek lisans	NÖHÜ / Bitkisel Üretim ve Teknolojileri	2019
Lisans	ÇÜ / Tarla Bitkileri	2017

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2021-Halen	Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2020-2021	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	YÖK 100/2000 Öncelikli Alanlar Doktora Bursiyeri

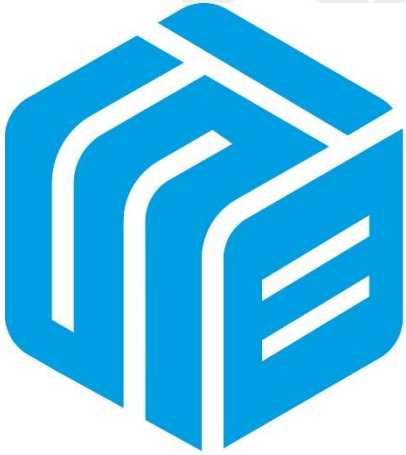
Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Barpete, S., Altaf, M. T., Liaqat, W., Ali, A., Bedir, M., Nadeem, M. A., ... & Baloch, F. S. (2025). Application of Next-Generation Breeding Tools in Minor Pulses for Major Impact: A Way Ahead. In *Breeding Climate Resilient and Future Ready Pulse Crops* (pp. 317-350). Singapore: Springer Nature Singapore.

- Altaf, M. T., Cavagnaro, P. F., Kökten, K., Ali, A., Morales, A., Tatar, M., Bedir, M., ... & Baloch, F. S. (2025). Genotyping-by-sequencing derived SNP markers reveal genetic diversity and population structure of *Dactylis glomerata* germplasm. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1530585.
- Altaf, M. T., Nadeem, M. A., Ali, A., Liaqat, W., Bedir, M., Baran, N., ... & Baloch, F. S. (2025). Applicability of Start Codon Targeted (SCoT) markers for the assessment of genetic diversity in bread wheat germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 72(1), 1205-1218.
- Altaf, M. T., Liaqat, W., Bedir, M., Ali, A., Nadeem, M. A., & Baloch, F. S. (2024). Wheat biofortification: a promising approach to improve public health. In *Advances in Wheat Breeding: Towards Climate Resilience and Nutrient Security* (pp. 623-651). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Ali, A., Altaf, M. T., Bedir, M., Liaqat, W., Jamil, A., Nadeem, M. A., & Baloch, F. S. (2024). Biotechnological advancements toward sugarcane crop improvement. In *Industrial Crop Plants* (pp. 333-352). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Altaf, M. T., Liaqat, W., Ali, A., Jamil, A., Bedir, M., Nadeem, M. A., ... & Baloch, F. S. (2024). Conventional and biotechnological approaches for the improvement of industrial crops. In *Industrial crop plants* (pp. 1-48). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Altaf, M. T., Liaqat, W., Baloch, F. S., Nadeem, M. A., Bedir, M., Ali, A., & Cömertpay, G. (2023). Omics approaches for sorghum: paving the way to a resilient and sustainable bioenergy future. In *Biotechnology and Omics Approaches for Bioenergy Crops* (pp. 99-121). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Baloch, F. S., Altaf, M. T., Liaqat, W., Bedir, M., Çatalakaya, V., Cömertpay, G., ... & Kurt, C. (2023). Genomics and Phenomics for Sustainable Agriculture with Few Examples. *PAG Australia 2023*.
- Altaf, M. T., Bedir, M., Liaqat, W., Cömertpay, G., Çatalakaya, V., del Cueto, J., ... & Baloch, F. S. Natural Genotypic Variation in Response to Soil Resources Limitation and Whole Genome Sequencing for GWAS in Sorghum. In *PAG Australia 2023*. PAG.
- Baloch, F. S., Altaf, M. T., Bedir, M., Nadeem, M. A., Tatar, M., Karaköy, T., & Aasim, M. (2023). iPBS-retrotransposons variations: DNA fingerprinting and the evaluation of genetic diversity and population structure in international cowpea germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70(6), 1867-1877.
- Baloch, F. S., Altaf, M. T., Liaqat, W., Bedir, M., Nadeem, M. A., Cömertpay, G., ... & Sun, H. J. (2023). Recent advancements in the breeding of sorghum crop: current status and future strategies for marker-assisted breeding. *Frontiers in Genetics*, 14, 1150616.
- Yildiz, M., Altaf, M. T., Baloch, F. S., Koçak, M., Sadık, G., Kuzgun, C., ... & Tunçtürk, M. (2022). Assessment of genetic diversity among 131 safflower (*Carthamus tinctorius* L.) accessions using peroxidase gene polymorphism (POGP) markers. *Molecular Biology Reports*, 49(7), 6531-6539.
- Baloch, F. S., Guizado, S. J. V., Altaf, M. T., Yüce, I., Çilesiz, Y., Bedir, M., ... & Gómez, J. C. C. (2022). Applicability of inter-primer binding site iPBS-retrotransposon marker system for the assessment of genetic diversity and population structure of Peruvian rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke) germplasm. *Molecular Biology Reports*, 1-12.
- Aytekin, R. İ., Akkamış, M., Bedir, M., & Çalışkan, S. (2021). Farklı yetiştirme ortamlarının adaçayı (Salvia officinalis L.) tohum çimlenmesi ve fide kalitesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 610-616.
- Çalışkan, S., Hashemi, M. S., Akkamış, M., Aytekin, R. İ., & Bedir, M. (2021). Effect of gibberellic acid on growth, tuber yield and quality in potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 26(2), 136-146.



**SİVAS
BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ**

KÖKLERDEN GÖKLERE...