

**EKMEKLİK BUĞDAY MELEZ VE ANAÇLARININ
HIZLI ISLAH SİSTEMİNDE KURAKLIK
STRESİNE TOLERANSLARININ
BELİRLENMESİ**

ŞENGÜL ÜNAL

HAZİRAN 2025

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKMEKLİK BUĞDAY MELEZ VE ANAÇLARININ
HIZLI ISLAH SİSTEMİNDE KURAKLIK
STRESİNE TOLERANSLARININ
BELİRLENMESİ**

ŞENGÜL ÜNAL

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM
VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ OLARAK
HAZIRLANMIŞTIR

HAZİRAN 2025

DİYARBAKIR

**EKMEKLİK BUĞDAY MELEZ VE ANAÇLARININ
HIZLI ISLAH SİSTEMİNDE KURAKLIK
STRESİNE TOLERANSLARININ
BELİRLENMESİ**

Şengül ÜNAL tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM
Danışman, **Tarla Bitkileri Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM (*,**)
Tarla Bitkileri Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Cuma AKINCI
Tarla Bitkileri Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Ferhat KIZILGEÇİ
Tarla Bitkileri Bölümü,
Mardin Artuklu Üniversitesi



Savunma Tarihi: 16/06/2025

(*) Jüri Başkanı.
(**) Tez Danışmanı.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Şengül ÜNAL

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanım Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM'a çalışmanın daha fikir aşamasından, örnekleme, deneme setlerini oluşturma, analizlerin yorumlanması ve tez taslağındaki düzeltmeler konularına kadar gösterdikleri destek ve sabırdan dolayı teşekkür ederim. Jüri üyelerime de bu tezin daha nitelikli bir hale gelmesi için yaptıkları eleştiri ve önerileri için teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesi sürecinde laboratuvar ve sera ortamlarında sağladıkları destek için Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim elemanlarına ve teknik personeline teşekkür ederim.

Ayrıca, bu süreçte moral ve motivasyon açısından her zaman yanımda olan aileme ve dostlarıma, sabırları ve destekleri için minnettarım.

Bu tez, bilimsel çalışmalarına önemli bir temel oluşturmuş olup, bu sürece katkı sağlayan herkese en içten şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1 Denemede kullanılan materyal.....	20
3.1.2 Deneme yerinin toprak özellikleri.....	22
3.1.3 Hızlı ıslah ışıklandırma koşulları.....	22
3.2. Metot.....	24
3.2.1 Denemede incelenen bitkisel özellikler ve inceleme yöntemleri.....	26
3.2.2 İstatistiksel analizler.....	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	31
4.1 Başaklanma süresi.....	31
4.2 Bitki boyu.....	34
4.3 SPAD (Klorofil içeriği).....	38
4.4 Biyolojik verim.....	41
4.5 Başak ağırlığı.....	45
4.6 Sap ağırlığı.....	49
4.7 Başak sayısı.....	53
4.8 Başak uzunluğu.....	58
4.9 Başakta tane sayısı.....	62
4.10 Başakta tane verimi.....	67
4.11 Başakta tane ağırlığı.....	71
4.12 Hasat indeksi.....	76
4.13 Protein oranı.....	79

4.14 Yağ oranı.....	83
4.15 Gluten oranı.....	87
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	97



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırmada Kullanılan Genotiplere Ait Bilgiler.....	22
Çizelge 3.2 Araştırmada Bitki Yetiştirilen Toprağa ait Analiz Değerleri.....	22
Çizelge 4.1 Başaklanma Süresine ait Varyans Analizine ait Özet Değerler.....	31
Çizelge 4.2 Başaklanma Süresine ait Ortalama Değerler (Gün).....	32
Çizelge 4.3 Bitki Boyuna ait Varyans Analiz Sonuçları.....	35
Çizelge 4.4 Bitki Boyuna ait Ortalama Değerler (Cm).....	36
Çizelge 4.5 SPAD Değerine ait Varyans Analiz Sonuçları.....	38
Çizelge 4.6 SPAD Değerine ait Ortalama Değerler.....	40
Çizelge 4.7 Biyolojik Verime ait Varyans Analiz Sonuçları.....	42
Çizelge 4.8 Biyolojik Verime ait Ortalama Değerler (G/Saksı).....	43
Çizelge 4.9 Başak Ağırlığına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	46
Çizelge 4.10 Başak Ağırlığına ait Ortalama Değerler (G/Saksı).....	47
Çizelge 4.11 Sap Ağırlığına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	50
Çizelge 4.12 Sap Ağırlığına ait Ortalama Değerler (G).....	51
Çizelge 4.13 Başak Sayısına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	54
Çizelge 4.14 Başak Sayısına ait Ortalama Değerler (Adet).....	55
Çizelge 4.15 Başak Uzunluğuna ait Varyans Analiz Sonuçları.....	59
Çizelge 4.16 Başak Uzunluğuna ait Ortalama Değerler (Cm).....	60
Çizelge 4.17 Başakta Tane Sayısına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	63
Çizelge 4.18 Başakta Tane Sayısına ait Ortalama Değerler.....	64
Çizelge 4.19 Tane Verimine ait Varyans Analiz Sonuçları.....	67
Çizelge 4.20 Tane Verimine ait Ortalama Değerler (G/Saksı).....	69
Çizelge 4.21 Tane Ağırlığına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	72
Çizelge 4.22 Tane Ağırlığına ait Ortalama Değerler (G/Saksı).....	73
Çizelge 4.23 Hasat İndeksine ait Varyans Analiz Sonuçları.....	76
Çizelge 4.24 Hasat İndeksine ait Ortalama Değerler (%).....	77
Çizelge 4.25 Protein Oranına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	80
Çizelge 4.26 Protein Oranına ait Ortalama Değerler (%).....	81
Çizelge 4.27 Yağ Oranına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	84
Çizelge 4.28 Yağ Oranına ait Ortalama Değerler (%).....	85
Çizelge 4.29 Gluten Oranına ait Varyans Analiz Sonuçları.....	88
Çizelge 4.30 Gluten Oranına ait Ortalama Değerler (%).....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Araştırmada Kullanılan SPAD 502 Chlorophyll-Meter Cihazı.....	30
Şekil 4.1 Başaklanma Süresi Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	33
Şekil 4.2 Bitki Boyu Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	36
Şekil 4.3 Klorofil İçeriğine Ait Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	40
Şekil 4.4 Biyolojik Verim Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	44
Şekil 4.5 Başak Ağırlığı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	48
Şekil 4.6 Sap Ağırlığı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	52
Şekil 4.7 Başak Sayısı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	56
Şekil 4.8 Başak Uzunluğu Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	60
Şekil 4.9 Başakta Tane Sayısı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	65
Şekil 4.10 Tane Verimi Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	69
Şekil 4.11 Tane Ağırlığı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	74
Şekil 4.12 Hasat İndeksi Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	78
Şekil 4.13 Protein Oranı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	82
Şekil 4.14 Yağ Oranı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	86
Şekil 4.15 Gluten Oranı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi.....	89

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simge

Açıklama

Ψ (Psi)

Yaprak Su Potansiyeli

Kısaltma

Açıklama

ABA

Absciscic Acid (Abiyotik stres hormonudur)

Ç+20

Çiçeklenmeden sonra geçen 20 gün

DSI

Drought Susceptibility Index (Kuraklık Duyarlılık İndeksi)

DON

Deoksinivalenol (Mikotoksin)

FHB

Fusarium Head Blight (Fusarium Başak Yanıklığı Hastalığı)

Fv/Fm

Maksimum kuantum verimliliği (klorofil floresansı ölçüm oranı)

GMP

Geometrik Ortalama Verimlilik

MP

Ortalama Verimlilik

PS

Phenotypic Selection (Fenotipik Seçim)

RA

Seminal kök açısı

RILs

Recombinant Inbred Lines (Rekombinant Kendilenmiş Hatlar)

SB

Speed Breeding (Hızlı Islah)

SI

Seçim İndeksi

SSI

Stress Susceptibility Index (Stres Duyarlılık İndeksi)

STI

Stress Tolerance Index (Stres Tolerans İndeksi)

TE

Trace Elements (Mikroelementler)

WL

Water Loss (Yaprak Su Kaybı)

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1 Her genotipe ait saksıların 4 kg tarla toprağı ile doldurulma işleminden sonra yapılan ağırlık kontrolü.....	20
Resim 3.2 Denemede kullanılan gübre çözeltisinin saksılara 50 ml enjektör yardımıyla uygulanması.....	21
Resim 3.3 Hızlı ıslah koşullarında yetiştirilen buğday genotiplerinde kurak ve normal uygulamalara ait saksı sıraları.....	22
Resim 3.4 LED ışıklar altında erken fide döneminde gelişim gösteren buğday bitkileri.....	23
Resim 3.5 Hızlı ıslah için kullanılan LED ışık sistemi.....	24
Resim 3.6 Serada her bir genotipe ait 16 tohumun ekildiğı saksılar görüntülenmesi.....	25
Resim 3.7 Kurak ve tam sulu koşullarda yürütölen sulama denemesine ait saksılar gece saatlerinde görüntülenmesi.....	26
Resim 3.8 Bitki boyu ölçümünün hasat öncesinde yapılma aşaması.....	27
Resim 3.9 Hasat sonrası başakların harmanlanması ve başaklardan tane ayıklama işleminin elle yapılması.....	28
Resim 3.10 Hasat sonrası dane verimlerinin tartımı ve kayıt altına alınması.....	28
Resim 3.11 Hasat sonrası dane verimlerinin tartımı ve kayıt altına alınması.....	29

ÖZET

EKMEKLİK BUĞDAY MELEZ VE ANAÇLARININ HIZLI ISLAH SİSTEMİNDE KURAKLIK STRESİNE TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ

ÜNAL, Şengül

Yüksek Lisans Tarla Bitkileri Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM

Haziran 2025, 97 Sayfa

Bitki ıslahçıları, kuraklığa dayanıklı yeni buğday çeşitleri geliştirmek için yoğun çabalar sarf etmektedir. Hızla ilerleyen iklim krizi için bitki ıslah döngülerinin kısaltılması gerekmektedir. Bu çalışma, ekmeklik buğday melez ve ebeveyn hatlarının kuraklık stresine toleransının hızlı bir ıslah sistemi kullanarak değerlendirilmesini amaçlamıştır. Buğday genotipleri hem iyi sulu hem de kuraklık stresi oluşturulan hızlı ıslah sisteminde denenmiştir. Hızlı ıslah sisteminde bitkiler 22 saat aydınlık ve 2 saat karanlık periyoda maruz bırakılmıştır. Saksılarda yetiştirilen bitkiler çıkıştan itibaren 20 gün boyunca optimum makro ve mikro elementleri içeren kompoze gübreye beslenmiştir. Bitkilerde hasat döneminin sonuna kadar başaklanma süresi, bitki boyu, klorofil içeriği, başak sayısı, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, tane ağırlığı, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi, protein, gluten ve yağ içeriği özellikleri belirlenmiştir. İncelenen tüm özelliklerde iyi sulu ve kuraklık stresi uygulamaları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Başaklanma süresi ortalama 52,1 gün olarak belirlenirken, tane verimi sulu koşullarda ortalama 10,5 g/saksı, kuraklık koşullarında ise 6,8 g/saksı olarak tespit edilmiştir. Klorofil içeriği, başakta tane sayısı, tane ağırlığı, biyolojik verim ve hasat indeksi özelliklerinde genotip x sulama uygulamaları interaksyonu önemli çıkmıştır. Ayrıca, başakta tane sayısı (ort. 27,3 adet) ve tane ağırlığı gibi verim bileşenleri kuraklık altında düşüş göstermiştir. Bununla birlikte, bazı melez hatlar (örneğin M6 ve M9) hem kurak hem de sulu koşullarda yüksek klorofil içeriği, erken başaklanma süresi (48-50 gün) ve yüksek tane verimi (8,5–10,0 g/saksı) ile ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada, hızlı ıslah sisteminde ekmeklik buğday melez kombinasyonlarının kuraklık stresine toleransının değerlendirilebileceği gösterilmiştir. Yılda 5 kuşak atlatma sayısına erişilmesi, geleneksel yöntemlere göre yeni çeşitlerin geliştirilme süresini önemli ölçüde azaltabilecektir. Ayrıca, bu sistem stres koşullarına toleranslı hatların kısa sürede ayırt edilmesine imkân tanıyarak, modern buğday ıslah programlarına stratejik katkı sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Buğday, Hızlı Islah, Kuraklık Stresi, Seleksiyon, Verim, Kalite

ABSTRACT

DETERMINATION OF DROUGHT STRESS TOLERANCE OF BREAD WHEAT HYBRIDS AND PARENTS IN A RAPID BREEDING SYSTEM

ÜNAL, Şengül

Master's Degree in Field Crops Department

Advisor: Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM

June 2025, 97 Pages

Plant breeders are making intensive efforts to develop new wheat varieties that are tolerant to drought. In the face of the rapidly progressing climate crisis, it is necessary to shorten plant breeding cycles. This study aimed to evaluate the drought stress tolerance of bread wheat hybrids and parent lines using a rapid breeding system. Wheat genotypes were tested under both well-watered and drought stress conditions within the rapid breeding system. In this system, plants were exposed to a photoperiod of 22 hours light and 2 hours darkness. Plants grown in pots were nourished for 20 days after emergence with a compound fertilizer containing optimal macro and micro elements. Until the end of the harvest period, traits such as heading time, plant height, chlorophyll content, number of spikes, spike length, number of grains per spike, grain weight, biological yield, grain yield, harvest index, protein, gluten, and oil content were determined. Significant differences were found between well-watered and drought stress treatments in all investigated traits. Heading time was determined to be 52.1 days on average, while grain yield was found to be 10.5 g/pot under well-watered conditions and 6.8 g/pot under drought conditions. A significant genotype $\times$ irrigation interaction was observed for chlorophyll content, number of grains per spike, grain weight, biological yield, and harvest index. Additionally, components of yield such as the number of grains per spike (avg. 27.3) and grain weight showed a decrease under drought stress. However, some hybrid lines (e.g., M6 and M9) stood out under both drought and well-watered conditions with high chlorophyll content, early heading time (48–50 days), and high grain yield (8.5–10.0 g/pot). This study demonstrated that the drought stress tolerance of bread wheat hybrid combinations can be evaluated using a rapid breeding system. Achieving up to 5 generations per year may significantly shorten the development time of new varieties compared to traditional methods. Moreover, this system enables the rapid identification of stress-tolerant lines and can strategically contribute to modern wheat breeding programs.

Keywords: Wheat, Speed Breeding, Drought Stress, Selection, Yield, Quality

1. GİRİŞ

Ekmeklik buğday, dünya genelinde temel gıda maddeleri arasında son derece önemli bir yere sahip olup, insan beslenmesi açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Buğday, sadece gıda kaynakları arasında değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan da birçok ülke için stratejik bir ürün olmasının yanı sıra, buğday tarımının yaygın olarak gerçekleştirildiği kısımlardan birini temsil etmektedir. Bu bağlamda, buğdayın yetiştirilmesi ve üretimi, ülkelerin tarım politikalarının merkezinde dinamik bir şekilde yer alarak tartışılan en önemli konular arasında önemli bir konum edinmektedir (Keçeli ve ark., 2009).

İklim değişiklikleri ve özellikle kuraklık gibi durumlar, buğday üretiminde karşılaşılan ciddi tehditler oluşturarak üretimi zorlaştırmaktadır (Erdemci, 2018). Bu olumsuz çevresel koşullar, diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi buğdayın sürdürülebilirliğini de sürekli olarak tehlikeye sokmakta ve uzun vadede gıda güvenliğini tehdit eden pek çok soruna neden olmaktadır (Turfan ve Mutlu, 2018). Kuraklık stresi altında kalan buğday bitkileri, büyüme ve gelişim süreçlerini olumsuz etkileyerek sonuç itibarıyla verim kaybına, ürün kalitesinde kayıplar yaşanmasına ve dolayısıyla da gıda güvenliğimizi tehdit eden daha büyük sorunlarla yüzleşmemize neden olmaktadır (Outoukarte ve ark., 1970).

Bu tür olumsuz etkenlerin etkilerinin azaltılması, sürdürülebilir tarım uygulamaları ile gerçekleştirilebilmektedir. Doğru tarımsal stratejilerin belirlenip titizlikle uygulanması, bu zorlukların üstesinden gelinmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu konu hakkında daha geniş ve kapsayıcı bir yaklaşım benimsenmesi gerektiği aşikârdır. Tarım alanındaki bu sorunlarla etkili bir şekilde mücadele etmek, yalnızca yerel düzeyde değil, aynı zamanda küresel ölçekte de kritik bir gereklilik haline gelmiş durumdadır. Bu zorlukların ele alınması, tüm dünyanın besin güvenliğini sağlamak adına elzem bir adım olarak kabul edilmektedir ve bu durum, gelecekteki nesillerin gıda ihtiyaçlarının karşılanması açısından son derece önemli bir mesele arz etmektedir (Rubel, F., ve Kottek, M., 2010).

Ekmeklik buğday melezleri ve bu melezlerin anaçlarıyla yapılan çalışmalar buğdayın kuraklık koşullarına karşı gösterdiği toleransı artırmaya yönelik son derece önemli ve etkileyici ilerlemeler kaydettiğini net bir şekilde ortaya koymaktadır (Erdemci, 2018). Günümüzde, modern tarım uygulamaları ve hızlı, etkili ıslah sistemlerinin gelişmesi sayesinde, kuraklık stresine dayanıklı buğday çeşitleri önemli ölçüde geliştirilmiştir (Turfan ve Mutlu, 2018). Genetik çeşitliliklerini artırarak bugüne kadar hiç olmadığı kadar dayanıklı ve aynı zamanda verimli türlerin geliştirilmesi, tarım sektöründe büyük bir umut ışığı olmuştur (Outoukarte ve ark., 1970).

Bu kapsamda, ıslah çalışmaları sadece melezleme stratejileri ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda gen kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasının yanında, tarımın sürdürülebilirliği adına büyük adımlar atılmaktadır (Keçeli ve ark., 2009). Böylece, tarımsal verimlilik ve ürün kalitesi önemli ölçüde artmaktadır. Islah programlarının temelini oluşturan faktörlerden biri, bitkilerin çeşitli ve zorlayıcı stres koşullarına karşı koyabilen özelliklerinin doğru bir biçimde belirlenmesidir (Rubel, F., ve Kottek, M., 2010). Bu özelliklerin belirlenmesinin ardından, istenen genotiplerle akıllıca ve dikkatlice birleştirilmesi süreci devreye girmektedir.

Buğdayın kuraklık stresine karşı toleransının artırılması, yalnızca verim kaybını önlemekle kalmayıp, aynı zamanda ekosistem dengesinin korunmasına da önemli ölçüde katkı sağlamakta ve bu durum, gelecekteki tarımsal uygulamaların şekillenmesine yol açmaktadır (Erdemci, 2018). Ekosistemlerin sürdürülebilirliğini desteklemek amacıyla, bu süreçlerin etkin bir biçimde yürütülmesi, belirli stratejilerin uygulanması ve gerekli teknolojilerin geliştirilmesi, tarımsal başarı için büyük bir gereklilik arz etmektedir (Turfan ve Mutlu, 2018). Bu süreçte, tarımsal inovasyon ve modern ıslah tekniklerinin başarılı bir şekilde entegrasyonu, dünya genelinde artan gıda taleplerini karşılamak adına son derece büyük bir önem taşımakta ve bu noktada kaynakların verimli kullanılması misyonunu üstlenmektedir (Keçeli ve ark., 2009).

Buğday üretimi, kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. İklim değişikliği ile birlikte kuraklık olaylarının sıklığı ve şiddeti artmakta, bu da buğday veriminde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle, kuraklığa toleranslı buğday çeşitlerinin geliştirilmesi, sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği için büyük önem taşımaktadır.

Kuraklık stresine toleranslı bitkilerin seleksiyonunda, klorofil içeriği önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Klorofil, bitkilerin fotosentez yapmasını sağlayan temel pigmenttir ve kuraklık stresi altında klorofil içeriği azalabilir. Klorofil metreler, bitkilerdeki klorofil içeriğini hızlı ve tahribatsız bir şekilde ölçmeye olanak tanıyan pratik araçlardır. Bu sayede, bitki ıslahçıları kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde klorofil içeriğini değerlendirerek toleranslı genotipleri daha etkili bir şekilde seçebilirler.

Geleneksel bitki ıslahı yöntemleri uzun zaman almakta ve çevresel koşullardan etkilenmektedir. Bu durum, özellikle iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerinin arttığı günümüzde, daha hızlı ve etkili ıslah yöntemlerine olan ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır.

Hızlı ıslah teknikleri, bitki ıslahında devrim yaratan yenilikçi yaklaşımlardır. Bu teknikler, generasyon süresini kısaltarak ıslah döngüsünü hızlandırmayı ve böylece daha kısa sürede yeni çeşitlerin geliştirilmesini sağlamayı hedefler. Hızlı ıslah, kontrollü çevre koşullarında bitkilerin yetiştirilmesi, ışık ve sıcaklık gibi faktörlerin optimize edilmesi ve bazı durumlarda genetik mühendisliği uygulamalarını içerebilir (Chaudhary ve Sandhu, 2024). Bu sayede, bitki ıslahçıları daha kısa sürede daha fazla sayıda genetik kombinasyonu değerlendirebilir ve istenen özelliklere sahip bitkileri seçebilirler.

Bu çalışmanın sonuçları, buğday ıslahında kuraklığa toleranslı çeşitlerin geliştirilmesine yönelik önemli bilgiler sağlayacaktır. Klorofil metrenin hızlı ıslah şartlarında kullanımı, seleksiyon sürecini hızlandırarak daha kısa sürede kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinin elde edilmesine katkıda bulunabilir. Bu da, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına ve gıda güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olabilir.

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde klorofil içeriği klorofil metre ile ölçülerek, klorofil içeriği ile kuraklık toleransı arasındaki ilişki incelenecektir. Ayrıca, hızlı ıslah koşullarının klorofil ölçümleri üzerindeki etkisi de değerlendirilecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Buğday bitkisinin kuraklık stresine karşı geliştirdiği direnç mekanizmalarını; kuraklıktan kaçma, kuraklıktan korunma ve kuraklığa tolerans başlıkları altında ele almıştır. Özellikle çiçeklenme ve tane dolumu gibi hassas dönemlerde görülen kuraklık stresinin, tane sayısı ve tane ağırlığını düşürerek verim üzerinde olumsuz etkiler yaptığı vurgulanmıştır. Kuraklıktan kaçınma erkencilik ile; korunma, yaprak morfolojisi, stoma düzenlemesi ve kök gelişimiyle; tolerans ise hücre zarı stabilitesi ve eriyebilir maddelerin (özellikle ABA, prolin) birikimiyle açıklanmıştır. Ayrıca, kılçıklı başakların ve eş zamanlı kardeşlenmenin kurak koşullarda verim artırıcı etki yaptığı da belirtilmiştir.

Özer ve arkadaşları (1997), bitkilerde su stresinin morfolojik, fizyolojik ve verimsel etkileri ile bu strese karşı geliştirilen dayanıklılık mekanizmalarını kapsamlı biçimde incelemiştir. Su stresinin fotosentez, hücre büyümesi, turgor basıncı, stomaların kapanması gibi temel fizyolojik olayları olumsuz etkilediği ve bitkilerde büyüme ve verim kaybına neden olduğu belirtilmiştir. Kuraklık koşullarında bitkilerin dayanıklılık geliştirmek amacıyla üç ana mekanizma kullandığı ifade edilmektedir. Bunlardan ilki, gelişim süresini kısaltarak kurak dönem başlamadan önce yaşam döngüsünü tamamlama yoluyla kuraklıktan kaçış sağlamaktır. İkinci mekanizma, kök gelişimini artırma, yaprak alanını küçültme, stoma kapanması ve kutikula kalınlaşması gibi yapısal değişikliklerle su kaybının önlenmesini amaçlamaktadır. Üçüncü mekanizma ise su kaybına tolerans olarak tanımlanmakta; bu kapsamda ozmotik ayarlama, hücre esnekliğinin korunması ve enzim aktivitelerinin sürdürülmesi gibi fizyolojik adaptasyonlar öne çıkmaktadır.

Avcıoğlu ve arkadaşları (2003), mısır, yonca ve mavi ayrık gibi bazı kültür bitkilerinin erken gelişme dönemlerinde farklı ozmotik basınç seviyelerine (0–10 mBar) maruz bırakılmasıyla, stres koşullarına karşı gösterdikleri biyokimyasal ve fizyolojik tepkileri incelemiştir. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde hidroponik RAF sistemi kullanılarak yürütülen bu araştırmada, ozmotik basınç NaCl çözeltisiyle oluşturulmuş ve prolin birikimi, klorofil-a ve b oranları ile zar dayanıklılığı gibi parametreler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, özellikle mısırın Flash çeşidi ve yoncanın

Circle çeşidi, artan ozmotik basınca rağmen daha yüksek prolin ve klorofil değerleri göstererek stres koşullarına karşı daha dirençli bulunmuştur. Mavi ayrık bitkisi ise 4 mBar'ın üzerindeki tuz konsantrasyonlarına dayanamayarak yaşamını sürdürememiştir. Artan ozmotik basınç altında bitkilerde zar dayanıklılığı ölçümlerinde de artış gözlenmiş, bu da hücre zarlarının stres koşullarında korunmasının bitki sağkalımı için kritik olduğunu göstermiştir. Ayrıca, prolin gibi stres proteinlerinin üretimi ve zar yapısının bütünlüğü gibi hücresel savunma mekanizmalarının kuraklık benzeri stres koşullarına adaptasyonda etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Grzesiak ve arkadaşları (2003), tritikale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) çeşitlerinde kuraklığa dayanıklılığı belirlemek amacıyla çeşitli fizyolojik tarama testlerini değerlendirmiştir. Araştırmada 11 farklı genotipin iki yıl boyunca sulanan ve kuraklık koşulları altında verimleri ölçülmüş ve “Kuraklık Duyarlılık İndeksi (DSI)” hesaplanmıştır. Ayrıca, yaprak su potansiyeli (Ψ), klorofil floresansı (Fv/Fm), yaprak zedelenme indeksi (LI), simüle kuraklık ve sıcaklık stresine bağlı yaprak zararı (LIDs, LIHT), ve kesilmiş yapraklardaki su kaybı (WL) gibi laboratuvar testleri yapılmıştır. Sonuçlara göre, Fv/Fm, Ψ ve LI değerleri ile DSI arasında güçlü korelasyonlar tespit edilmiş; özellikle su kaybı ölçümleri (WL) kuraklığa dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde en güvenilir test olarak öne çıkmıştır. Bu testlerin çoğunun bitkilerin vejetatif dönemlerinde daha anlamlı sonuçlar verdiği de vurgulanmıştır.

El-Ashry ve El-Kholy (2005), Sakha 93 ve Giza 168 buğday çeşitlerinde süt olum döneminde uygulanan farklı sürelerdeki sulama yetersizliklerinin (10, 20 ve 30 gün) yanı sıra NaCl, MgCO₃ ve K₂SO₄ gibi kimyasal kurutucuların etkilerini incelemiştir. Araştırma, 2001/2002 ve 2002/2003 sezonlarında Mısır'da Ulusal Araştırma Merkezi'ne bağlı deneme istasyonunda yürütülmüş ve split-split plot deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları, Sakha 93'ün tane verimi ve indeks değerlerinde Giza 168'e göre daha üstün olduğunu; Giza 168'in ise saman ve biyolojik verim yönünden öne çıktığını göstermiştir. Sulama eksikliği, özellikle 20 ve 30 gün olduğunda, verim bileşenlerini önemli düzeyde azaltmıştır. Bununla birlikte, kimyasal kurutucu uygulamaları, tek başına sulama eksikliğine göre daha yüksek N, P, K ve protein içerikleri sağlamış, ayrıca prolin birikimini baskılayarak strese karşı koruyucu

etki göstermiştir. Veriler, kimyasal kurutucuların, kuraklık stresinin etkilerini azaltarak, verim üzerindeki olumsuz etkileri hafifletebildiğini ve bazı özellikler için seleksiyon aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle K_2SO_4 ve $MgCO_3$ spreylерinin Giza 168 çeşidinde karbonhidrat oranını %35'e kadar artırdığı tespit edilmiştir. Sakha 93 çeşidi, bu stres koşullarında daha kısa boy ve başak uzunluğu ile daha verimli bir performans göstermiştir.

Sio-Se Mardeh ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışma, farklı çevresel koşullar altında kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerini belirlemek için çeşitli seleksiyon indekslerinin etkinliğini değerlendirmiştir. On bir ekmeklik buğday çeşidi, 2001-2003 yılları arasında iki farklı lokasyonda yağmurla beslenen (sulamasız) ve sulanan koşullar altında yetiştirilmiştir. Yağışa dayalı denemeler, yıllar ve lokasyonlar arasındaki değişken yağış miktarı nedeniyle farklı seviyelerde su stresi yaşamıştır. Çalışmada, kuraklık stresi altındaki ve sulanan koşullardaki dane verimine dayalı olarak dokuz seleksiyon indeksi hesaplanmıştır. Bu indeksler arasında stres duyarlılık indeksi (SSI), stres tolerans indeksi (STI) ve tolerans (TOL) bulunmaktadır. Sonuçlar, orta düzeyde stres altında, ortalama verimlilik (MP), geometrik ortalama verimliliği (GMP) ve STI'nin hem stresli hem de sulanan koşullarda yüksek verimli çeşitleri belirlemede etkili olduğunu göstermiştir. Ancak, şiddetli stres altında, kullanılan indekslerin hiçbirisi yüksek verimli çeşitleri etkili bir şekilde belirleyememiştir, ancak regresyon katsayısı (b) ve SSI'nin dayanıklı çeşitleri ayırt etmede bir miktar yararlı olduğu bulunmuştur. Çalışma, dayanıklı çeşitleri belirlemede seleksiyon indekslerinin etkinliğinin, stresin şiddetine bağlı olarak değiştiği sonucuna varmıştır. Yazarlar, buğday ıslahçılarının bir seleksiyon indeksi seçerken stresin şiddetini dikkate almaları gerektiğini önermektedir.

Golabadi ve arkadaşları (2006), Oste-Gata (tolerant) ve Massara-1 (hassas) makarnalık buğday genotiplerinden elde edilen 151 adet F_3 ve F_4 segregе hattın kuraklığa dayanıklılığını değerlendirmiştir. Araştırma iki yıl boyunca hem nem stresli (E1) hem de normal sulamalı (E2) koşullarda yürütülmüştür. Verim performansının yanı sıra, beş farklı kuraklık indeksi (STI, SSI, TOL, MP, GMP) kullanılarak dayanıklılık analizi yapılmıştır. Sonuçlar, MP, GMP ve STI indekslerinin yüksek verimli ve kuraklığa

dayanıklı genotipleri belirlemede en etkili ölçütler olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, TOL ve SSI indekslerinin yüksek olması, stres hassasiyetini yansıttığı için istenmeyen durumlardır. Ayrıca, her iki yılda da STI ile kuraklık stresindeki verim arasında yüksek düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur ($R^2 = 0.88$). Kümeleme ve biplot analizleriyle hem stres hem de normal koşullarda üstün performans gösteren hatlar belirlenmiştir.

Kutlu (2010), kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki etkilerini fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal düzeyde ele almıştır. Kuraklığın; fotosentezde azalma, ozmotik düzenleme, stoma hareketleri, protein metabolizmasındaki bozukluklar, hormonal denge değişimleri ve nitrat indirgenme aktivitesinin azalması gibi çok yönlü sonuçları olduğu ifade edilmiştir. Bu etkilerin sonucunda bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği, özellikle yaprak, kök ve başak gelişiminde azalma gözlemlendiği belirtilmiştir. Tahıllarda kuraklık stresine tolerans için erkencilik, kök derinliği ve osmotik düzenleme gibi adaptasyon stratejileri önemli görülmektedir. Çalışmada, kuraklığın gelişim dönemlerine göre etkilerinin değiştiği; çiçeklenme ve başaklanma döneminde yaşanan kuraklığın verimi daha fazla etkilediği vurgulanmıştır. Ayrıca, erken gelişme dönemlerindeki kuraklık, verim üzerindeki etkisi bakımından geç dönemlere göre daha yıkıcı olabilmektedir.

Gönülal (2013), dane mısırda farklı fenolojik dönemlerde uygulanan kısıtlı su rejimlerinin verim ve verim öğeleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Konya Karapınar'da yürütülen bu saha araştırmasında, Sakarya hibrit mısır çeşidi kullanılmış ve dört ana fenolojik dönemde (%100, %70 ve %40 buharlaşma değerleri baz alınarak) üç farklı sulama seviyesi uygulanmıştır. Araştırma, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak planlanmıştır. Sulama suyu uygulamaları, vejetatif dönem, tepe püskülü dönemi, tozlaşma dönemi ve süt olum dönemi boyunca gözlenmiş, her sulama kısıntısının bitki performansına etkileri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, en yüksek dane verimi %100 sulama uygulamasında (1318,8 kg/da), en düşük verim ise %40 sulama uygulamasında (898,6 kg/da) elde edilmiştir. Ayrıca sulama suyu kullanım randımanı 1.84–2.17 kg/m³, su kullanım randımanı ise 1.45–1.81 kg/m³ arasında değişmiştir.

Su stresi, özellikle tozlaşma ve süt olum dönemlerinde uygulandığında verim üzerinde daha olumsuz etki göstermiştir. Saha koşullarında mısırın sulama aralığı olarak 7 gün ve %80–%100 A sınıfı buharlaşma değerlerine göre yapılan sulama uygulamalarının ideal olduğu vurgulanmıştır.

Jack Christopher ve arkadaşları (2015), kuraklık stresi altında verim ve verim stabilitesini artırmak amacıyla hızlı ıslah (speed breeding) ile hızlı fenotiplemenin (rapid phenotyping) birleştirilmesini önermiştir. Araştırma, Avustralya'nın su kısıtlı buğday üretim bölgelerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, “stay-green” özelliği (yaprakların yeşil kalma süresi) ve kök mimarisi gibi kuraklık toleransı ile ilişkili özellikler üzerinde durulmuştur. Yenilikçi laboratuvar teknikleri ile kök özellikleri toprakta yetiştirilen fidelerde hızlıca ölçülmüş, ayrıca tarla koşullarında yüzlerce genotipin “stay-green” durumu objektif olarak değerlendirilebilmiştir. Nested Association Mapping (NAM) yaklaşımıyla geliştirilen F5 nesil üzerindeki 1000'den fazla hat, moleküler işaretleyicilerle genotiplenmiş ve bu verilerle QTL analizleri yapılmıştır. Hızlı ıslah yöntemleriyle yılda 7 generasyon elde edilmiş, böylece genetik kazanç hızlandırılmıştır.

Alahmad ve arkadaşları (2018), makarnalık buğdayda (*Triticum durum* Desf.) birden fazla kantitatif özelliğin aynı anda değerlendirilerek hızlı ıslah (speed breeding) yöntemiyle seleksiyon yapılmasının etkinliğini araştırmıştır. Araştırmanın temel amacı, geleneksel ıslahın uzun süren döngülerini kısaltmak ve verim, kuraklık adaptasyonu, hastalık direnci gibi çoklu özelliklerin tek seferde geliştirilebilmesini sağlamaktır. Çalışmada, Outrob4 (ICARDA hattı) ve Caparoi (Avustralya çeşidi) arasında yapılan melezlemeden elde edilen 1000 bireyden oluşan F₂ popülasyonu kullanılmıştır. Bu bireyler, seminal kök açısı (RA), kök sayısı (RN), kök çürüklüğüne (CR) ve yaprak pasına (LR) karşı direnç, ve bitki boyu (PH) gibi özelliklere göre fenotiplendirilmiştir. Bu özellikler, kuraklık stresi ve hastalıkların sık görüldüğü bölgeler için özellikle önemlidir. Her birey için hesaplanan ağırlıklı seleksiyon indeksi (SI) ile en iyi 100 birey seçilmiş ve bu bireylerin F₃ nesilleri tekrar test edilmiştir. Sonuçlara göre, RA, RN, CR ve LR özelliklerinde ‘seçilen’ bireyler ile ‘seçilmeyen’ bireyler arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu da, speed breeding ortamında

çoklu fenotiplemenin erken nesillerde etkin seçim imkânı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bitki boyunda anlamlı fark gözlemlenmemiştir, bu da çevresel etkenlerin bu özelliği etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Ghosh ve arkadaşları (2018), çeşitli bitki türlerinde hızlı ıslah (speed breeding) uygulamalarının büyüme odaları ve LED destekli sera koşullarında nasıl gerçekleştirilebileceğini detaylı bir şekilde açıklamıştır. Çalışmanın amacı, hızlı ıslah için standartlaştırılmış, tekrarlanabilir ve düşük maliyetli bir protokol sunarak, özellikle model bitkiler ve tarla bitkileri üzerinde generasyon süresini önemli ölçüde kısaltmak ve verimli bir ıslah altyapısı oluşturmak olmuştur. Araştırmada, fotoperiyotun 22 saat ışık – 2 saat karanlık şeklinde ayarlanmasının ve uygun sıcaklık rejimlerinin (22 °C/17 °C) uygulanmasının bitki gelişimini önemli ölçüde hızlandığı ortaya konmuştur. Ayrıca, farklı yoğunluklardaki ekim sistemleriyle tek tohum soy (SSD – single seed descent) uygulamaları başarıyla denenmiştir. Bu sistem, buğday, arpa, yulaf, nohut, bezelye, quinoa ve Brassica türleri de dâhil olmak üzere birçok bitki türü için test edilmiştir. Denemelerde hem cam sera (JIC – John Innes Centre, İngiltere) hem de UQ (Queensland Üniversitesi, Avustralya) koşullarında yüksek ışık şiddetine sahip LED destekli ortamlarda başarılı generasyon döngüleri elde edilmiştir. Makale, ayrıca düşük maliyetli bir masaüstü büyütme kabini inşasına yönelik adım adım yönergeler de sunarak, araştırmacıların küçük ölçekli deneyler yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede, geniş çaplı cam sera kurulumları olmadan da hızlandırılmış ıslah çalışmaları yürütülebilmektedir.

Watson ve arkadaşları (2018), buğdayda hızlı ıslah (speed breeding) sisteminin uygulanabilirliğini, üretim süresi üzerindeki etkilerini ve bu sistemin bitki gelişimi, verim ile ıslah döngüsüne olan katkılarını detaylı olarak ele almıştır. Çalışmanın temel amacı, uzatılmış fotoperiyotlar ve kontrollü çevre koşulları kullanılarak yıl içinde birden fazla nesil elde etmek ve klasik ıslah süreçlerini hızlandırmaktır. Araştırmada, ilk olarak buğday bitkisinin günlük 22 saat ışık ve 2 saat karanlık döngüsüne maruz bırakılmasıyla gelişim süresi önemli ölçüde kısaltılmıştır. Spring wheat (*Triticum aestivum* L.) türünde, geleneksel tarla koşullarında yılda yalnızca bir jenerasyon üretilirken, hızlı ıslah ortamında 4-6 jenerasyon elde edilebilmiştir. Ayrıca, çalışmada LED destekli aydınlatma sistemleri ile donatılmış sera ve büyüme odaları

kullanılmış; tohumdan çiçeklenmeye kadar geçen sürenin ciddi şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Makale ayrıca, hızlandırılmış ıslah uygulamalarının genetik kazanç oranlarını artırabileceğini, özellikle kuraklık, tuzluluk ve ısı stresi gibi çevresel streslere toleranslı çeşitlerin geliştirilmesinde etkili bir araç olabileceğini vurgulamaktadır. Watson ve arkadaşları, bu tekniğin, yeni genotiplerin kısa sürede geliştirilmesi, yüksek verimli ve stres toleranslı bireylerin daha erken seçilmesi ve bu bireylerin pazara hızlı sunulması açısından büyük avantajlar sunduğunu ifade etmiştir.

Watson ve arkadaşları (2018), buğday, arpa, kanola ve nohut gibi önemli tarım ürünlerinde hızlı ıslah (speed breeding) sisteminin etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştırmıştır. Çalışmada, kontrollü çevre koşullarında 22 saat ışık ve 2 saat karanlık döngüsü uygulanarak bitki gelişiminin büyük ölçüde hızlandığı ve yıl içinde 4-6 nesil elde edilebildiği belirtilmiştir. Geleneksel sera koşullarında yılda yalnızca 2-3 nesil üretilirken, bu yöntemle sürecin yaklaşık yarıya indiği gösterilmiştir. Araştırmada özellikle tek tohum inişi (SSD) gibi yöntemlerle homozigot hatların hızlı şekilde üretimi vurgulanmakta, LED aydınlatma sistemlerinin maliyet-etkinliği ve büyüme odalarında sağlanan koşullarda tohum çimlenme oranlarının değişmediği ya da iyileştiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, hızlı ıslah ortamında yürütülen hastalık fenotipleme çalışmaları ve genetik transformasyon süreçlerinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle Fusarium başak çürüklüğü gibi hastalıklarla ilgili direnç fenotipleri de hızlandırılmış sistemde güvenle test edilebilmiştir.

Singh ve arkadaşları (2021), mısır başta olmak üzere diğer bitkilerde hızlı ıslah sistemlerinin mevcut durumunu ve gelecekteki potansiyelini değerlendirmiştir. Yazarlar, artan nüfus ve iklim değişikliğinin gıda güvenliğini tehdit ettiğini ve mevcut klasik ıslah yöntemlerinin bu hızla talepleri karşılamada yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, hızlandırılmış nesil geçişini (rapid generation advancement) sağlayan hızlı ıslah (SB) sistemlerinin özellikle buğday, arpa, nohut, kanola gibi türlerde başarıyla uygulandığını ancak mısırdaki henüz yaygın bir protokol geliştirilmediğini vurgulamışlardır. Çalışma, ışık süresi uzatımı, LED destekli fotoperiyot yönetimi, erken hasat, embriyo kültürü gibi yöntemlerin SB sistemlerinde nasıl uygulandığını ve bunun farklı bitki türlerinde yıllık jenerasyon sayısını 4-6'ya çıkardığını göstermektedir. Ayrıca bu sistemlerin fenotipleme, genetik analiz,

melezleme, stres testi ve mutasyon çalışmaları için uygun ortamlar sunduğu ifade edilmiştir.

Yayla ve arkadaşları (2021), hasat öncesi başakta imlenmeye (HPBC) toleranslı beyaz taneli buğday genotiplerini, hızlı ışlah ve markör destekli geriye melezleme yöntemiyle geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu amaçla tolerans kaynağı olarak Rio Blanco eşidi, adaptasyon kabiliyeti yüksek çeşitlerle melezlenmiştir (Adana-99, Nevzatbey, Tosunbey x Tahirova-2000). Bitkiler, hızlı ışlah ortamında 21 saat ışık, 3 saat karanlık fotoperiyot ve 25/18 C sıcaklıkta yetiştirilmiştir. Geriye melezleme ve hızlı ışlahın birleştirilmesiyle GM₁F₂ populyasyonları elde edilmiştir. PCR analizleri sonucunda, hedef geni (HPBC toleransı) homozigot taşıyan bireyler tespit edilmiştir. Böylece moleküler markörlerle doğrulan, beyaz taneli ve HPBC toleranslı bireyler kısa sürede geliştirilmiştir.

Pandey ve arkadaşları (2022), klasik ışlah yöntemlerinin hızlı ışlah (speed breeding) ve genetik destekli ışlah (genomics-assisted breeding) yaklaşımlarıyla entegre edilmesiyle, tarla bitkilerinin verim, stres toleransı ve adaptasyon yeteneğinin artırılabilceğini ileri surmektedir. Bu entegre yaklaşımın temel amacı, artan küresel nüfus ve iklim değişikliği gibi çevresel baskılar altında yüksek verimli, dayanıklı ve sürdürülebilir çeşitlerin kısa sürede geliştirilmesini sağlamaktır. Makale, klasik ışlahın uzun süre alması, düşük seleksiyon hassasiyeti ve evre etkilerinden kolay etkilenme gibi sınırlılıklarını tartışmakta; bunları aşmak adına speed breeding'in yılda 4–6 generasyon üretme kapasitesine sahip olduğu ve genetik kazancı ciddi biçimde hızlandırdığı vurgulanmaktadır. Aynı zamanda, genom destekli ışlah sayesinde QTL haritalama, marker-assisted selection, gen düzenleme (CRISPR), GWAS ve genomik seleksiyon gibi araçlarla fenotipleme-veri analizi süreci daha güçlü hale getirilmektedir. Makalede bu iki yaklaşımın kombine edilmesiyle mısır, buğday, pirinç ve nohut gibi stratejik öneme sahip türlerde elde edilen başarı örnekleri sunulmuş; özellikle kuraklık, tuzluluk, yüksek sıcaklık ve hastalık direnci gibi kompleks stres faktörlerine karşı tolerans geliştirme çalışmalarına hız kazandırdığı ifade edilmiştir.

zkan ve Bayhan (2022), tarla bitkilerinde hızlı ışlah yönteminin uygulanabilirliğini ve teknik detaylarını ele almıştır. Hızlı ışlah; fotoperiyot süresinin uzatılması, erken

hasat ve dormansi kırılması gibi temel tekniklere dayalı olarak bitkilerin generasyon süresini ciddi biçimde azaltmakta ve yılda 4 ila 6 generasyon elde etmeye olanak tanımaktadır. Yöntem, tam kontrollü bitki kabinlerinde ve yarı kontrollü seralarda başarıyla uygulanabilmekte; özellikle buğday, arpa, nohut, mercimek ve bezelye gibi türlerde ıslah programlarını hızlandırmaktadır. Hızlı ıslah tekniği sayesinde klasik ıslahla 8-10 yıl süren çeşit geliştirme süreci önemli ölçüde kısaltılmaktadır. Çalışmada ayrıca seleksiyon kriterleri ve hızlı ıslahın, marker destekli seleksiyonla entegrasyon potansiyeli üzerinde durulmuştur.

Krishna Kumar Rai (2022), klasik ıslah yöntemlerinin sınırlamalarını aşmak amacıyla yapay zekâ (AI) destekli hızlı ıslah uygulamalarının bitki gelişimi ve verim üzerine etkilerini kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Çalışmada, iklim değişikliği nedeniyle artan stres faktörlerine karşı dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde yeni nesil ıslah teknolojilerinin önemine değinilmektedir. Yapay zekâ ile çok boyutlu omik verilerin (genomik, transkriptomik, fenomik vb.) entegrasyonu sağlanarak, QTL haritalama, marker-assisted selection (MAS), gen düzenleme (CRISPR-Cas9) ve genetik analiz süreçleri hızlandırılmıştır. AI sayesinde büyük veri kümeleri yorumlanabilir hale gelmiş, bu da hızlı ıslah protokollerinin daha etkin kullanılmasına imkân tanımıştır. Ayrıca çalışmada, birçok tarımsal türde 4–6 generasyonun yılda tamamlandığı başarılı uygulamalara örnekler verilmiştir.

Remzi Özkan ve arkadaşları (2022), makarnalık buğday (*Triticum durum* L.) genotiplerinin hızlı ıslah koşullarına tepkilerini incelemiş ve generasyon süresinin kısaltılabilirliğini değerlendirmiştir. Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yapılan deneyde, Svevo, Sena, Burgos ve TBT16-9 genotipleri 22 saat ışık, 2 saat karanlık fotoperiyot altında yetiştirilmiştir. Çiçeklenmeden 20 gün sonra yapılan erken hasat sonrası tohumlarda +4 °C'de dormansi kırıcı uygulama yapılmış ve çimlenme oranında %10,01'lik bir artış sağlanmıştır. Bitki boyu ve başak özelliklerinin verim kriterleri ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiş ve bu özelliklerin hızlı ıslah koşullarında seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır. En erken çiçeklenen genotip Svevo olurken, uzun ışıklanma süresiyle generasyon süresinin ciddi şekilde kısaldığı görülmüştür.

Aydın ve arkadaşları (2022), hızlı ıslah (speed breeding) koşullarında ideal hasat zamanını belirlemeyi hedeflemiştir. Bitki gelişim süresini kısaltmak amacıyla fotoperiyotun uzatılması, sıcaklık ve ışık kontrolü, nem seviyesi ayarı ve özellikle erken tohum hasadı gibi faktörlerin etkileri ele alınmıştır. Araştırma, Ghosh ve ark. (2018), Hickey ve ark. (2019) gibi literatürdeki öncü çalışmalar ışığında yürütülmüştür. Çalışmada, çiçeklenme sonrası 14. günde yapılan erken hasadın, buğday tohumlarında yüksek çimlenme oranı sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, tohumların dormansisini kırmak için düşük sıcaklıkta bekletme (+4 °C) ve giberellik asit (GA₃) uygulaması gibi işlemlerin çimlenme sürecine olumlu katkı sağladığı vurgulanmıştır. Özellikle Svevo çeşidi üzerinde yapılan uygulamalarda erken hasat ile birlikte, klasik ıslah yöntemlerinde bir yılda alınan tek generasyonun aksine yılda 4–6 generasyona ulaşılabildiği gözlemlenmiştir. Erken hasat edilen tohumların çimlenme kapasitesi, gelişim potansiyeli ve verim parametreleri, tam olgunlaşmış tohumlara oldukça yakın çıkmış ve bu durum hızlı ıslah sisteminin verimli çalışabileceğini göstermiştir. Böylece, bu çalışma yalnızca hasat zamanlamasının değil; aynı zamanda genetik kazancın hızlandırılması açısından da önemli bir uygulama modeli sunmuştur.

Kara ve arkadaşları (2022), mısır bitkisinde farklı sulama düzeylerinin (tam, orta ve kısıtlı sulama) bitki su tüketimi, verim ve su kullanım etkinliği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Deneme, Isparta koşullarında yürütülmüş ve üç farklı sulama periyodu (100%, 75%, 50%) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, su kısıtlaması uygulanan parsellerde tane veriminde azalma gözlenmiş ancak su kullanım etkinliği artmıştır. Çalışmada ayrıca evapotranspirasyon verileri, bitki gelişim dönemlerine göre ayrılarak analiz edilmiştir. Kısıtlı sulama uygulanan parsellerde su tüketimi %40'a kadar düşerken, su kullanım etkinliği bazı durumlarda %20'ye kadar artış göstermiştir. Bu da sınırlı su kaynaklarının daha rasyonel kullanımını gündeme getirmiştir.

Bayhan ve arkadaşları (2022), hızlı ıslah (speed breeding) sisteminin optimizasyonu amacıyla farklı bitki yetiştirme tekniklerinin buğdayın gelişim süresi ve bazı agronomik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yürütülen bu çalışmada, ekmeklik (Yitpi) ve makarnalık (Svevo) buğday çeşitleri, ışık ve sıcaklık koşulları kontrollü bir serada 22 saat ışık ve 2 saat karanlık döngüsüne maruz bırakılarak yetiştirilmiştir. Araştırmada yüksek girdili

uygulamalarda tam sulama ve optimum gübreleme yapılırken, düşük girdili uygulamalarda gübre miktarı yarıya indirilmiş ve su kısıtlaması uygulanmıştır. Bulgular, düşük girdili koşullarda bitki boyu, fertil kardeş sayısı, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı gibi verimle ilişkili özelliklerin belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. Buna karşın, düşük girdili koşullarda elde edilen tohumların çimlenme oranının daha yüksek olması dikkat çekicidir. Her iki buğday türünde de, bitki boyu ile başakta tane sayısı arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Bu durum, hızlı ıslah ortamında bu özelliklerin seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, uzun ışıktanma süresi bitkinin vejetatif gelişimini kısaltarak yılda daha fazla generasyon elde edilmesine olanak sağlamış; düşük girdili koşullar ise stres dayanımı yüksek genotiplerin belirlenmesinde etkili olmuştur.

Demir ve arkadaşları (2022), hızlı ıslah teknolojisi kullanarak ekmeklik buğdayda glütenin alt ünitesi kompozisyonu ile 1BL.1RS çavdar translokasyonu taşıyan genotipleri kalite ve verim açısından değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışma kapsamında, Atay-85 ve Tosunbey çeşitleri kullanılarak yapılan melezlemelerden elde edilen F2 populasyonları hızlı ıslah koşullarında 50–70 gün aralığında ilerletilmiş ve F5:6 generasyonunda toplam 287 rekombinant kendilenmiş hat (RILs) oluşturulmuştur. Araştırmada hatlar moleküler düzeyde Glu-B3, Glu-A3, Glu-D3 ve 1BL.1RS bölgeleri için analiz edilmiş ve protein kalitesi ile ilişkili alel varyasyonları saptanmıştır. Glu-B3b alleli taşıyan hatlar yüksek kaliteli glüten yapısıyla öne çıkarken, 1BL.1RS translokasyonu taşıyan hatlarda protein kalitesinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Hızlı ıslah sayesinde klasik yöntemlerle yaklaşık 5 yıl sürecek bir süreç 1 yıl içinde tamamlanarak, kalite bakımından üstün ve genetik olarak sabit hatların kısa sürede elde edilebileceği gösterilmiştir.

Bayhan ve arkadaşları (2022), hızlı ıslah sisteminin (speed breeding) optimizasyonu kapsamında farklı bitki yetiştirme tekniklerinin buğday gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait kontrollü serada, ekmeklik buğday (Yitpi) ve makarnalık buğday (Svevo) çeşitleriyle yürütülmüştür. 22 saat ışık, 2 saat karanlık fotoperiyot altında yürütülen deneyde, iki farklı yetiştirme sistemi uygulanmıştır: yüksek girdili (tam sulama + tam gübreleme) ve düşük girdili (kademeli su kısıtlaması + %50 gübre

indirimi). Sonuçlara göre, düşük girdili koşullarda fertil kardeş sayısı, başakta tane sayısı, tane ağırlığı ve bitki boyunda ciddi düşüşler gözlenmiştir. Buna rağmen, düşük girdili ortamdaki elde edilen tohumların çimlenme oranı yüksek girdiliye kıyasla daha iyi bulunmuştur. Her iki buğday türünde de bitki boyu ile başakta tane sayısı arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Bu da, hızlı ıslah koşullarında bitki boyu gibi erken gözlenebilen özelliklerin seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışma ayrıca, düşük girdili koşulların stres simülasyonu sağladığına ve dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde etkili olduğuna dikkat çekmektedir. Uzatılmış fotoperiyotun (22 saat ışık) generasyon süresini kısalttığı ve yılda 5-6 döngü elde edilebileceği vurgulanmıştır.

Özkan ve arkadaşları (2022), dört farklı makarnalık buğday genotipinin (Svevo, Sena, Burgos ve TBT16-9) uzun fotoperiyot koşullarında hızlı ıslah sistemine verdiği morfolojik tepkileri değerlendirmiştir. Çalışma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde kontrollü sera koşullarında yürütülmüş; bitkiler 22 saat ışık, 2 saat karanlık fotoperiyot döngüsüne tabi tutulmuştur. Çiçeklenmeden 20 gün sonra hasat edilen tohumlar +4 °C'de bekletilerek dormansi kırma işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar, dormansi kırma işleminin çimlenme oranını yaklaşık %10 artırdığını göstermiştir. Özellikle Svevo genotipi, fotoperiyot uygulamasına en olumlu tepkiyi vermiştir. Erkencilik ve bitki boyu gibi özelliklerin verim kriterleriyle pozitif korelasyon göstermesi, bu özelliklerin hızlı ıslah sisteminde seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Bu yöntemle genetik saflaşma daha kısa sürede sağlanabilmekte, aynı zamanda stres toleransı açısından avantaj sağlayan hatlar erken aşamada ayırt edilebilmektedir.

Bayhan ve Özkan (2023), hızlı ıslah (speed breeding) koşullarında kullanılan farklı LED ışık kaynaklarının arpa bitkilerinin boy gelişimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait kontrollü büyütme kabinlerinde gerçekleştirilmiştir. Keçiburcu arpa çeşidi bitki materyali olarak kullanılmış ve yedi farklı LED ışık kaynağı (farklı renk ve şiddette) test edilmiştir. Bitkiler 22 saat ışık, 2 saat karanlık fotoperiyot altında dört dönemde (çıkıştan 10 gün sonra, kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma) gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, bitki boyundaki en büyük artış çıkış sonrası dönem ile

sapa kalkma arasında gerçekleşmiş, bu artış daha sonra yavaşlamıştır. Özellikle LED-3 ve LED-7 kaynakları bitki boyu artışında en etkili ışıklar olmuştur. Işık kaynaklarının sadece aydınlatma değil, aynı zamanda bitkilerin morfolojik gelişim süreçlerini doğrudan etkileyen bir çevresel faktör olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca sirkadiyen ritim, fotosentez ve biyokütle üretimi gibi süreçlerin optimize edilmesi için ışık kalitesi ve süresi üzerinde hassas kontrol gerektiği belirtilmiştir.

Chaudhary ve Sandhu (2024), hızlı ıslah (speed breeding) yöntemlerinin gelişimini, prensiplerini, uygulama alanlarını ve çeşitli tarım bitkilerindeki başarı örneklerini kapsamlı şekilde ele almıştır. Hızlı ıslahın yılda 4–6 generasyon elde etme potansiyeline sahip olduğu, fotoperiyot, sıcaklık, CO₂ desteği ve LED ışık teknolojileri ile bitki gelişiminin hızlandırılabildeği belirtilmiştir. Bu yöntem buğday, arpa, pirinç, soya, nohut ve domates gibi pek çok türde başarılı şekilde uygulanmıştır. Ayrıca bu teknik, genom düzenleme (CRISPR/Cas9), fenotipleme, marker destekli seleksiyon ve çiftleşme sonrası erken generasyon seçimleriyle birleştirilerek genetik kazanç hızını artırmaktadır. Çalışmada, hızlandırılmış generasyonlar sayesinde bitkilerde homozigotluğa ulaşma süresi önemli ölçüde azaltılmakta; stres toleransı, hastalık direnci, verim ve kalite gibi özelliklerin hızlı ıslah programlarıyla iyileştirilebildeği vurgulanmaktadır.

Batista ve arkadaşları (2024), ilkbahar buğdayında hızlı ıslah (speed breeding) stratejisi kullanarak genetik kazanımı hızlandırmayı hedeflemiştir. Üç farklı popölasyondan elde edilen 1575 F₂ başak üzerinden üç hızlı ıslah döngüsü uygulanmış ve tek tohum inşası (single seed descent) yöntemiyle F₅:6 nesline kadar ilerlenmiştir. Kontrollü sera koşullarında fotoperiyot (22 saat ışık, 2 saat karanlık), sıcaklık (27/17 °C) ve nem (70%) manipüle edilerek gelişim süresi 110 günden 54 güne indirilmiştir. Her bir döngüde belirli kayıplar yaşansa da 711 genotip elde edilerek arazi denemelerine geçilmiştir. Denemelerde tane verimi, protein oranı, bitki boyu, başaklanma süresi ve bakteriyel yaprak çizgisi hastalığına karşı direnç gibi parametreler incelenmiştir. Elde edilen genotipler, ebeveynlerinden daha üstün performans göstermiştir.

Chhabra ve arkadaşları (2024), buğdayda Fusarium başak yanıklığı (Fusarium Head Blight, FHB) hastalığına karşı dirençli çeşitlerin geliştirilmesi sürecini hızlandırmak amacıyla, hızlı ıslah (speed breeding) koşullarında FHB şiddeti ve deoksinivalenol (DON) birikimini değerlendirmiştir. Altı farklı genotip (yüksek dirençli, orta dirençli, orta duyarlı ve yüksek duyarlı çeşitler) hem normal hem de hızlandırılmış fotoperiyot ve sıcaklık altında yetiştirilerek değerlendirilmiştir. Hızlı ıslah koşullarında, 21 gün yerine 14. günde FHB şiddeti ve DON düzeyleri net bir şekilde belirlenebilmiş, böylece fenotipleme süresi kısaltılmıştır. Hızlı ıslah altında duyarlı çeşitlerde daha yüksek FHB şiddeti ve DON birikimi gözlemlenirken, dirençli çeşitlerin direnç seviyeleri değişmemiştir. Genotipler, genetik direnç düzeylerine göre aynı şekilde tepki verdiği için, hızlı ıslah koşullarının hastalık direnci taramasında güvenilir olduğu ortaya konmuştur.

Özkan ve arkadaşları (2024), buğday ve arpa gibi serin iklim tahıllarının hızlı ıslah (speed breeding) koşullarına verdikleri morfolojik ve fizyolojik tepkileri detaylı bir şekilde incelemiştir. Bu kapsamlı çalışmada, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesindeki kontrollü seralarda sekiz makarnalık buğday, on ekmeklik buğday ve beş arpa genotipi üzerinde denemeler yürütülmüştür. Hızlı ıslah koşulları, bitkilerin 22 saat ışık ve 2 saat karanlık döngüsüne maruz bırakılmasıyla sağlanmıştır. Araştırmada başlıca incelenen agronomik özellikler arasında çiçeklenme süresi (anthesis time), bitki boyu, başak sayısı, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, tane verimi, biyokütle ve klorofil içerikleri yer almaktadır. Hızlı ıslah koşullarında bitkiler çiçeklenmeye normal gün ışığına maruz kalanlara göre %45-50 daha erken ulaşmış; makarnalık buğdayda ortalama 51 gün, ekmeklik buğdayda 52.8 gün ve arpada 53.6 gün içinde çiçeklenme gerçekleşmiştir. Bu durum, yılda yaklaşık 4.3 ile 5.3 generasyon elde edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca hızlı ıslah koşullarında bitki başına başak sayısı artmasına rağmen, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı gibi bazı verim bileşenlerinde düşüşler gözlemlenmiştir. Bu da yüksek kardeşlenmenin verimi olumsuz etkileyebileceğini düşündürmektedir. Bitki yoğunluğu ve gübreleme zamanlamasının verim üzerindeki etkisi de belirgin olarak vurgulanmıştır. Çalışmada özellikle ekmeklik buğday için çiçeklenme süresi, başakta tane sayısı, başak uzunluğu, başakta çiçek sayısı ve biyokütle gibi özelliklerin seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Araştırma ayrıca hızlandırılmış ıslah sürecinde kullanılan çevresel parametrelerin

(sıcaklık, ışık, fotoperiyot) optimize edilmesiyle elde edilen verimlilik ve hız arasındaki dengenin önemine dikkat çekmektedir.

Bayhan ve arkadaşları (2024), hızlı ıslah ortamlarında ideal tohum hasat zamanını belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmada TBT16-9 makarnalık buğday hattı kullanılarak, çiçeklenme sonrası farklı günlerde (Ç+7, Ç+10, Ç+13, ... Ç+34) tohumlar hasat edilmiş ve çimlenme oranları değerlendirilmiştir. Bitkiler, 22 saat ışık, 2 saat karanlık fotoperiyot altında 17/22 °C sıcaklıkta yetiştirilmiştir. Erken hasat edilen tohumlara dormansi kırıcı işlem uygulanmadan çimlenme testi yapılmıştır. Sonuçlar, çiçeklenmeden 20 gün sonra yapılan hasadın en yüksek çimlenme oranını (%61.07) verdiğini ortaya koymuştur. Bu da hızlı ıslah sistemlerinde bir yılda 5 generasyonun mümkün olduğunu göstermektedir. Morfolojik özellikler (bitki boyu, başakta tane sayısı vb.) ile hasat zamanları arasında doğrudan ilişki kurulmamıştır, ancak erken tohum hasadı ile generasyon süresi büyük ölçüde kısaltılmıştır.

Cha ve arkadaşları (2024), buğdayda *Glu-B1i* geninin aktarımı amacıyla hızlı ıslah (speed breeding), fenotipik seleksiyon (PS) ve markör destekli geri melezleme (MABC) yöntemlerinin sinerjik olarak nasıl kullanılabileceğini ortaya koymuştur. "Synergized Breeding Strategy (SBS)" adı verilen bu modelle, geleneksel ıslah süresine kıyasla %53 zaman tasarrufu sağlanarak 3.5 yıl gibi kısa sürede *Glu-B1i* içeren yeni bir rekombinant hat (Milyang56) geliştirilmiştir. Çalışma, 22 saat ışık, 2 saat karanlık döngüsüyle yürütülen SB sistemine modifiye edilmiş hızlandırılmış vernalizasyon (mSB + SV) uygulayarak generasyon ilerletmiş, hedef genin aktarımı için moleküler belirteçlerle seçim yapmış ve sonunda tarla koşullarında verim ve kalite analizlerini gerçekleştirmiştir.

Wang ve arkadaşları (2025), pamuk bitkisinde hızlı ıslah teknolojisiyle yılda beş generasyon elde etmeyi mümkün kılan bir sistem geliştirmiştir. Çalışmada, optimizasyonu yapılmış ışık spektrumları ve olgunlaşmamış embriyo kültürü kullanılarak, bitkilerin çiçeklenme süreleri önemli ölçüde azaltılmış ve generasyon süresi ortalama 79.5 güne indirilmiştir. Araştırmada, farklı pamuk genotiplerinde erken çiçeklenmeyi sağlayan GhFT ve GhSOC1 genlerinin ekspresyon düzeyleri artırılmış; gelişim sürecinin hızlanmasında bu genetik düzenlemelerin etkili olduğu

gösterilmiştir. Ayrıca, iaaM geninin aktarımı ve marker destekli seleksiyon sayesinde yeni pamuk çeşitlerinin hızlı bir şekilde elde edilmesi mümkün olmuştur. Bu sistem, hem zaman hem de kaynak tasarrufu sağlaması açısından klasik ıslaha göre önemli avantajlar sunmaktadır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde bulunan serada yarı kontrollü koşullarda Ekim 2023–Şubat 2024 tarihleri arasında yürütülmüştür.

3.1.1 Denemede kullanılan materyal

Araştırmada bitki materyali olarak Çizelge 1’de kısa özellikleri sunulan buğday genotipleri kullanılmıştır. Bu genotipler Chil’s, Inqualab 91 ve 84ÇZT04 ekmeklik buğday genotipleri ve bunların 2 adet “Inqualab 91 x Chil’s,” ve “84ÇZT04 x Inqualab 91” melezlerinin F₄ kademesindeki açılma kuşaklarından oluşmaktadır. Chili’s genotipi uzun süre yeşil kalma özelliğine sahiptir, 84CZT04 iri taneli ve stabilitesi yüksektir. Inqualab 91 kurağa tolerans özelliklerine sahiptir. Her bir genotip ve her tekerrür için 30 x 18 cm ebatlarında ve 18 cm derinliğinde 40 adet saksı kullanılmıştır. Topraklar doldurulmadan önce tüm saksılarda ağırlık bakımından homojenliği sağlamak için toprak 1 cm’den daha küçük parçalar halinde olacak şekilde elekten geçirilmiştir. Her saksı 4 kg tarla toprağı ile doldurulmuştur (Resim 3.1).



Resim 3.1 Her genotipe ait saksılarda sulama ölçümlerinin sağlıklı yapılabilmesi amacıyla 4 kg tarla toprağı ile doldurulan saksıların ağırlık kontrolü gerçekleştirilmiştir. Topraklar, homojen bir yapı elde edebilmek için 1 cm’den küçük parçalara ayrılarak elenmiş ve eşit dağılım sağlanmıştır.

Araştırmada gübre kaynağı olarak her saksıda 4 kg kuru toprak ağırlığı için 10 g 16-6-31+2 MgO + 2 SO₃ + TE gübresi uygulanmıştır. Kullanılan toprak yoğunluğunun 1.35 ton/m³ olması nedeniyle 30 cm etkin toprak derinliğinde 405 ton/da toprak olduğu kabul edilmiştir. Kök etkin derinliği 90 cm kabul edildiğinde her saksıya 2.5 g gübre uygulaması hesap edilmiştir. Hızlı yetiştirme koşullarında gübre ihtiyacının fazla ve hızlı alınabilir olması nedeniyle 4 fazla N hesabı yapılarak her saksıya toplam 10 g gübre uygulanmıştır. Toplam azot saksı başına saf olarak 1.6g uygulanmıştır. Gübre uygulamasına çıkıştan 1 hafta sonra başlanmış ve 7 gün arayla 3'e bölünerek verilmiştir. Gübreler su ile seyreltilerek her saksıya 50 ml olarak uygulanmıştır (Resim 3.2).



Resim 3.2 Denemede kullanılan gübre çözeltisinin saksılara 50 ml enjektör yardımıyla uygulanması. Her saksıya 10 g 16-6-31+2 MgO+2 SO₃+TE gübresi 3'e bölünerek ve 7 gün arayla verilmiştir

Çizelge 3.1 Araştırmada Kullanılan Genotiplere ait Bilgiler

No	Çeşit Adı veya pedigrisi	Orijini	Biyolojisi
1	84 ÇZT 04 (1976 EBMN 1852 x Y ₅₀ Ekal ³ x Cut.75)	ÇÜZF	Yazlık
2	CHIL"S"	CIMMYT	Yazlık
3	İnqilab 91	Pakistan	Yazlık

3.1.2 Deneme yerinin toprak özellikleri

Denemede kullanılan tarla toprağı killi ve hafif alkali olup organik maddemiktarı düşük düzeydedir. Toprak analizine ait diğer bilgiler Çizelge 3.2’te verilmiştir.

Çizelge 3.2 Araştırmada Bitki Yetiştirilen Toprağı ait Analiz Değerleri

Bünye Sınıfı	Toplam tuz (%)	pH	CaCO ₃ (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	Organik Madde (%)	Su ile Doygunluk (%)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
Killi	0.032	7.8	8.12	4.06	0.86	66.2	36.7	18.8

3.1.3 Hızlı İslah Işıklandırma Koşulları



Resim 3.3 Hızlı ıslah koşullarında yetiştirilen buğday genotiplerinde kurak ve normal uygulamalara ait saksı sıraları. Deneme, yapay ışıklarla desteklenen uzun fotoperiyot altında yürütülmüştür (Resim 3.3).

Araştırmanın yürütüldüğü serada bitkiler yapay ışıklarla desteklenen doğal güneş radyasyonu almıştır. Bitkiler 22 saat ışık 2 saat karanlık koşullardan oluşan hızlı ıslah (speed breeding) ortamında uzun fotoperiyoda maruz bırakılmıştır. Denemede kullanılan LED lambalar periyodik olarak, gece saat 02.00'da yanıp, gece saat 00.00'da sönen bir otomasyon sistemi ile kontrol edilmiştir (Bayhan ve Özkan, 2023) Çalışmada kırmızı, sarı ve mavi renkleri barındıran ve $276.15 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ışık yayan şerit ledler kullanılmıştır. Sabit bitki yetiştirme masası üzerine ayarlanabilir hareketli ışık sistemi kurulmuş ve bitki ile ışık kaynağı arasındaki mesafe yaklaşık 20 cm olarak ayarlanmıştır (Resim 3.4).



Resim 3.4 LED ışıklar altında erken fide döneminde gelişim gösteren buğday bitkileri. Bitki ile ışık kaynağı arasındaki mesafe yaklaşık 20 cm olarak ayarlanmıştır



Resim 3.5 Hızlı ıslah için kullanılan LED ışık sistemi. Tüm deney düzeneği sabit metal tezgâh üzerinde yer almakta olup, sistem otomasyonla gece-gündüz döngüsüne göre yönetilmektedir

3.2 Metot

Her genotipe ait 16 tohum 26 Ekim 2023 tarihinde saksıya ekilmiştir. Deneme, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre, sulama ana faktör ve genotipler alt faktör olacak şekilde 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur (Resim 6). Sulama iyi sulu (İS) ve su stresli (SS) koşullar olmak üzere 2 uygulamadan oluşmaktadır. İyi sulu koşullarda genotiplerin kuraklık stresine girmelerini önlemek için su ihtiyacı olduğunda tarla kapasitesine gelecek şekilde sulanmıştır. Kuraklık uygulamasında su ile doyurulmuş saksılara ekim yapılmıştır. Bitki gelişimi boyunca su stresi kuraklık seviyesi tarla kapasitesinin %55 olacak şekilde ayarlanmıştır. Toprakta su seviyesi tarla kapasitesinin %55'in altına indiğinde %55'e gelecek şekilde sulama yapılmıştır. Toprakta kuru ağırlık ve suyla doyurulmuş ağırlık üzerinden yapılan tartımlarda toprağın %31.5 oranında su tutma yeteneği olduğu belirlenmiştir. Bu hesap üzerinden topraktaki %55 su miktarı 682 ml olarak belirlenmiştir. Kuraklık stresi uygulamasında saksı ağırlığı 3318 g olacak şekilde tartılmıştır. Saksılar, her gün sabah (08:00-09:00) düzenli olarak tartılarak günlük transpirasyon belirlenmiştir.

Kurak ve tam sulu koşullarda bitkilerin transpirasyonla kaybettiği su ölçü mezürü kullanarak verilmiştir. Hızlı ıslah koşullarının yetiştirme şartlarını sağlamak için bitkiler çiçeklenme tarihinden 20 gün sonra taneler tam olgunlaşmadan hasat edilmiştir (Bayhan ve ark., 2024). Hasat işlemine 20 şubat 2024 tarihinde başlanmıştır. Hasat edilen bitkiler 48 saat 38 OC’de fırında kurumaları sağlandıktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır.



Resim 3.6 Serada her bir genotipe ait 16 tohumun ekildiği saksılar görölmektedir. Bitkiler, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre yerleştirilmiş olup, etiketlerle düzenli bir şekilde işaretlenmiştir. Bu görsel, denemenin erken çimlenme dönemine ve saksı yerleşimine ait durumu göstermektedir



Resim 3.7 Kurak ve tam sulu koşullarda yürütülen sulama denemesine ait saksılar gece saatlerinde görüntülenmiştir. Yapay LED ışıklandırma altında sürdürülen deneyde, bitkilerin gelişimi takip edilmekte ve her bir uygulama “Normal” ve “Kurak” etiketleriyle açıkça ayrılmıştır

3.2.1 Denemede incelenen bitkisel özellikler ve inceleme yöntemleri

1. Başaklanma Gün Sayısı (gün): ıkış tarihi ile saksıdaki bitkilerin % 70’inde başağın bayrak yaprak kınından $\frac{1}{2}$ oranında çıktığı tarih arasındaki gün sayısı olarak belirlenmiştir.
2. Bitki Boyu (cm) Hasat öncesinde bitkide kök boğazından itibaren kılçık hariç başağın en üst başakçık ucuna kadar olan kısım ölçülerek cm olarak belirlenmiştir (Resim 3.8).



Resim 3.8 Bitki boyu ölçümünün hasat öncesinde yapılma aşaması. Bitki boyu, kılçık hariç başağın en üst ucuna kadar olan mesafe ölçülerek belirlenmiştir

3. Başak Uzunluğu (cm): Başağın üst sapa bağlandığı yer ile başağın en üst ucu arasındaki mesafenin ölçülmesi ile bulunmuştur.

4. Başakta Tane Sayısı (adet): Başaklar harman edildikten sonra, elde edilen tane sayısı başak sayısına bölünerek bulunmuştur (Resim 3.9).



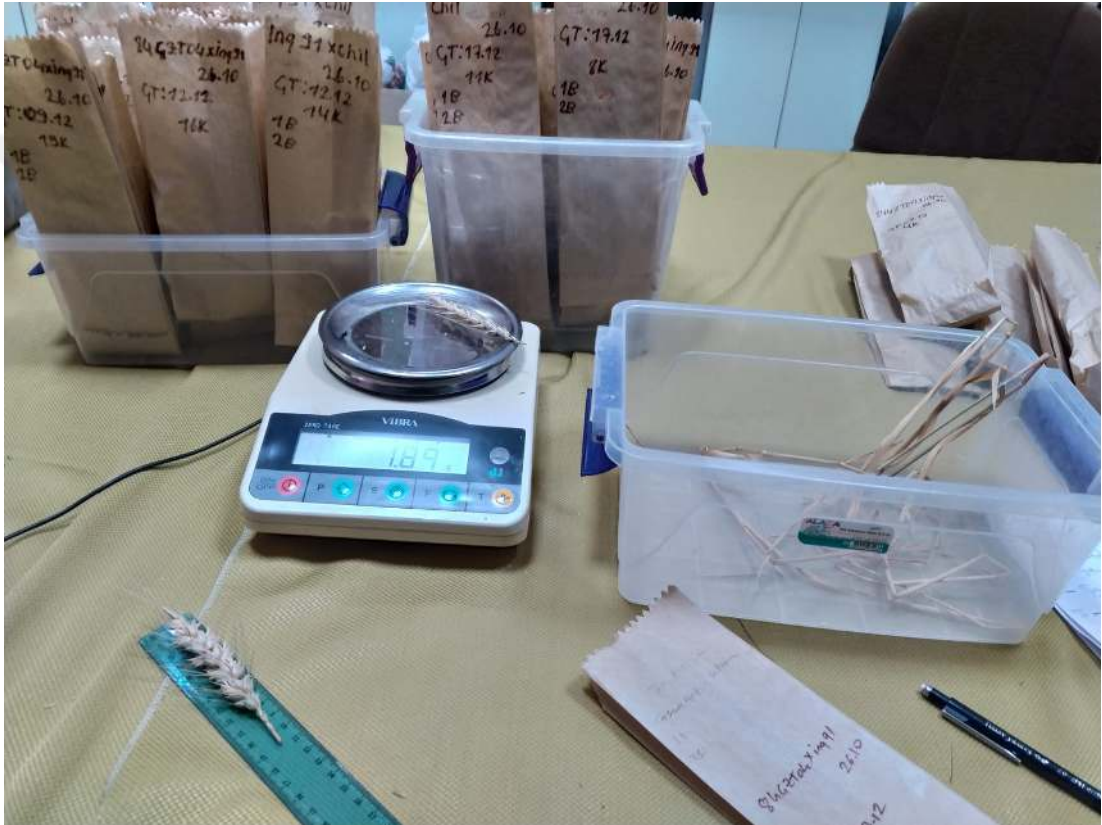
Resim 3.9 Hasat sonrası başakların harmanlanması ve başaklardan tane ayıklama işleminin elle yapılması. Elde edilen tohumlar analiz için paketlenmiştir

5. Başakta dane verimi (g/bitki) : Bitkiler başak harman makinesinden geçirildikten sonra elde edilen tane ürünü tartılmış ve başak sayısına bölünerek elde edilmiştir (Resim 3.10-3.11).



Resim 3.10 Hasat sonrası dane verimlerinin tartımı ve kayıt altına alınması. Ölçümler sırasında her genotipe ait örnekler özel olarak paketlenmiş ve numaralandırılmıştır

6. Bin Tane Ağırlığı (g) : Her genotip ürününden 100 tane sayılıp 10 ile çarpılarak bulunmuştur.
7. Başak sayısı (adet): bitkideki başak sayısı olarak belirlenmiştir.
8. Başak Ağırlığı (g/bitki): Bitkideki başakların kesilip tartılmasıyla belirlenmiştir.
9. Sap ağırlığı(g/bitki): Bitkide başaklar alındıktan sonra geri kalan toprak üstü kısmın kesilip tartılmasıyla belirlenmiştir.
10. Tane verimi (g/bitki): Bitkideki başakların harmanlanmasıyla belirlenmiştir.



Resim 3.11 Hasat sonrası dane verimlerinin tartımı ve kayıt altına alınması. Ölçümler sırasında her genotipe ait örnekler özel olarak paketlenmiş ve numaralandırılmıştır

11. Klorofil içeriği: SPAD-502 Chlorophyll Meter cihazıyla (Minolta, Osaka, Japan) yapılan ölçümler, saat 10.00-12.00 arasında, bitkilerin başaklanma dönemine denk gelen bir süreçte gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Her saksıdaki tüm bitkilerde bayrak yaprağı seçilmiş, yaprakların orta kısmından yapılan ölçümlerin ayrı ayrı kaydedilmiş ve ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırmada Kullanılan SPAD 502 Chlorophyll-Meter Cihazı

12. Kalite özellikleri: Protein (%), glüten (%) ve yağ içeriği (%) değerleri her saksıdan alınan tohumlar kullanılarak GrainSense NIT taşınabilir cihazı ile ölçülerek belirlenmiştir.

13. Hasat indeksi (Harvest Index - HI), bitkisel üretimde özellikle verim değerlendirmelerinde kullanılan önemli bir ölçüttür. Bitkinin toplam biyokütlesi içindeki ekonomik olarak değerlendirilebilir ürün kısmının (örneğin, tane) oranını gösterir. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

Hasat İndeksi, bir bitkiden elde edilen tane veriminin, bitkinin toplam kuru biyokütlesine oranının 100 ile çarpılmasıyla elde edilen yüzde değerdir.

Bu oran, bir bitkinin fotosentezle ürettiği toplam kuru maddenin ne kadarının tanelere (yani doğrudan hasat edilen ürüne) aktarıldığını gösterir. Yüksek hasat indeksi, bitkinin daha fazla fotosentez ürününü taneye yönlendirdiğini ve dolayısıyla üretim verimliliğinin yüksek olduğunu gösterir. Özellikle kuraklık stresi altında, bazı genotiplerin daha yüksek hasat indeksine sahip olması, bu stres koşullarında verimli kalabildiklerini gösterir ve bu nedenle seleksiyon (seçim) çalışmalarında önemli bir parametre olarak değerlendirilir.

3.2.2 İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler, Bölünmüş Parseller Deneme Deseninde, JMP Pro (13.0) programı ile varyans analizleri yapılarak değerlendirilmiş ve ortalamalar arasındaki istatistikî farklar AÖF (Asgari Önemli Fark) testiyle incelenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Başaklanma süresi

Ekmeklik buğday melez ve anaç popülasyonlarının hızlı ıslah sisteminde kuraklık stresine toleranslarını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları, başaklanma süresi üzerinde farklı etkilerin olduğunu göstermiştir. Analizde, tekerrür için elde edilen F değeri, bu faktörün istatistiksel olarak önemsiz olduğunu ortaya koymuştur. Sulama (S) faktörü ise oldukça anlamlı bir etki göstermiş olup, $P \leq 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, bu da sulama koşullarının başaklanma süresinde belirleyici bir faktör olduğunu ifade eder. Genotipler (G) faktörü $P \leq 0,05$ düzeyinde anlamlılık göstermiş, genotip farklılıklarının başaklanma süresine etkili olduğunu ortaya koymuştur. Sulama ve genotiplerin ($S \times G$) interaksiyonu ise anlamlı bulunmamış, çevresel faktörlerin genotipik varyasyon ile bir arada etkisinin düşük olduğunu göstermiştir. Analizin hata varyansı 6,05 olarak belirlenmiş, bu da sonuçların genel doğruluğunu ve güvenilirliğini desteklemektedir. Ayrıca, değişim katsayısı (DK) 4,82 olarak hesaplanmış ve bu düşük değer, verilerin homojenliğini ve analiz sonuçlarının tutarlılığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.1. Başaklanma Süresi için Varyans Analizine ait Özet Değerler

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	29,7	5,95	0,98	öd
Sulama (S)	1	54,5	54,45	9,00	**
Genotipler (G)	4	67,0	16,75	2,77	*
Sulama $\times$ Genotip ($S \times G$)	4	1,4	0,36	0,06	öd
Hata	25	151,27	6,05		
Değişim Katsayısı (DK): 4,82%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Çizelge 4.2’de, ekmeklik buğday çeşit ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda başaklanma süresine ait ortalama değerler sunulmuştur. Çeşitler arasında başaklanma süreleri sulama durumlarına göre farklılık göstermiştir. Tam sulu koşullarda ortalama başaklanma süresi 53,0 gün olarak belirlenirken,

kuraklık stresli koşullarda bu süre 50,5 güne düşmüştür. Bu durum, kuraklık stresinin başaklanma süresini genel olarak kısalttığını göstermektedir.

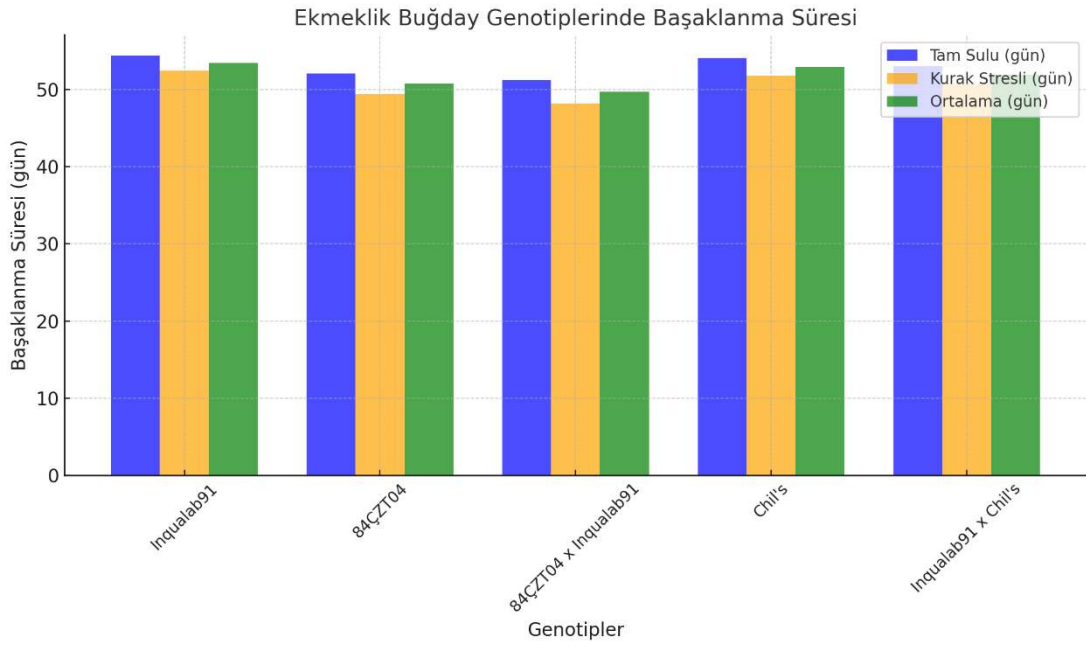
Genotipler bazında incelendiğinde, Inqualab91 tam sulu koşullarda en uzun başaklanma süresine (54,4 gün) sahipken, kuraklık stresli koşullarda başaklanma süresi (52,4 gün) ile nispeten kısa olmuştur ancak yine de diğer genotiplere kıyasla yüksek bir değer göstermiştir. 84ÇZT04 x Inqualab91 melez popülasyonu, her iki koşulda da en kısa başaklanma süresini (tam sulu: 51,2 gün, kuraklık: 48,2 gün) göstermiştir. Bu genotip, kuraklık stresine daha hızlı tepki veren bir profil sergilemiştir.

Elde edilen sonuçlar, harf grupları tam sulu koşullarda genotiplerin başaklanma süreleri arasında anlamlı farklar olduğunu, kuraklık stresli koşullarda ise bu farkların bir miktar azaldığını ortaya koymaktadır. Ortalama değerlere göre, kuraklık stresine karşı toleransın belirlenmesinde Inqualab91 ve Chil's genotipleri öne çıkarken, melez popülasyonlarda bu toleransın biraz daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2 Başaklanma Süresine ait Ortalama Değerler (Gün)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama	
	Tam Sulu	Kurak Stresli		
Inqualab91	54,4	52,4	53,4	A
84ÇZT04	52,1	49,4	50,8	AB
84ÇZT04 × Inqualab91	51,2	48,2	49,7	B
Chil's	54,1	51,8	52,9	A
Inqualab91 × Chil's	53,0	50,8	51,9	AB
Ortalama	53,0 A	50,5 B		

Başaklanma süresi ortalama değerleri, genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki tepkilerini görsel olarak karşılaştırmak amacıyla Şekil 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1 Başaklanma Süresi Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Batista ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, hızlı ıslah koşullarında buğdayın başaklanma süresi gibi fenolojik özellikleri detaylı biçimde analiz edilmiştir. Sulama ve kuraklık stres koşulları altında yürütülen deneylerde, başaklanma süresi ve yeşil kalma gibi parametrelerin çevresel etkilere verdiği tepkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Çalışmada özellikle kuraklık stresinin başaklanmayı hızlandırdığı ve sulama uygulamalarının başaklanma süresini geciktirici etki gösterdiği vurgulanmıştır.

Bu çalışmada da benzer şekilde, sulama faktörünün başaklanma süresi üzerindeki etkisi $P \leq 0,01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu durum, kuraklık stresinin bitkinin gelişim sürecini hızlandırarak başaklanma süresini kısalttığını ortaya koymaktadır. Ayrıca bu çalışmada genotip farklılıkları da $P \leq 0,05$ düzeyinde anlamlılık göstermiştir. Bu sonuç, farklı genotiplerin fenolojik gelişimlerinde sulamaya karşı farklı tepkiler verdiklerini, dolayısıyla genotip çeşitliliğin bu özelliğin iyileştirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak Batista ve ark. (2024) çalışmasından farklı olarak, bu çalışmada sulama $\times$ genotip interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, bu çalışmada kullanılan genotiplerin kuraklık stresine karşı benzer fenolojik tepkiler gösterdiğini düşündürmektedir.

Yıldırım (2021) çalışmada ise durum buğdayı üzerinde yapılan deneysel analizlerde başaklanma süresi, kuraklık toleransının belirlenmesinde önemli bir parametre olarak tanımlanmıştır. Çalışmada başaklanma süresi üzerinde hem genotipik varyasyonun hem de genotip $\times$ çevre interaksiyonun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve erken başaklanmanın kuraklığa karşı bir adaptasyon stratejisi olarak öne çıktığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada ise genotip farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte, sulama $\times$ genotip interaksiyonu anlamlı çıkmamıştır. Bu da farklı genotiplerin çevresel strese özellikle kuraklığa verdikleri fenolojik tepkilerin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Ayrıca, durum buğdayı yerine ekmeklik buğday materyalinin kullanılması da sonuçlardaki bu farkın nedenlerinden biri olabilir. Fakat her iki çalışmanın ortak noktası, başaklanma süresinin kuraklık stresine karşı bitkinin verdiği önemli bir fizyolojik yanıt olduğu ve bu özelliğin genotip seleksiyonda dikkate alınması gerektiğidir.

Bu kıyaslamalar doğrultusunda bu çalışma, hızlı ıslah koşullarında başaklanma süresinin özellikle sulama yönetimi altında değişkenlik gösterdiğini ve genotiplerin bu değişime karşı farklı duyarlılıklar sergileyebileceğini göstermesi bakımından önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca bu bulgular, başaklanma süresi gibi önemli fenolojik karakterlerin hızlı ıslah sistemlerinde seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

4.2 Bitki boyu

Bu varyans analizi, ekmeklik buğday çeşit ve melez popülasyonlarının bitki boyu üzerinde farklı faktörlerin etkisini değerlendirmektedir. Analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü, bitki boyu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermiş ($P \leq 0,01$), bu da sulama koşullarının bitki boyunu önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Genotipler (G) ve sulama $\times$ genotip (S $\times$ G) interaksiyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş, bu da genotip çeşitliliğinin veya genotip $\times$ çevre interaksiyonlarının bitki boyuna anlamlı bir katkı sağlamadığını göstermektedir.

Tekerrür için elde edilen F değeri de istatistiksel olarak önemsizdir, bu da farklı bloklar arasında bitki boyu açısından bir varyasyon olmadığını ifade eder. Değişim katsayısı

(DK) ise 8,75 olarak bulunmuş, bu da bitki boyu ölçümlerinin homojen bir dağılıma sahip olduğunu işaret etmektedir.

Sonuçlar, incelenen genotiplerde bitki boyu üzerindeki temel belirleyicinin sulama olduğunu, genotiplerin veya genotip x çevre interaksiyonlarının ise bu özellikte belirgin bir rol oynamadığını göstermektedir. Bu durum, kuraklık stresine dayanıklılık çalışmalarında sulama yönetiminin öncelikli bir faktör olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.3 Bitki Boyuna ait Varyans Analizine İlişkin Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	78,20	15,60	0,51	öd
Sulama (S)	1	429,87	429,90	14,23	**
Genotipler (G)	4	74,95	18,70	0,62	öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	175,77	43,90	1,45	öd
Hata	25	755,18	30,20		
Değişim Katsayısı (DK): 8,75%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik derecesi

Ekmeklik buğday çeşit ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda bitki boyu üzerindeki performansını göstermektedir. Tam sulu koşullarda, ortalama bitki boyu 66,4 cm olarak ölçülmüşken, kuraklık stresli koşullarda bu değer 59,6 cm'ye düşmüştür. Bu sonuç, kuraklık stresinin bitki boyunu belirgin bir şekilde azalttığını göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, Inqualab91 tam sulu koşullarda en yüksek bitki boyuna (69,4 cm) sahip olmuştur. Ancak kuraklık stresli koşullarda bitki boyu azalmış ve 62,1 cm olmuştur. 84ÇZT04 x Inqualab91 melez popülasyonu, kuraklık stresli koşullarda en düşük bitki boyunu (56,8 cm) göstermiştir. Chil's genotipi ise hem tam sulu hem de kuraklık stresli koşullarda bitki boyu düşüşünde belirgin bir azalma sergileyerek (66,2 cm'den 55,4 cm'ye) kuraklığa duyarlılığını ortaya koymuştur.

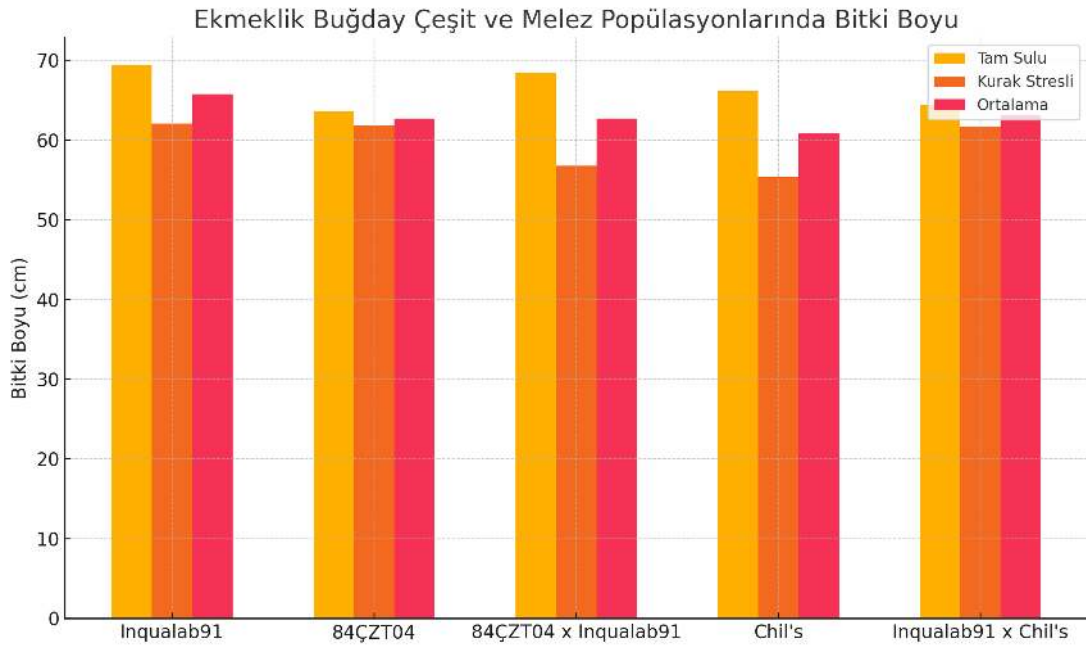
Özellikle 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Chil's genotipleri, kuraklık koşullarında diğer genotiplere bitki boyu yönünden daha fazla olumsuz etkilenmiştir. .

Sonuç olarak, sulama koşullarının bitki boyu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, genotiplerin kuraklık stresine verdikleri tepkinin benzer olduğu görülmektedir. Inqualab91 genotipinin kuraklık koşullarında nispeten daha az etkilenmesi, kuraklık toleransı açısından umut verici bir genotip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4 Bitki Boyuna ait Ortalama Değerler (cm)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	69,4	62,1	65,8
84ÇZT04	63,6	61,8	62,7
84ÇZT04 × Inqualab91	68,5	56,8	62,7
Chil's	66,2	55,4	60,8
Inqualab91 × Chil's	64,4	61,7	63,1
Ortalama	66,4 A	59,6 B	

Genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki bitki boyu ortalamalarını görsel olarak karşılaştırmak amacıyla Şekil 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.2 Bitki Boyu Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Özkan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada, farklı buğday türlerinin speed breeding (hızlı ıslah) ve normal koşullar altındaki gelişim performansları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada özellikle *Triticum aestivum* (ekmeklik buğday) ve *Triticum durum* (makarnalık buğday) genotiplerinin bitki boyu ölçümleri dikkat çekmiştir. Speed breeding koşullarında bazı genotiplerin bitki boylarında anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Özellikle Empire çeşidi ekmeklik buğdayda en uzun bitki boyu ölçülmüştür. Ancak, sulama koşullarına doğrudan bir vurgu yapılmamakta, bunun yerine ışık ve sıcaklık rejimleri gibi çevresel faktörler ele alınmaktadır.

Alahmad ve ark. (2018) ise F_2 ve F_3 popülasyonları üzerinden gerçekleştirdikleri çalışmada bitki boyu özelliklerinin genotipik varyasyon ve çevresel koşullarla nasıl değiştiğini analiz etmişlerdir. F_2 bireylerinde bitki boyu 24–94 cm arasında değişmiş, bu da popülasyonda güçlü bir transgresif segregasyon olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, çevresel stresler ve genotip yapının interaksiyonu ile bazı bireylerin hem ebeveynlerinden uzun hem de kısa olduğu görülmüştür. Bu durum, genotip çeşitliliğinin bitki boyu gibi nicel özelliklerde geniş bir varyasyon sağladığını göstermektedir.

Bu çalışmada ise ekmeklik buğday genotiplerinin bitki boyuna dair varyans analizinde sulamanın önemli bir etkisi olduğu ($P \leq 0.01$) ortaya konulmuştur. Ancak genotip farklılıkları ve sulama x genotip interaksiyonu anlamlı bulunmamıştır. Bu, bitki boyundaki değişimlerin büyük ölçüde çevresel (özellikle sulama) koşullara bağlı olduğunu, genotipik varyasyonun ise bu özellik üzerinde sınırlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

Her iki literatür çalışması da çevresel faktörlerin (speed breeding, ışık ve sıcaklık, stres koşulları) bitki boyu üzerinde etkili olduğunu vurgularken, bu çalışmada bu çevresel etki açıkça sulama olarak ortaya konmuştur. Ayrıca, Alahmad ve ark.'nın çalışmasında genotipik varyasyonun etkisi çok daha belirgin bir biçimde ortaya konulmuşken, bu çalışmada genotiplerin etkisinin önemsiz bulunması, belki de kullanılan genotiplerin benzerliğinden veya daha düşük genotipik varyasyon içermesinden kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle, ilerleyen çalışmalarda genotip çeşitliliği artıracak şekilde daha

farklı genotiplerin dâhil edilmesi, bitki boyu gibi önemli morfolojik özelliklerin genotip kontrolünü daha net şekilde ortaya koyabilir.

4.3 SPAD (Klorofil içeriği)

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının SPAD değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü SPAD değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ($P \leq 0,01$). SPAD değeri, yaprak klorofil içeriğini dolaylı olarak yansıtan bir ölçüttür. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar sulama koşullarının bitkinin fizyolojik durumu üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Genotipler arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, hızlı ıslah koşullarında genotipik varyasyonun SPAD değerleri üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Ancak sulama ve genotip interaksyonu $P \leq 0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, farklı genotiplerin sulama koşullarına farklı tepkiler verdiğini ve bu farklılığın SPAD değerleri üzerinden izlenebileceğini ortaya koymaktadır.

Tekerrür kaynaklı fark anlamlı bulunmamıştır. Bu düşük hata varyasyonu, ölçümlerin homojen olduğunu ve verilerin güvenilirliğini desteklemektedir. Sonuç olarak, sulama koşulları SPAD değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahipken, genotiplerin tek başına etkisi sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, genotiplerin sulama koşullarına farklı tepkiler vermesi nedeniyle bu interaksiyon dikkate alınmalıdır. Sulama ve genotip interaksiyonundaki anlamlılık, SPAD değerlerinin — dolayısıyla yaprak klorofil içeriğinin — kuraklık toleransı açısından potansiyel bir fizyolojik gösterge olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4.5 SPAD Değerlerine ait Varyans Analizine İlişkin Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	14,49	2,89	1,04	öd
Sulama (S)	1	63,97	63,97	23,07	**
Genotipler (G)	4	9,89	2,47	0,89	öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	36,61	9,15	3,30	*
Hata	25	69,31	2,77		
Değişim Katsayısı (DK): 3,32%					

*: $P \leq 0,05$, **: $P \leq 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

SD: Serbestlik derecesi.

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki SPAD değerlerinin ortalama performansları değerlendirildiğinde, sulama koşullarının bu fizyolojik parametre üzerinde belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Tam sulu koşullarda ortalama SPAD değeri 49,1 olarak ölçülürken, kuraklık stresli koşullarda bu değer 51,8'e yükselmiştir. SPAD değeri, yaprak klorofil içeriğini dolaylı olarak yansıttığı için, bu bulgu sulama uygulamasının klorofil miktarını azalttığını ve bu yolla fotosentetik kapasiteyi etkileyebileceğini göstermektedir.

Genotip düzeyinde incelendiğinde, 84ÇZT04 genotipi tam sulu koşullarda en düşük SPAD değeri olan 47,8'i göstermiş, ancak kuraklık stresli koşullarda bu değer 54'e yükselmiştir. Bu durum, söz konusu genotipin kuraklık stresine karşı güçlü bir tolerans geliştirdiğine işaret etmektedir. Benzer şekilde, Inqualab91 genotipi de kuraklık koşullarında 53 gibi yüksek bir SPAD değeri ile dikkat çekmiştir. Buna karşın, Chil's genotipi her iki yetiştirme koşulunda da benzer SPAD değerleri göstermiştir (tam sulu: 49,1; kuraklık: 50,2). Bu da söz konusu genotipin sulama koşullarına karşı daha stabil bir fizyolojik yanıt verdiğini göstermektedir.

Genotiplerin ortalama SPAD değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiş ve tüm genotiplerin aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Buna karşın sulama ve genotipler arasındaki interaksiyon $P \leq 0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, genotiplerin farklı sulama koşullarına farklı tepkiler verdiğini ve bu tepkilerin SPAD değeri üzerinden izlenebileceğini ortaya koymaktadır. Tekerrür kaynaklı fark anlamlı bulunmamış olup, ölçümlerin güvenilirliğini destekleyen homojen bir dağılım gözlenmiştir.

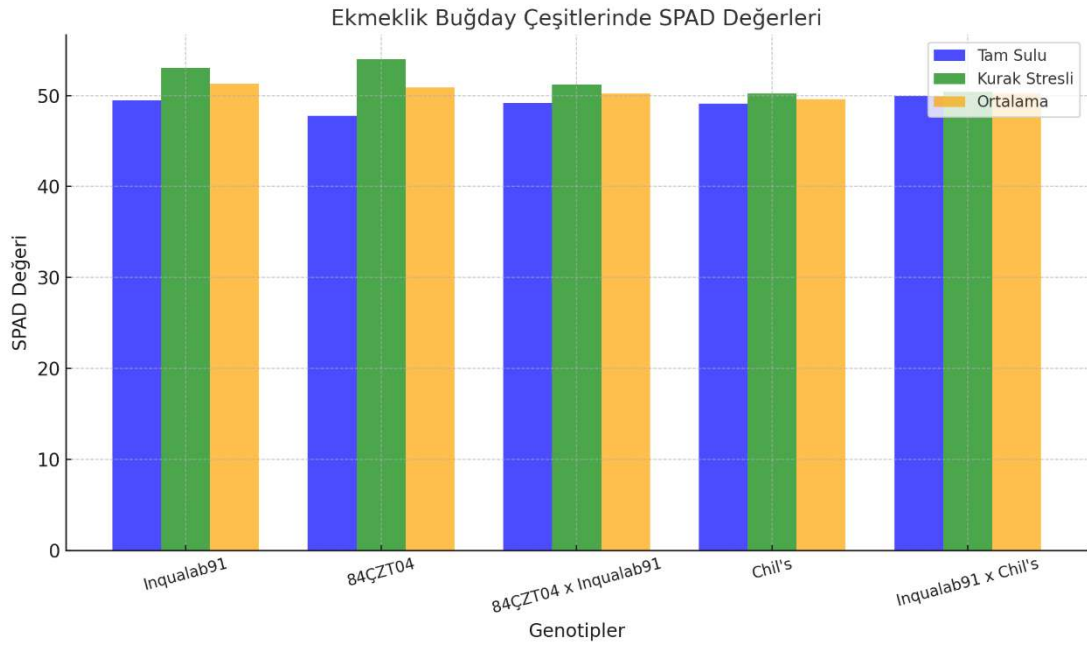
Sonuç olarak, 84ÇZT04 ve Inqualab91 genotipleri kuraklık stresine karşı daha iyi tolerans göstermiştir ve bu durum SPAD ölçümleri ile desteklenmiştir. Bu çalışma, hızlı ıslah programlarında kuraklık stresine dayanıklılığın değerlendirilmesinde SPAD değerlerinin — dolayısıyla yaprak klorofil içeriğinin — etkili bir fizyolojik gösterge olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Genotiplerin sulama koşullarına verdikleri farklı yanıtlar dikkate alındığında, bu parametrenin değerlendirme sürecine

entegre edilmesi, stres koşullarına dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde önemli katkılar sunabilir.

Çizelge 4.6 Klorofil İçeriğine ait Ortalama Değerler

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu		Kurak Stresli		
Inqualab91	49,5	CDE	53,0	AB	51,3
84ÇZT04	47,8	E	54,0	A	50,9
84ÇZT04 × Inqualab91	49,2	DE	51,2	BC	50,2
Chil's	49,1	CDE	50,2	CDE	49,6
Inqualab91 × Chil's	50,0	CDE	50,4	CD	50,2
Ortalama	49,1	A	51,8	B	

Genotiplerin farklı sulama koşullarındaki SPAD ortalamalarını daha açık biçimde ortaya koymak amacıyla Şekil 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4.3 Klorofil İçeriğine Ait Değişimlerinin Grafikte Gösterimi

Benzer şekilde, Grzesiak ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada da SPAD değerlerinin, klorofil floresansı (Fv/Fm), yaprak su potansiyeli ve yaprak zar hasarı gibi fizyolojik parametrelerle birlikte, kuraklığa tolerans düzeyini değerlendirmek için etkin bir gösterge olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, SPAD ve klorofil floresansı gibi ölçümlerle, genotiplerin kuraklık stresine yanıtlarına göre üç gruba ayrılabilirdi ve özellikle vejetatif gelişim aşamasında yapılan SPAD ölçümlerinin genotipik varyasyonları ayırt etmede çok başarılı olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada da özellikle 84ÇZT04 genotipinin kuraklık koşullarında daha yüksek SPAD değeri (54) göstermesi, bu genotipin kuraklık stresine daha toleranslı olduğunu düşündürmektedir. Bu bulgu, Grzesiak ve arkadaşlarının çalışmasıyla paralellik göstermektedir. Öte yandan, genotiplerin tek başına SPAD değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmaması, hızlı ıslah sistemindeki genotipik varyasyonların bu özel parametre üzerindeki etkisinin sınırlı olabileceğini göstermektedir. Ancak interaksiyon etkisinin anlamlı olması, genotiplerin sulama koşullarına verdiği farklı tepkilerin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, SPAD değerlerinin kuraklık stresine dayanıklılığın değerlendirilmesinde önemli bir fizyolojik parametre olduğunu ve özellikle genotip x çevre interaksiyonun izlenmesinde yararlı bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Grzesiak ve ark.'ın çalışmasıyla kıyaslandığında, her iki çalışmada da SPAD ölçümlerinin kuraklık stresine yanıtı değerlendirmede güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu da, hızlı ıslah sistemlerinde SPAD değerinin seçim kriterlerinden biri olarak kullanılabileceğini desteklemektedir.

4.4 Biyolojik verim

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının biyolojik verim değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü biyolojik verim üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$). (Çizelge 4.7). Sulama, biyolojik verimi belirleyen en önemli faktör olarak öne çıkmaktadır.

Genotip faktörü de biyolojik verim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ($P \leq 0,01$), bu da genotip çeşitliliğinin biyolojik verim değerlerini anlamlı şekilde etkilediğini ifade eder. Ayrıca, sulama x genotip (S x G) interaksiyonu $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu durum, genotiplerin sulama koşullarına verdikleri tepkilerin farklı olduğunu ve çevresel faktörlerle genotip özellikler arasındaki interaksiyonun biyolojik verim açısından dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Tekerrür ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Değişim katsayısı (DK) 11,34 olarak belirlenmiştir. DK değerinin bu seviyede olması, ölçümlerin homojenliğinin kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, sulama ve genotipler biyolojik verim üzerinde bağımsız olarak önemli bir etkiye sahipken, sulama x genotip interaksiyonu da biyolojik verim değerlerini şekillendiren önemli bir faktör olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde sulama ve genotip faktörlerin birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.7 Biyolojik Verim için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	57,74	11,55	0,78	öd
Sulama (S)	1	5191,74	5191,74	351,58	**
Genotipler (G)	4	432,75	108,18	7,32	**
Sulama × Genotip (S×G)	4	225,71	56,42	3,82	**
Hata	25	369,16	14,76		
Değişim Katsayısı (DK): 11,34%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda biyolojik verim değerleri karşılaştırılmaktadır. Tam sulu koşullarda, ortalama biyolojik verim 45,1 kg olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer 21,3 kg'a düşmüştür. Bu sonuç, uygulanan kuraklık stresinin biyolojik verimi %50'den daha fazla azalttığını açıkça göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipleri tam sulu koşullarda en yüksek biyolojik verim değerlerini sırasıyla 51,3 ve 50,2 kg ile göstermiştir. Ancak kuraklık stresli koşullarda bu genotiplerin biyolojik verimi belirgin bir şekilde azalmış ve sırasıyla 23 ve 23,4 kg'a düşmüştür. 84ÇZT04 genotipi, tam sulu koşullarda 41,7 kg verim ile diğer genotiplere göre daha düşük bir performans sergilerken, kuraklık stresli koşullarda biyolojik verimi daha da azalarak 18,6 kg olmuştur. Inqualab91 genotipi ise her iki koşulda da diğer genotiplere göre daha düşük

verim değerleri göstermiştir (tam sulu: 34,6 kg, kuraklık: 20,7 kg). F3 kademesinde olmakla birlikte melez popülasyonlarının biyolojik verim değerinin hem sulu hem de kurak koşullarda en yüksek anaç değerinden yüksek bulunması heterosis benzeri genotip etkilerin devam ettiğini göstermektedir.

Ortalama değerlere göre ise Chil's ve 84ZT04 x Inqualab91 genotipleri genel olarak en yüksek biyolojik verimi sağlamış, bu durum bu genotiplerin stabilite değerlerinin yüksek olduğunu göstermektedir.

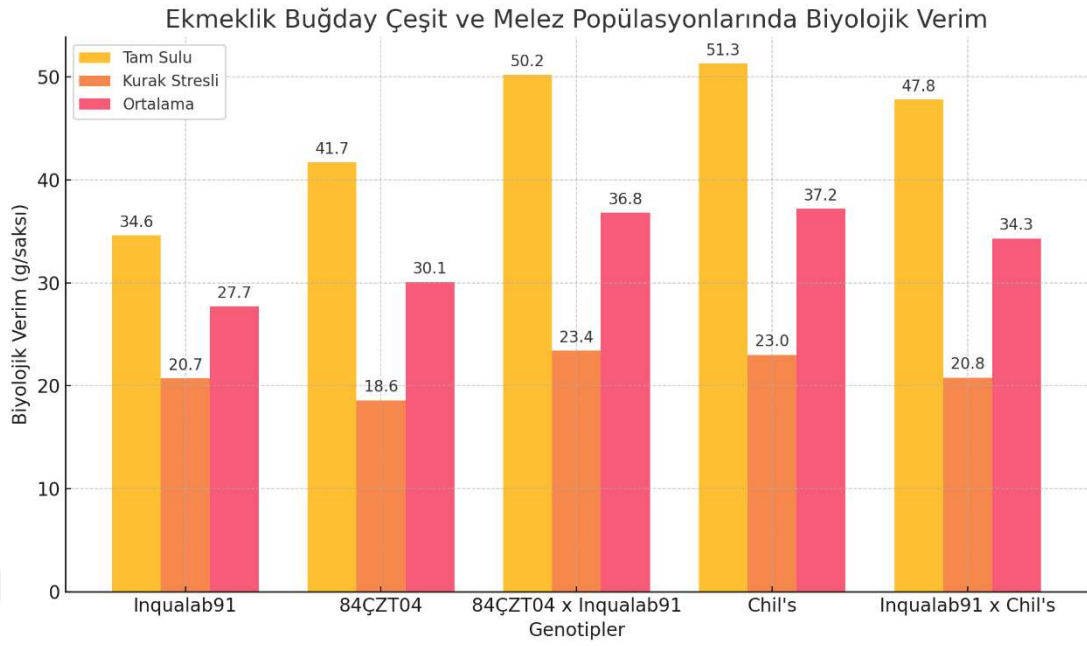
Sonuç olarak, tam sulu koşullarda genotip çeşitlilik biyolojik verim üzerinde belirgin bir fark yaratırken, kuraklık stresli koşullarda genotipler arasındaki farklar daha sınırlı kalmıştır. Bu durum, genotiplerin sulama koşullarına farklı tepkiler verdiğini ve kuraklık toleransı açısından ıslah çalışmalarında genotip ve çevresel faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Chil's ve 84ZT04 x Inqualab91, sulama koşullarına göre yüksek verim potansiyeli ve stabilite gösteren genotipler olarak dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.8 Biyolojik Verime ait Ortalama Değerler (g/saksı)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Yetiştirme Koşulları:		Ortalama	
	Tam Sulu		Kurak Stresli			
Inqualab91	34,6	C	20,7	D	27,7	C
84ZT04	41,7	B	18,6	D	30,1	BC
84ZT04 × Inqualab91	50,2	A	23,4	D	36,8	A
Chil's	51,3	A	23,0	D	37,2	A
Inqualab91 × Chil's	47,8	A	20,8	D	34,3	AB
Ortalama	45,1	A	21,3	B		

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki biyolojik verim ortalamalarını karşılaştırmalı olarak sunmak amacıyla hazırlanan grafik, sulama koşullarına bağlı verim değişimlerini görsel olarak ortaya koymak amacıyla şekil 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.4 Biyolojik Verim Değişimlerinin Grafikte Gösterimi

Bu çalışmada, biyolojik verim üzerine yapılan varyans analizleri sonucunda hem sulama koşulları hem de genotip farklılıkları (genotipler) biyolojik verimi anlamlı düzeyde etkilemiştir ($P \leq 0,01$). Aynı zamanda sulama x genotip etkileşimi de $P \leq 0,01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, genotiplerin sulama koşullarına verdikleri yanıtların farklılaştığını ve bu yanıtların biyolojik verim üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir.

Özellikle Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91 melezleri, tam sulu koşullarda yüksek biyolojik verim göstererek bu ortamlarda üstün performans sergilemiş, kuraklık stresli koşullarda ise verimleri önemli ölçüde azalsa da diğer genotiplere göre görece daha iyi sonuçlar vermiştir. F3 seviyesinde olmalarına rağmen melezlerin bazı anaçlardan daha yüksek verim göstermesi, heterosis etkisinin devam ettiğine işaret etmektedir.

Bu bulgular, literatürdeki bazı önemli çalışmalarla örtüşmektedir. Örneğin, Golabadi ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, segregant populasyonlarda biyolojik verimin hem genotip hem de çevresel stres koşullarına bağlı olarak önemli değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada, stres tolerans indeksleri (STI, GMP gibi) kullanılarak hem stresli hem de normal koşullarda yüksek verim veren genotiplerin tespit edilebildiği ifade edilmiştir. Ayrıca, yüksek verim ve stres toleransını birlikte

sağlayan genotiplerin seçilmesinin, kuraklığa dayanıklı ıslah programları açısından daha etkili olacağı vurgulanmıştır.

Benzer şekilde, “Response of Wheat Cultivars to Chemical Desiccants under Water Stress Conditions” başlıklı çalışmada, kuraklık koşullarında biyolojik verimde belirgin azalmalar olduğu ve bu azalmanın özellikle genotip x sulama interaksyonlarıyla ilişkilendirildiği ifade edilmiştir. Giza 168 gibi genotipler kuraklıkta biyolojik verimi daha iyi korurken, Sakha 93 gibi genotipler bazı stres koşullarında daha düşük verim göstermiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, literatürde rapor edilen sonuçlarla önemli ölçüde paralellik göstermektedir. Özellikle kuraklık koşullarının biyolojik verimi yaklaşık %50 oranında düşürdüğü gözlemlenmiş, bu durum daha önceki çalışmalarla örtüşmüştür. Sulama ile genotip arasındaki interaksyonun anlamlı çıkması, genotiplerin kuraklık altında farklı yanıtlar verebildiğini ortaya koyarak stres koşullarında genotip çeşitliliğin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, melez popülasyonların kuraklık ortamında bile anaçlarla benzer veya daha yüksek verim sergilemesi, ıslah programlarında erken nesillerde seçimin mümkün olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, biyolojik verim gibi karmaşık özelliklerin değerlendirilmesinde yalnızca verim miktarının değil, stres altındaki performans, stabilite ve genotip interaksyonların da dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada ortaya konan veriler, modern literatürle uyum içinde olup, kuraklık stresine tolerans ıslahı stratejilerinin temel bileşenleri olan genotip çeşitlilik ve çevresel faktörlerin birlikte ele alınmasının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

4.5 Başak ağırlığı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının başak ağırlığı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü başak ağırlığı üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Genotip (G) faktörü de başak ağırlığı üzerinde anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$) ve F değeri 5,16 olarak bulunmuştur. Bu, genotip farklılıklarının başak ağırlığına önemli

ölçüde katkıda bulunduğunu ifade eder. Buna karşılık, sulama x genotip (S x G) interaksiyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış, genotiplerin sulama koşullarına benzer tepkiler vermiştir.

Tekerrür için F değeri 2,44 olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu durum, denemenin farklı blokları arasında başak ağırlığı açısından önemli bir varyasyon olmadığını ifade etmektedir.

Sonuç olarak, başak ağırlığı üzerindeki temel belirleyiciler arasında sulama ve genotipler yer almakta, ancak sulama-genotip interaksiyonu başak ağırlığını belirlemede önemli bir rol oynamamaktadır. Bu bulgular, kuraklık stresine toleranslı ve yüksek başak ağırlığı potansiyeline sahip genotiplerin belirlenmesinde genotip ve sulama yönetiminin birlikte değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.9 Başak Ağırlığı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	116,09	23,21	2,44	öd
Sulama (S)	1	2639,06	2639,06	278,25	**
Genotipler (G)	4	195,96	48,99	5,16	**
Sulama × Genotip (S×G)	4	102,37	25,59	2,69	öd
Hata	25	237,11	9,48		
Değişim Katsayısı (DK): 16,02%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama başak ağırlığı değerleri Çizelge 4.10'da karşılaştırılmıştır. Tam sulu koşullarda, ortalama başak ağırlığı 27,6 g olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer belirgin bir şekilde azalarak 10,6 g'a düşmüştür.

Bu sonuç, uygulanan kuraklık stresinin başak ağırlığını %60'dan daha fazla azalttığını göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipleri tam sulu koşullarda en yüksek başak ağırlığına sahip olmuştur (sırasıyla 32,4 g ve 31,3 g). Ancak, kuraklık stresli koşullarda bu genotiplerin başak ağırlığı sırasıyla 11,7 g ile sınırlı kalmıştır. Inqualab91 genotipi, hem tam sulu koşullarda (21 g) hem de kuraklık stresli koşullarda (9,9 g) diğer genotiplere kıyasla daha düşük bir başak ağırlığı sergilemiştir. 84ÇZT04 ve Inqualab91 x Chil's genotipleri de tam sulu koşullarda sırasıyla 25,1 g ve 28,2 g başak ağırlığına ulaşmıştır, ancak kuraklık stresli koşullarda bu değerler sırasıyla 10,1 g ve 9,5 g'a düşmüştür.

Kuraklık stresi genotiplerin başak ağırlığı üzerindeki etkisini benzer şekilde sınırladığını göstermektedir.

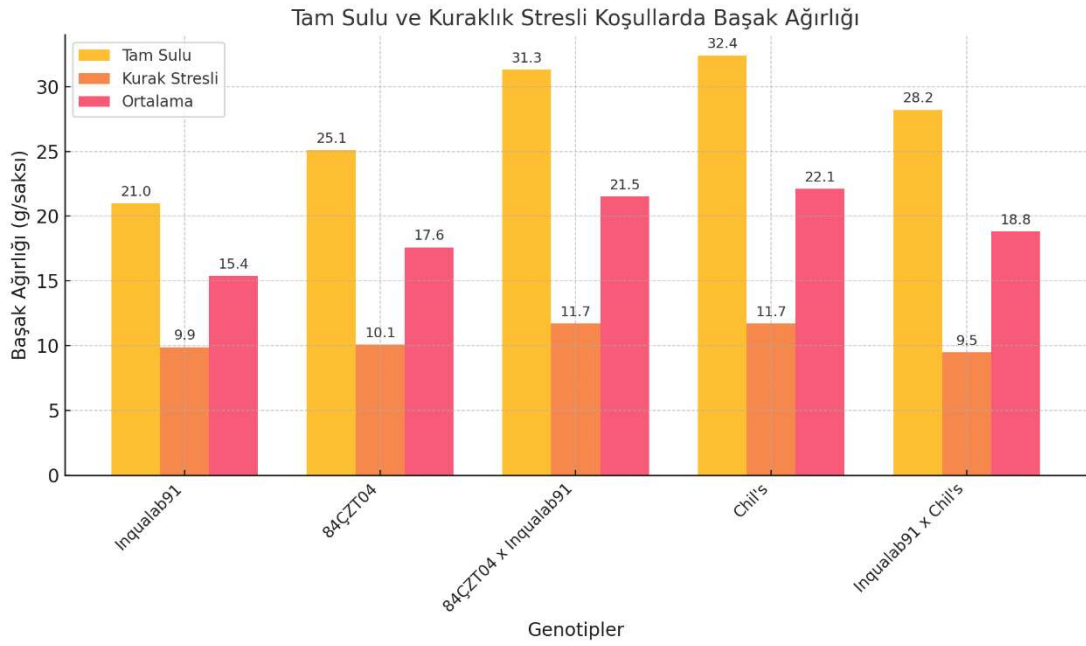
Sonuç olarak, tam sulu koşullarda genotip çeşitlilik başak ağırlığı üzerinde belirgin bir fark yaratırken, kuraklık stresli koşullarda genotipler arasındaki farklılıklar azalmaktadır. Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91, sulama koşullarında yüksek başak ağırlığı potansiyeli ile öne çıkmaktadır.

Çizelge 4.10 Başak Ağırlığına ait Ortalama Değerler (g/saksı)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	21,0	9,9	15,4 B
84ÇZT04	25,1	10,1	17,6 B
84ÇZT04 × Inqualab91	31,3	11,7	21,5 A
Chil's	32,4	11,7	22,1 A
Inqualab91 × Chil's	28,2	9,5	18,8 AB
Ortalama	27,6 A	10,6 B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin farklı sulama koşullarındaki ortalama başak ağırlığı değerlerini karşılaştırmalı olarak sunmak amacıyla hazırlanan grafik, hem sulama uygulamalarının hem de genotip çeşitliliğinin başak verimi üzerindeki etkilerini görsel olarak ortaya koymak amacıyla Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5 Başak Ağırlığı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bayhan ve ark. (2025) çalışmasında, farklı tahıl türlerinin hızlı ıslah koşullarında başak gelişimi ve başak biyokütlesi değerlendirilmiştir. Özellikle ekmeklik buğday genotiplerinin farklı çevresel koşullarda başak ağırlığına verdiği tepkiler vurgulanmış ve başak biyokütlesi bakımından genotipler arası istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, bazı genotiplerin hızlandırılmış çevre koşullarına rağmen başak ağırlığını koruyabildiği, diğerlerinde ise kuraklık stresinin bu parametreyi önemli ölçüde düşürdüğü belirtilmiştir.

Bu çalışmayla kıyaslandığında, bu sonuçlar büyük ölçüde örtüşmektedir. Özellikle bizde de, tam sulu koşullarda Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipleri en yüksek başak ağırlığına ulaşmıştır (sırasıyla 32,4 g ve 31,3 g). Ancak kuraklık stresli koşullarda bu değerlerin yaklaşık üçte birine kadar düştüğü görülmüştür. Bu, Bayhan ve arkadaşlarının da ifade ettiği gibi, bazı genotiplerin başak ağırlığını stres altında dahi koruyabildiğini, bazılarının ise bu stresten ciddi şekilde etkilendiğini göstermektedir.

Özkan ve ark. (2025) ise hızlı ıslah sistemlerinin buğday ve arpa gibi uzun gün bitkilerinde uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Çalışmada özellikle başak ağırlığı gibi verim bileşenlerinin genotip ve çevre interaksiyonlarından yoğun biçimde

etkilendiği vurgulanmıştır. Genotip x ortam interaksyonu bazı durumlarda anlamlı çıkarken, genel olarak stres koşullarının başak ağırlığı gibi parametreleri baskıladığı ifade edilmiştir.

Bu çalışmada da sulama faktörü başak ağırlığı üzerinde çok yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,01$), ancak sulama x genotip interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu, Özkan ve arkadaşlarının belirttiği gibi, bazı durumlarda genotip x çevre interaksyonun önemli fakat her zaman belirleyici olmadığını doğrulamaktadır. Genotiplerimizin sulama altındaki tepkileri benzerlik göstermiş, bu da başak ağırlığındaki azalmaların daha çok çevresel baskıdan kaynaklandığını düşündürmektedir.

Bu çalışmada, hem Bayhan ve ark. hem de Özkan ve ark. tarafından yapılan araştırmalarla büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Her iki çalışmada da, başak ağırlığı verim bileşeni olarak stres koşullarına oldukça duyarlı bulunmuş ve genotiplerin bu streslere verdikleri yanıtların çeşitlilik gösterdiği rapor edilmiştir. Aynı şekilde, bu çalışmada da genotipler arasında başak ağırlığı açısından anlamlı farklar gözlenmiş, fakat bu farkların kuraklık koşullarında daraldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, kuraklık toleransı yüksek genotiplerin başak verimi gibi önemli bir karakter açısından ıslahta öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiği bir kez daha ortaya konulmuştur.

4.6 Sap ağırlığı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının sap ağırlığı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü sap ağırlığı üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Sulama, sap ağırlığı üzerindeki en etkili faktör olarak öne çıkmaktadır. Genotipler sap ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$). Genotip çeşitliliğinin sap ağırlığı değerlerinde önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bununla birlikte, sulama x genotip (S x G) interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı

bulunmamış, bu da genotiplerin sulama koşullarına benzer tepkiler verdiğini göstermektedir.

Tekerrür için F değeri 1,25 olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu, farklı bloklar arasında sap ağırlığı açısından önemli bir fark olmadığını ifade eder.

Sonuç olarak, sap ağırlığı üzerindeki temel belirleyiciler sulama ve genotiplerdir. Sulama uygulaması sap ağırlığını artırmada en etkili faktörken, genotip farklılıkları da bu artışın optimize edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Sulama x genotip interaksiyonunun anlamlı olmaması, genotiplerin farklı sulama koşullarında benzer davranışlar sergilediğini göstermektedir.

Çizelge 4.11 Sap Ağırlığı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	30,36	6,07	1,25	öd
Sulama (S)	1	445,98	445,98	92,19	**
Genotipler (G)	4	96,14	24,03	4,96	**
Sulama × Genotip (S×G)	4	35,78	8,94	1,84	öd
Hata	25	120,94	4,83		
Değişim Katsayısı (DK): 14,74%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama sap ağırlığı değerleri Çizelge 12’de karşılaştırılmıştır.

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda sap ağırlığı değerleri incelendiğinde, sulama koşullarının bu özelliği belirgin şekilde etkilediği görülmektedir. Tam sulu koşullarda ortalama sap ağırlığı 17,5 g olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer belirgin bir şekilde azalarak 10,5 g’a düşmüştür. Genotip bazında değerlendirme yapıldığında, Chil's ve Inqualab91 x Chil's genotipleri tam sulu koşullarda sırasıyla 18,5 g ve 19,5 g sap ağırlığı ile en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bununla birlikte, kuraklık stresli koşullarda sap ağırlıkları sırasıyla 10,7 g ve 11,1 g’a düşmüştür. 84ÇZT04 x Inqualab91, tam sulu

koşullarda en yüksek sap ağırlığına (20,1 g) sahip genotiplerden biri olarak öne çıkarken, kuraklık stresli koşullarda sap ağırlığı 12,2 g olarak ölçülmüş ve kuraklık stresine en dayanıklı genotiplerden biri olmuştur. Buna karşılık, Inqualab91 ve 84ÇZT04, hem tam sulu hem de kuraklık stresli koşullarda diğer genotiplere kıyasla daha düşük sap ağırlığı değerleri sergilemiştir. Özellikle 84ÇZT04, kuraklık stresinde en düşük sap ağırlığına (8 g) sahip olmuştur.

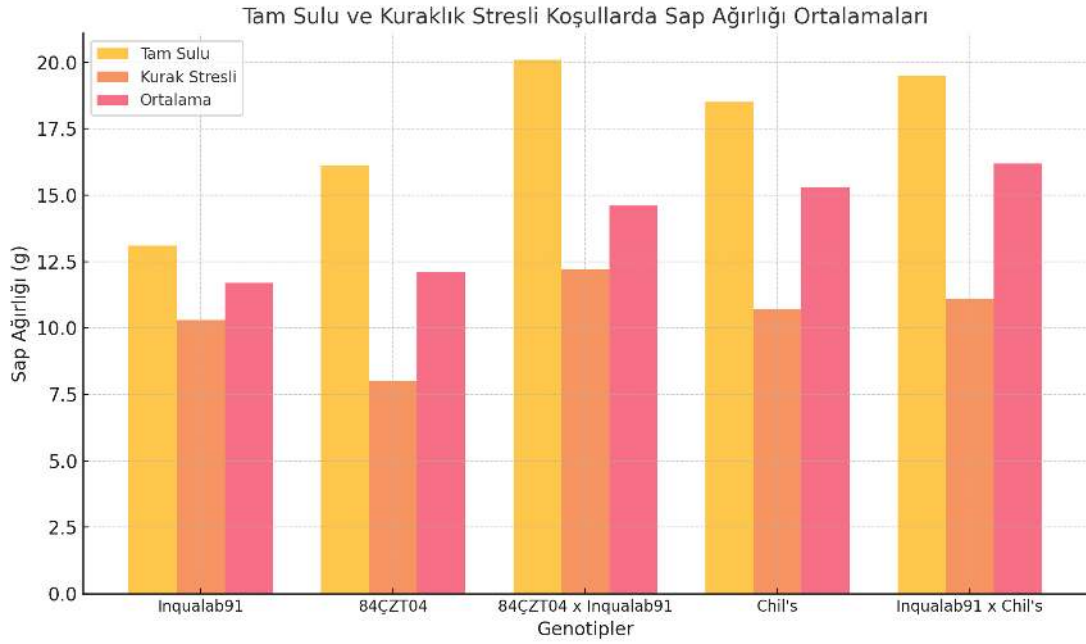
Özellikle 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipi, kuraklık stresine dayanıklılık ve yüksek verim potansiyeli açısından dikkat çekerken, Chil's genotipi tam sulu koşullarda yüksek performans göstermiştir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek sap ağırlığına sahip genotiplerin geliştirilmesinde genotip ve çevresel faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.12 Sap Ağırlığına ait Ortalama Değerler (g)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	13,1	10,3	11,7 C
84ÇZT04	16,1	8,0	12,1 BC
84ÇZT04 × Inqualab91	20,1	12,2	14,6 AB
Chil's	18,5	10,7	15,3 A
Inqualab91 × Chil's	19,5	11,1	16,2 A
Ortalama	17,5 A	10,5 B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin farklı sulama koşullarındaki sap ağırlığına ait ortalama performanslarını karşılaştırmak amacıyla oluşturulan grafik, sulama uygulamasının bu özellik üzerindeki belirgin etkisini ve genotipler arası varyasyonu görsel olarak ortaya koymak amacıyla Şekil 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4.6 Sap Ağırlığı Değişimlerinin Grafikte Gösterimi

Bayhan ve arkadaşları (2025), buğday genotiplerinin kuraklık stresine verdiği fizyolojik ve morfolojik tepkileri inceledikleri çalışmalarında, sap ağırlığı gibi biyokütleyle dayalı verim parametrelerinin sulama koşullarından yüksek derecede etkilendiğini bildirmiştir. Araştırmada, “Giza 168” genotipinin normal koşullarda en yüksek sap verimini sergilediği, ancak kuraklık stresinde bu değerlerin önemli oranda düştüğü ifade edilmiştir. Ayrıca, genotipler arası farklılıkların kuraklık toleransını belirlemede kritik olduğu ve bu nedenle genotip çeşitliliğinin ıslah çalışmalarında mutlaka dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Özkan ve arkadaşları (2025) ise, hızlı ıslah (speed breeding) koşulları altında ekmeklik buğday türleriyle gerçekleştirdikleri deneylerde sap ağırlığını da içeren biyokütle ölçümleri üzerinden bir değerlendirme yapmıştır. Bulgular, farklı genotiplerin stres koşullarına karşı biyokütle verimi açısından farklı tolerans seviyeleri gösterdiğini ortaya koymuştur. Kuraklık altında sap ağırlığındaki değişimlerin genotip altyapıya bağlı olarak çeşitlilik gösterdiği, dolayısıyla bu özelliğin seçici ıslahta önemli bir belirleyici olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada, varyans analiz sonuçları sap ağırlığı üzerinde en belirleyici faktörün sulama olduğunu açıkça göstermektedir ($F=92,19$; $P\leq 0,01$). Bu bulgu, hem Bayhan ve

ark. hem de Özkan ve ark. Tarafından vurgulanan çevresel stresin (özellikle kuraklık) sap verimi üzerindeki baskın etkisiyle örtüşmektedir. Ayrıca genotipler arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($F=4,96$; $P\leq 0,01$), bu da Bayhan ve Özkan'ın genotipik varyasyonun önemine ilişkin bulgularını destekler niteliktedir.

Buna karşın, S x G interaksiyonun bu çalışmada anlamlı çıkmaması ($P>0,05$), farklı genotiplerin sulama koşullarına benzer tepkiler verdiğini göstermektedir. Bu durum, Özkan ve ark.'nın bazı genotiplerde koşullara spesifik tepkiler gözlemlendiğine dair tespitiyle kısmen farklılık göstermektedir. Yani bu çalışmada, tüm genotiplerde kuraklık stresinin etkisi benzer düzeyde bir düşüşle sonuçlanmıştır.

Özellikle 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipinin, hem tam sulu hem de kuraklık stresli koşullarda en yüksek sap ağırlığına sahip genotiplerden biri olması, genotip üstünlüğünü ve potansiyel dayanıklılığını ortaya koymaktadır. Chil's genotipi ise tam sulu koşullarda daha iyi performans gösterirken, stresli ortamda belirgin düşüş sergilemiştir. Bu farklılık, genotiplerin farklı çevresel koşullarda nasıl performans gösterdiğinin net bir göstergesidir.

Bayhan ve Özkan'ın sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, bu çalışma sulama eksikliğinin sap ağırlığını belirgin şekilde azalttığını ve genotip farklılıklarının bu özelliği etkilediğini ortaya koymaktadır. Ancak, sulama ile genotip arasındaki interaksiyonun baskın olmadığı bir yapı gözlemlenmiştir. Bu yönüyle bu çalışmada, genotip seleksiyonunun yanı sıra sulama yönetiminin de verim kriterleri arasında yer alan sap ağırlığı üzerinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Ayrıca, kuraklık toleransı yüksek genotiplerin belirlenmesinde yalnızca sap ağırlığı değil, aynı zamanda sap verimindeki stabiliteye dayalı analizlerin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır.

4.7 Başak sayısı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının başak sayısı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz

sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü başak sayısı üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Buna karşılık, genotipler (G) ve sulama x genotip faktörlerinin başak sayısı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, genotip çeşitliliğin ve sulama-genotip interaksiyonun başak sayısı üzerinde belirgin bir farklılık yaratmadığını göstermektedir.

Sonuç olarak, başak sayısı üzerindeki temel belirleyici faktör sulama uygulaması olarak öne çıkmakta, genotiplerin ve sulama-genotip interaksiyonun başak sayısı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Bu bulgular, başak sayısının artırılmasında sulama yönetiminin etkinliğini vurgulamakta ve genotip çeşitliliğin bu özelliğe katkısının sınırlı olduğunu göstermektedir. Sulama uygulamalarının başak sayısının iyileştirilmesine yönelik stratejik bir araç olarak kullanılabileceği sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 4.13 Başak Sayısı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	13,20	2,64	0,47	öd
Sulama (S)	1	49,79	49,79	8,99	**
Genotipler (G)	4	40,96	10,24	1,85	öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	30,23	7,55	1,36	öd
Hata	25	138,40	5,53		
Değişim Katsayısı (DK): 15,69%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama başak sayısı değerleri Çizelge 4.14'te karşılaştırılmıştır.

Tam sulu koşullarda, ortalama başak sayısı 16 adet olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda bu değer azalarak 13,6 adede düşmüştür. Bu sonuç, kuraklık stresinin başak sayısını genel olarak azalttığını göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Chil's, tam sulu koşullarda en yüksek başak sayısını (16 adet) göstermiştir. Ayrıca, bu iki genotip kuraklık stresli koşullarda da başak sayısını nispeten koruyarak sırasıyla 15,7 adet başak ile en yüksek değerlere sahip olmuştur. Inqualab91 x Chil's genotipi de tam sulu koşullarda 16,8 adet ile en yüksek başak sayısına ulaşmış, ancak kuraklık stresli koşullarda bu değer 13,8 adede düşmüştür. Buna karşılık, 84ÇZT04 genotipi tam sulu koşullarda 16,3 adet başak sayısına ulaşırken, kuraklık stresli koşullarda 11 adet başak ile en düşük performansı sergilemiştir. Inqualab91, her iki koşulda da diğer genotiplere göre daha düşük başak sayısı göstermiştir

Ortalama değerlere göre, tam sulu koşullarda genotip çeşitlilik başak sayısını artırmada etkili olurken, kuraklık stresli koşullarda genotipler arasındaki farklar daha sınırlı kalmıştır.

Sonuç olarak, tam sulu koşullarda başak sayısını artırmada genotip çeşitlilik önemli bir rol oynarken, kuraklık stresli koşullarda sulama koşulları genotipler arası farklılıkları sınırlamaktadır. Özellikle 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Chil's, her iki koşulda da yüksek başak sayısı ile dikkat çekmektedir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde sulama yönetimi ve genotip faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

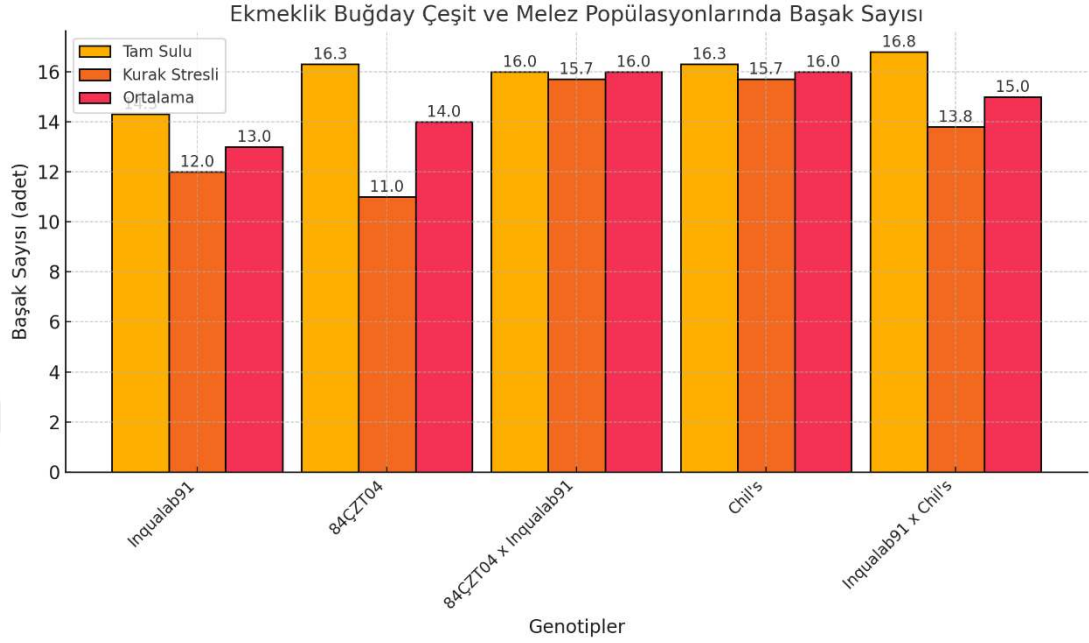
Çizelge 4.14 Başak Sayısına ait Ortalama Değerler (adet)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Yetiştirme Koşulları:		Ortalama	
	Tam Sulu		Kurak Stresli			
Inqualab91	14,3	ABC	12,0	BC	13,0	B
84ÇZT04	16,3	A	11,0	C	14,0	AB
84ÇZT04 × Inqualab91	16,0	A	15,7	A	16,0	A
Chil's	16,3	A	15,7	AB	16,0	A
Inqualab91 × Chil's	16,8	A	13,8	ABC	15,0	AB
Ortalama	16,0	A	13,6	B		

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Farklı genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki başak sayısı ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla hazırlanan grafik, sulamanın bu özellik üzerindeki belirleyici

etkisini ve genotiplerin stres altındaki performans farklılıklarını görsel olarak ortaya koymak amacıyla Şekil 4.7’de sunulmuştur.



Şekil 4.7 Başak Sayısı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bayhan ve arkadaşları (2025), hızlı ıslah koşulları altında bazı tahıl türlerinde morfolojik tepkileri değerlendirirken, başak sayısındaki değişimlere özellikle dikkat çekmişlerdir. Bu çalışmada, buğday genotiplerinde başak sayısında yaklaşık %34,4'lük bir artış gözlemlenmiş, bu artışın ise büyük ölçüde kardeşlenme oranındaki yükselişe bağlı olduğu vurgulanmıştır. Ancak araştırmada, başak sayısındaki bu artışın her zaman doğrudan tane verimine yansımadığı, bazı başakların yetersiz tanelenme gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, genotipler arasında başak sayısı açısından belirgin farklar gözlemlenmemiş, çevresel etkenlerin – özellikle ışık süresi ve fotoperiyot gibi hızlandırılmış büyüme koşulları – başak sayısı üzerinde daha belirleyici olduğu ifade edilmiştir.

Özkan ve arkadaşları (2025) ise, farklı ekmeklik buğday genotiplerini hızlandırılmış ıslah koşullarında karşılaştırarak başak sayısının kuraklık stresine bağlı olarak azaldığını belirtmiştir. Bu çalışmada, genotipler arası farklardan çok çevresel koşulların etkili olduğu ve başak sayısındaki değişimin, özellikle sulama gibi yönetimsel uygulamalarla ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bazı genotipler sulama

altında yüksek başak sayısı gösterirken, kuraklık stresli koşullarda genotipler arasındaki farkların azaldığı, yani stres altında genotiplerin benzer davranışlar sergilediği saptanmıştır.

Bu çalışmada, başak sayısı üzerine yapılan varyans analiz sonuçları, yalnızca sulama faktörünün istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymuştur ($P \leq 0,01$). Genotiplerin başak sayısına etkisi ve sulama x genotip interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur, bu da başak sayısı üzerinde genotipik varyasyonların sınırlı bir rol oynadığını göstermektedir. Bu durum, Bayhan ve Özkan'ın sonuçlarıyla tam bir paralellik göstermektedir.

Çizelge 16'teki ortalama değerlere göre, tam sulu koşullarda başak sayısı 16 adet iken kuraklık stresinde bu sayı 13,6 adede düşmüştür. Bu da başak sayısında yaklaşık %15'lik bir düşüşe işaret etmektedir. Özellikle 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Chil's genotipleri, kuraklık stresli koşullarda da yüksek başak sayılarını koruyarak dayanıklılık potansiyeli göstermiştir. Buna karşın, 84ÇZT04 genotipi stres koşullarında 11 adetle en düşük değeri göstermiştir.

Öte yandan, Bayhan ve ark.'ın başak sayısı artışının her zaman verime yansımadağı yönündeki bulgusu, bu çalışmada da desteklenmektedir. Çünkü bizde de yüksek başak sayısı gösteren genotiplerin her zaman en yüksek verimi vermediği, diğer verim bileşenleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Ayrıca, Özkan ve ark.'ın genotipler arası farkların kuraklık stresinde azaldığına dair tespiti, bizim sonuçlarımızla birebir örtüşmektedir. Bu çalışmada da genotipler arası farklar tam sulu koşullarda daha belirgin iken, kuraklık altında bu farklar daralmıştır.

Başak sayısı incelendiğinde, bu özelliğin çevresel koşullardan, özellikle de sulama yönetiminden önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir. Genotip çeşitliliğinin bu özelliğe etkisi ise sınırlı kalmakta, bu durum da seleksiyon sürecinin zorluğunu ortaya koymaktadır. Sulama koşullarında bazı genotipler—özellikle Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91—üstünlük sağlasa da, bu farklılıkların stres altında belirginliğini yitirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, başak sayısının yüksek olması tek başına verim garantisi

sunmadığından, bu özelliğin diğer morfolojik ve fizyolojik bileşenlerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma Bayhan ve Özkan'ın kuraklık stresinde başak sayısına dair bulgularını destekler nitelikte olup, sulama yönetiminin kuraklığa dayanıklı genotip seçiminde kritik bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır.

4.8 Başak uzunluğu

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının başak uzunluğu değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü biyolojik verim üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Genotipler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış ve bu durum genotip farklılıklarının başak uzunluğu üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ancak, sulama x genotip (S x G) interaksyonu $P \leq 0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. F değeri 2,66 olarak hesaplanmış ve farklı genotiplerin sulama koşullarına tepkilerinin başak uzunluğunu etkilediği ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, başak uzunluğu üzerindeki temel belirleyici faktör sulama uygulaması olarak öne çıkmaktadır. Sulama koşullarının başak uzunluğu üzerindeki etkisi çok güçlüdür, ancak genotiplerin tek başına etkisi anlamlı değildir. Bununla birlikte, sulama ve genotip interaksyonunun anlamlı bulunması, başak uzunluğunun artırılmasında genotiplerin sulama koşullarına verdikleri tepkilerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, sulama yönetimi ve genotip çeşitliliğinin birlikte değerlendirilmesinin, başak uzunluğunun iyileştirilmesine yönelik stratejik kararlar için önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.15 Başak Uzunluğu için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	1,56	0,31	0,43	öd
Sulama (S)	1	45,56	45,56	62,57	**
Genotipler (G)	4	1,56	0,39	0,53	öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	7,77	1,94	2,66	*

Hata 25 18,20 0,72

Değişim Katsayısı (DK): 13,25%

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama başak uzunluğu değerleri Çizelge 4.16'da karşılaştırılmıştır. Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki başak uzunluğu değerleri incelendiğinde, sulama koşullarının başak uzunluğu üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir. Tam sulu koşullarda ortalama başak uzunluğu 7,5 cm olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda bu değer azalarak 5,3 cm'ye düşmüştür. Bu durum, kuraklık stresinin başak uzunluğunu önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, tam sulu koşullarda en yüksek başak uzunluğuna sahip genotip Inqualab91 x Chil's olup, 8,1 cm uzunluğa ulaşmıştır. Bu genotip, kuraklık stresli koşullarda başak uzunluğunda belirgin bir düşüş yaşayarak 4,7 cm ile en düşük değerlere sahip olmuştur. 84ÇZT04 x Inqualab91, tam sulu koşullarda 7,9 cm ile yüksek bir başak uzunluğu sergilerken, kuraklık stresli koşullarda bu değer 5,2 cm'ye düşmüştür. Benzer şekilde, Chil's genotipi de tam sulu koşullarda 7,5 cm, kuraklık stresli koşullarda ise 5,8 cm başak uzunluğu ile genotipler arasında en dayanıklı olanlardan biri olarak öne çıkmıştır. Buna karşılık, 84ÇZT04 genotipi, kuraklık stresinde 5,1 cm ile düşük bir performans sergilemiştir.

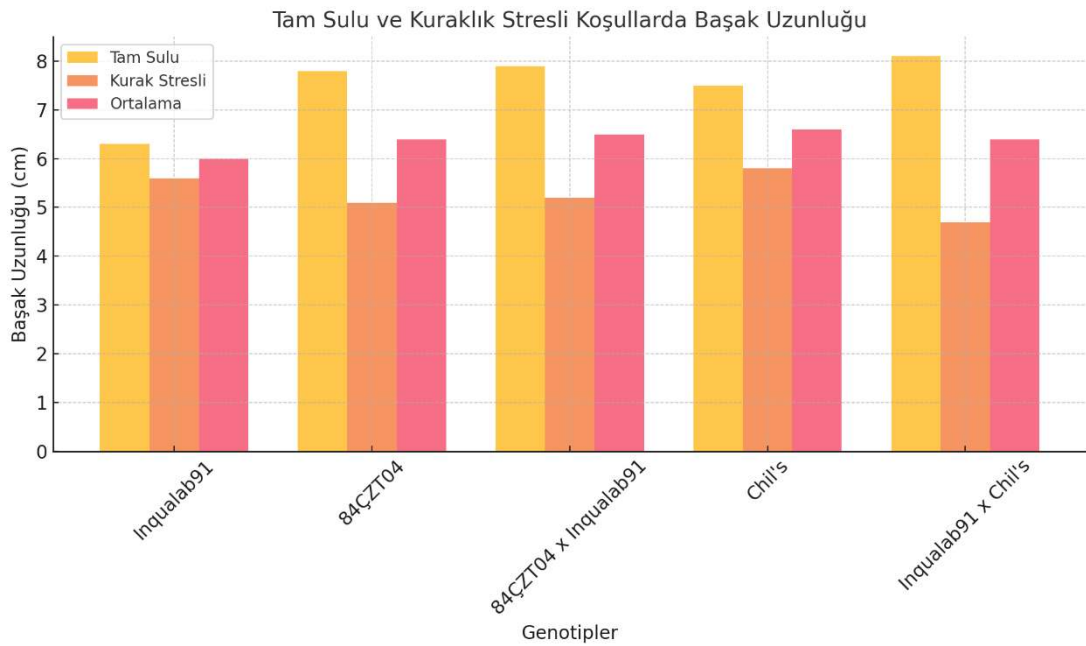
Sonuç olarak, tam sulu koşullarda başak uzunluğunu artırmada genotip çeşitlilik önemli bir rol oynarken, kuraklık stresli koşullarda bu etki sınırlı kalmaktadır. Inqualab91 x Chil's, tam sulu koşullarda yüksek başak uzunluğu potansiyeli ile dikkat çekerken, kuraklık stresine dayanıklılık açısından Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipleri öne çıkmaktadır. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin geliştirilmesinde sulama yönetimi ve genotip faktörlerin birlikte ele alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.16 Başak Uzunluğuna ait Ortalama Değerler (cm)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu		Kurak Stresli		
Inqualab91	6,3	BC	5,6	CD	6,0
84ÇZT04	7,8	AB	5,1	CD	6,4
84ÇZT04 × Inqualab91	7,9	A	5,2	CD	6,5
Chil's	7,5	AB	5,8	CD	6,6
Inqualab91 × Chil's	8,1	A	4,7	D	6,4
Ortalama	7,5	A	5,3	B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki başak uzunluğu ortalamalarını karşılaştırmak üzere hazırlanan grafik, sulama uygulamalarının başak uzunluğu üzerindeki etkisini ve genotiplerin bu koşullara verdikleri farklı yanıtları daha açık bir biçimde ortaya koymak amacıyla Şekil 4.8'de sunulmuştur.



Şekil 4.8 Başak Uzunluğu Değişimlerinin Grafikte Gösterimi

Bayhan ve arkadaşları (2025) tarafından yürütülen çalışmada, buğday ve arpa genotiplerinin hızlı ıslah koşullarında morfolojik yanıtları incelenmiş; özellikle başak uzunluğunun, kuraklık benzeri stres koşullarında önemli oranda azaldığı

belirlenmiştir. Ekmeklik buğdayda başak uzunluğunun ortalama %12 oranında düştüğü ve bu özelliğin stres faktörlerine oldukça duyarlı olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada “Empire” çeşidi gibi bazı genotipler bu azalmaya karşı daha dirençli olurken, “TBT16-9” gibi bazı hatlar ise yüksek başak uzunluğu değerleriyle öne çıkmıştır. Yazarlar, başak uzunluğunun yalnızca verim bileşeni değil, aynı zamanda çevresel streslere karşı duyarlılık açısından da önemli bir parametre olduğunu ifade etmişlerdir.

Özkan ve arkadaşları (2025) ise buğday genotiplerinin sulama eksikliğine verdiği morfolojik yanıtları analiz etmiş ve başak uzunluğunun, genotip ve çevresel faktörlerin ortak etkisiyle şekillendiğini ortaya koymuştur. Özellikle ‘bread wheat’ türleri arasında, başak uzunluğundaki azalmaya karşı toleranslı genotiplerin varlığına dikkat çekilmiş ve bu genotiplerin kuraklığa dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, hem Bayhan hem de Özkan’ın bulgularıyla tutarlılık göstermektedir. Varyans analizine göre, başak uzunluğu üzerindeki en etkili faktör sulama olmuş; sulama uygulaması bu özelliği önemli düzeyde etkilemiştir ($P \leq 0,01$). Genotiplerin tek başına etkisi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış; ancak sulama x genotip interaksyonu anlamlı çıkmıştır ($P \leq 0,05$). Bu bulgu, farklı genotiplerin sulama koşullarına karşı verdikleri tepkilerin başak uzunluğu üzerinde farklılaştığını göstermekte ve Özkan’ın çevre x genotip interaksyonuna dair vurgusunu desteklemektedir.

Çizelge 18’de görüldüğü üzere, tam sulu koşullarda başak uzunluğu ortalaması 7,5 cm iken, kuraklık stresinde bu değer 5,3 cm’ye düşmüştür, yani yaklaşık %29’luk bir azalma yaşanmıştır. Bu oran, Bayhan ve arkadaşlarının verdiği %12’lik azalma oranından daha yüksek olmakla birlikte, bizim hızlı ıslah sistemimizde uygulanan kuraklık stresinin şiddetinin daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Bu fark, stres uygulamasının süresi, ışık süresi veya sıcaklık faktörleri gibi çevresel bileşenlerin etkisiyle açıklanabilir.

Genotip bazlı değerlendirmede, Inqualab91 x Chil's genotipi tam sulu koşullarda en yüksek başak uzunluğuna (8,1 cm) ulaşmasına rağmen, kuraklık altında en fazla düşüş gösteren genotiplerden biri olmuştur (4,7 cm). Bu durum, bu genotipin sulama koşullarında yüksek performans gösterdiğini ancak stres koşullarında ciddi verim kayıplarına uğradığını ortaya koymaktadır. Buna karşın, Chil's genotipi başak uzunluğundaki düşüşe karşı daha dirençli bir profil sergilemiş ve kuraklık koşullarında en yüksek değeri (5,8 cm) koruyarak dikkat çekmiştir. 84ÇZT04 x Inqualab91 ise her iki koşulda da ortalama bir performans sergileyerek istikrarlı genotipler arasında yer almıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada da tıpkı Bayhan ve zkan'ın araştırmalarında olduğu gibi, sulamanın başak uzunluğu üzerindeki belirleyici etkisi ve çevresel koşullara karşı genotiplerin farklı yanıtlar verebilme potansiyeli net bir şekilde ortaya konulmuştur. Başak uzunluğu gibi morfolojik özelliklerin, kuraklık stresine dayanıklılık açısından hem fizyolojik tepki hem de seleksiyon kriteri olarak değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Özellikle sulama x genotip interaksiyonun anlamlı bulunması, bu özelliğin ıslah çalışmaları için önemli bir hedef olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, gelecekte yapılacak seleksiyon çalışmalarında başak uzunluğu gibi morfolojik karakterlerin çevresel değişkenlerle birlikte değerlendirilmesi, kuraklığa toleranslı ve verim potansiyeli yüksek genotiplerin belirlenmesinde stratejik bir yaklaşım sunacaktır.

4.9 Başakta tane sayısı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının başak tane sayısı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü biyolojik verim üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Genotipler başakta tane sayısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir ($P \leq 0,05$). Bu, genotip çeşitliliğin başakta tane sayısında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, sulama x genotip (S x G) interaksiyonu da $P \leq 0,05$ düzeyinde

anlamalı bulunmuştur. Bu durum, farklı genotiplerin sulama koşullarına farklı tepkiler verdiğini ve bu tepkilerin başakta tane sayısını etkilediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, başakta tane sayısı üzerindeki temel belirleyiciler arasında sulama, genotipler ve sulama x genotip interaksyonu bulunmaktadır. Sulama uygulaması, başakta tane sayısını artırmada en güçlü faktör olarak öne çıkmaktadır. Genotip çeşitlilik ve sulama-genotip interaksyonunun anlamalı bulunması, farklı genotiplerin çevresel koşullara uyum sağlamasında önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde hem genotip faktörlerin hem de sulama yönetiminin birlikte ele alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.17 Başakta Tane Sayısı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	8757,48	1751,50	2,20	öd
Sulama (S)	1	213789,60	213789,60	268,89	**
Genotipler (G)	4	11725,45	2931,36	3,68	*
Sulama × Genotip (S×G)	4	8830,79	2207,70	2,77	*
Hata	25	19876,68	795,07		
Değişim Katsayısı (DK): 14,22%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama başakta tane sayısı değerleri Çizelge 4.18’de karşılaştırılmıştır.

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki başakta tane sayısı değerleri, sulama koşullarının bu özelliği önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Tam sulu koşullarda ortalama başakta tane sayısı 278 adet olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda bu değer 125,2 adede düşmüştür.

Bu sonuç, uygulanan kuraklık stresinin başakta tane sayısını %50’den daha fazla azalttığını göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, tam sulu koşullarda Chil's genotipi, 339,9 adet ile en yüksek başakta tane sayısına ulaşmıştır. Kuraklık stresli koşullarda ise bu genotipin tane sayısı 126,6 adede düşmüştür. 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Inqualab91 x Chil's genotipleri de tam sulu koşullarda sırasıyla 279,8 adet ve 286,9 adet başakta tane sayısına ulaşmış, ancak kuraklık stresli koşullarda bu değerler sırasıyla 131 adet ve 126,3 adet olarak belirgin bir düşüş göstermiştir. Inqualab91, hem tam sulu hem de kuraklık stresli koşullarda en düşük başakta tane sayısına sahip genotip olmuştur (tam sulu: 232,6 adet, kuraklık stresli: 116,6 adet).

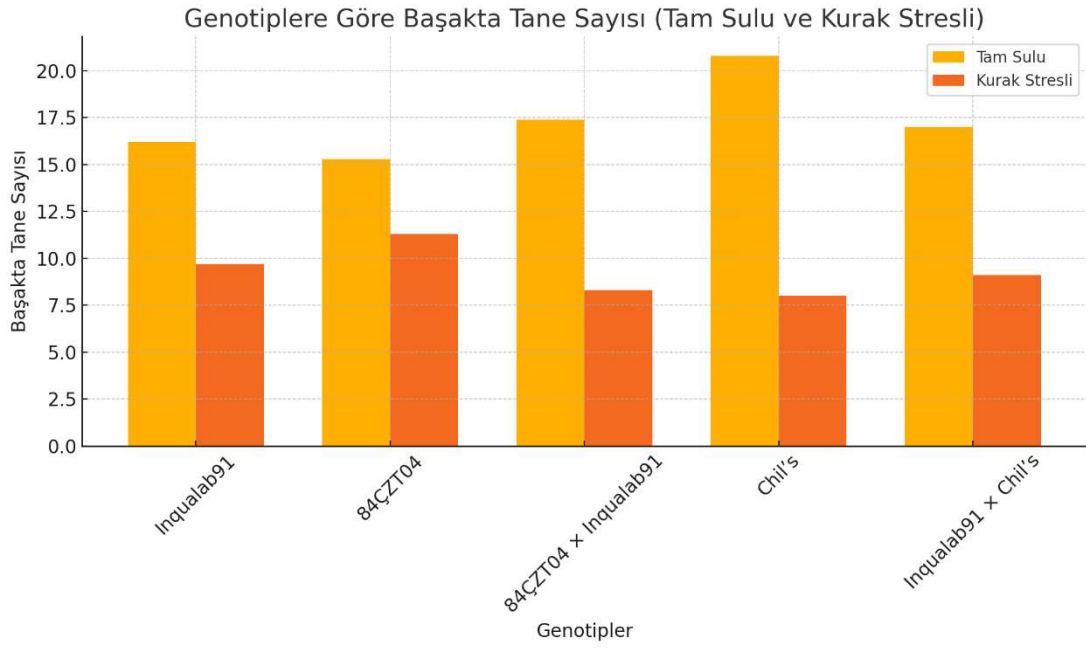
Tam sulu koşullarda genotip çeşitliliği başakta tane sayısını artırmada etkili olurken, kuraklık stresli koşullarda bu etki sınırlı kalmaktadır. Chil's genotipi, tam sulu koşullarda en yüksek performansı sergileyerek başakta tane sayısında öne çıkarken, kuraklık stresli koşullarda dayanıklılık açısından 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Inqualab91 x Chil's genotipleri dikkat çekmektedir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek tane verimine sahip genotiplerin geliştirilmesinde genotip ve çevresel faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.18 Başakta Tane Sayısına ait Ortalama Değerler

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Yetiştirme Koşulları:		Ortalama	
	Tam Sulu		Kurak Stresli			
Inqualab91	16,2	C	9,7	D	13,4	C
84ÇZT04	15,3	BC	11,3	D	13,4	BC
84ÇZT04 × Inqualab91	17,4	B	8,3	D	12,8	ABC
Chil's	20,8	A	8	D	14,5	A
Inqualab91 × Chil's	17	B	9,1	D	13,7	AB
Ortalama	17,3	A	9,2	B		

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda başakta taşıdığı tane sayısına ilişkin ortalama değerler grafiksel olarak sunulmuş ve sulama uygulamasının etkisi ile genotiplerin tepkisel farklılıkları daha net şekilde ortaya konmuştur. Bu kapsamda hazırlanan grafik, özellikle kuraklık stresinin başakta tane sayısını nasıl etkilediğini görsel olarak ortaya koymak amacıyla Şekil 4.9'da sunulmuştur.



Şekil 4.9 Başakta Tane Sayısı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bayhan ve arkadaşları (2025) tarafından yürütülen çalışmada, ekmeklik buğday genotiplerinin hızlandırılmış ıslah koşullarında başak içi verim bileşenlerine verdiği tepkiler incelenmiştir. Özellikle *grains number per spike* (başakta tane sayısı) gibi parametrelerin çevresel stres faktörlerine son derece duyarlı olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada, sulama eksikliği gibi stres koşullarının başakta tane sayısında anlamlı azalışlara neden olduğu; bazı genotiplerin ise bu azalıştan daha az etkilendiği belirtilmiştir. Bayhan ve ekibi, bu özelliğin kuraklığa toleranslı genotiplerin belirlenmesinde temel kriterlerden biri olabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca, başakta tane sayısının genotip olarak çeşitlilik göstermesinin seleksiyon için bir avantaj sunduğunu ve çevre-genotip interaksiyonlarının bu verim bileşeninin şekillenmesinde kritik rol oynadığını bildirmiştir.

Özkan ve arkadaşları (2025) ise farklı buğday türlerinin başak verim parametrelerine verdiği tepkileri analiz etmiş ve *grains number per spike* değerlerinin hem genotip yapıdan hem de sulama gibi çevresel faktörlerden önemli ölçüde etkilendiğini rapor etmiştir. Çalışmada bazı genotiplerin kuraklık stresi altında başakta tane sayısını daha iyi koruyabildiği ve bu özelliğin kuraklığa dayanıklılık açısından bir belirteç olabileceği ifade edilmiştir. Bu durum, başakta tane sayısının yalnızca verim

potansiyeli değil, aynı zamanda stres toleransı açısından da önem taşıyan bir özellik olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada da bu sonuçlarla büyük ölçüde paralellik gösteren bulgular elde edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, sulama faktörü başakta tane sayısı üzerinde son derece anlamlı bir etkiye sahiptir ($P \leq 0,01$). Bu durum, çevresel su stresi uygulamalarının başak içi gelişim sürecine doğrudan etki ettiğini ve tane oluşumunu baskıladığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, genotip faktörü de anlamlı çıkmış ($P \leq 0,05$) ve bu, genotip çeşitliliğin başakta tane sayısını etkileyen belirleyici bir unsur olduğunu göstermektedir. Dahası, sulama x genotip interaksyonu da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve farklı genotiplerin su stresine verdiği yanıtların farklılaştığını kanıtlamıştır.

Çizelge 20 incelendiğinde, tam sulu koşullarda ortalama başakta tane sayısı 278 iken, kuraklık stresli koşullarda bu değer 125,2'ye gerilemiştir. Bu düşüş yaklaşık %55 düzeyinde olup, Bayhan ve Özkan'ın çalışmalarında ifade edilen azalmalarla örtüşmektedir. En yüksek performans Chil's genotipinde görülmüş (339,9 tane/sulu), ancak kuraklık altında bu değer 126,6'ya gerilemiştir. 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Inqualab91 x Chil's gibi melez genotipler de her iki koşulda ortalama üstü performans sergilemiş, bu da genotip kombinasyonların çevresel streslere karşı bazı avantajlar sağlayabileceğini göstermiştir. Buna karşın, Inqualab91 hem sulu hem de kurak koşullarda en düşük başak içi tane sayısına sahip genotip olmuştur.

Sonuç olarak, başakta tane sayısının artırılması hedefleniyorsa, yalnızca sulama stratejileri değil, aynı zamanda genotip materyal seçimi ve genotip-çevre interaksyonlarının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bayhan ve Özkan'ın bulgularıyla birlikte değerlendirildiğinde, bu çalışmada da genotip ve çevresel faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin, buğdayda başak verim bileşenlerinin iyileştirilmesinde stratejik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Özellikle kuraklık stresine toleranslı ve yüksek başak içi verim potansiyeline sahip genotiplerin geliştirilmesi için, sulama yönetiminin yanında genotipik varyasyonun ve bu varyasyonun çevresel koşullara verdiği tepkilerin dikkate alınması elzemdir.

4.10 Başakta tane verimi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tane verimi değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü biyolojik verim üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Genotipler (G) faktörü de tane verimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$) ve F değeri 4,76 olarak hesaplanmıştır. Bu, genotip çeşitliliğinin tane verimi üzerinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Buna karşılık, sulama x genotip (S x G) interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup, bu da genotiplerin sulama koşullarına tepkilerinin tane verimi üzerinde belirgin bir farklılık yaratmadığını göstermektedir. Tane verimi üzerindeki temel belirleyiciler sulama ve genotiplerdir. Sulama faktörü, tane verimini artırmada en güçlü etkiye sahipken, genotip farklılıkları da bu artışta önemli bir rol oynamaktadır. Ancak sulama-genotip interaksyonunun anlamlı olmaması, genotiplerin sulama koşullarında benzer şekilde davrandığını göstermektedir. Bu sonuçlar, kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek tane verimi potansiyeline sahip genotiplerin belirlenmesinde sulama yönetiminin etkili bir araç olduğunu ve genotip faktörlerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.19 Tane Verimi için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	31,58	6,31	1,56	öd
Sulama (S)	1	1112,87	1112,87	276,47	**
Genotipler (G)	4	76,66	19,16	4,76	**
Sulama x Genotip (SxG)	4	39,43	9,86	2,44	öd
Hata	25	100,62	4,02		
Değişim Katsayısı (DK): 16,32%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama tane verimi değerleri Çizelge 4.20’de karşılaştırılmıştır.

Tam sulu koşullarda ortalama tane verimi 17,9 gram (g) olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer önemli ölçüde azalarak 6,8 g’a düşmüştür. Bu sonuç, uygulanan kuraklık stresinin başak ağırlığını %62 oranında azalttığını göstermektedir.

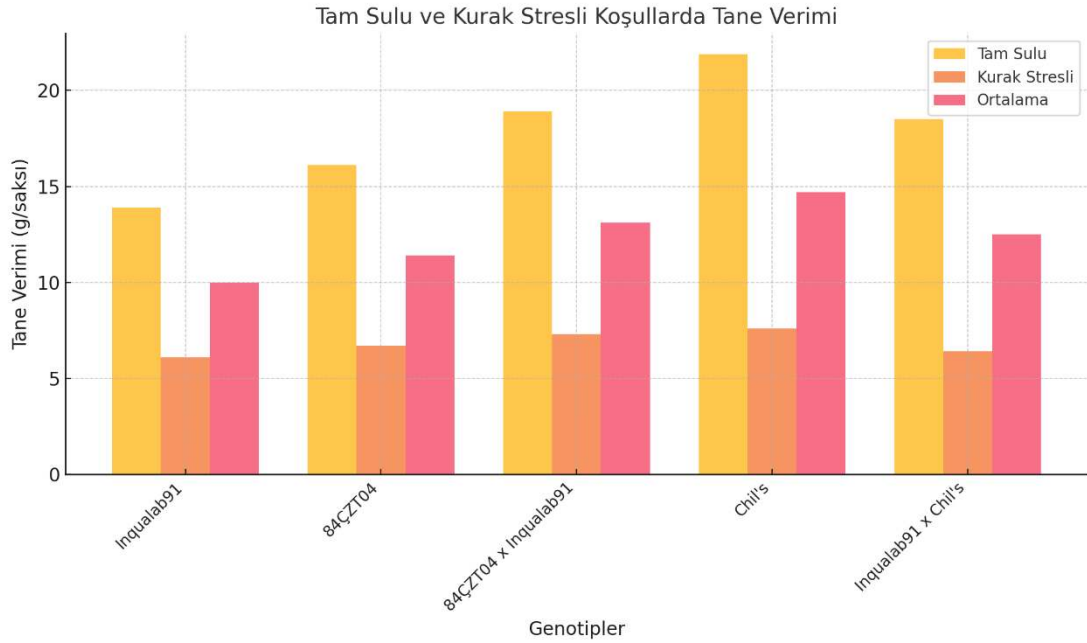
Genotip bazında incelendiğinde, tam sulu koşullarda en yüksek tane verimine Chil's genotipi ulaşmıştır (21,9 g). Kuraklık stresli koşullarda ise bu genotipin tane verimi 7,6 g’a düşmüştür, ancak yine de diğer genotiplerle kıyaslandığında en yüksek değerlerden birine sahip olmuştur. 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipi, tam sulu koşullarda 18,9 g, kuraklık stresli koşullarda ise 7,3 g tane verimi ile dayanıklılık açısından dikkate değer bir performans sergilemiştir. Inqualab91 genotipi ise her iki koşulda da diğer genotiplere kıyasla daha düşük tane verimi göstermiştir (tam sulu: 13,9 g, kuraklık stresli: 6,1 g). Bu durum, kuraklık stresinin genotip çeşitliliğinin tane verimi üzerindeki etkisini sınırladığını ve tüm genotiplerde benzer bir düşüşe yol açtığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle hızlı ıslah koşullarında kuraklık stresi yönünden farklılıkları yakalayabilmek için kuraklık stresinin şiddetinin biraz daha azaltılması yararlı olacaktır. Bununla birlikte sulu koşulların yanı sıra kurak koşullarda bir saksıdan ortalama 6.8 g tane ürünü alınmış olması hızlı ıslah koşullarında kuşak atlatma için yeteri kadar tohum elde edilebileceğini göstermektedir. Tam sulu koşullarda genotip çeşitlilik, tane verimi üzerinde belirgin bir fark yaratmakla birlikte, kuraklık stresli koşullarda bu etki sınırlı kalmıştır. Chil's genotipi, tam sulu koşullarda en yüksek tane verimiyle öne çıkarken, kuraklık stresine dayanıklılık açısından 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipi dikkat çekmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek tane verimi potansiyeline sahip genotiplerin belirlenmesinde sulama yönetimi ve genotip faktörlerin birlikte ele alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.20 Tane Verimine ait Ortalama Değerler (g/saksı)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	13,9	6,1	10,0 C
84ÇZT04	16,1	6,7	11,4 BC
84ÇZT04 × Inqualab91	18,9	7,3	13,1 AB
Chil's	21,9	7,6	14,7 A
Inqualab91 × Chil's	18,5	6,4	12,5 B
Ortalama	17,9 A	6,8 B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin farklı sulama koşullarındaki ortalama tane verimlerine ilişkin değişimleri daha net yansıtabilmek amacıyla, Çizelge 4.20 verileri grafiksel olarak sunulmuştur. Bu grafik, sulama uygulamasının tane verimi üzerindeki güçlü etkisini ve genotipler arasındaki verim performans farklılıklarını görsel olarak ortaya koymak amacıyla Şekil 4.10'da sunulmuştur.



Şekil 4.10 Tane Verimi Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bayhan ve arkadaşları (2025) tarafından yürütülen çalışmada, hızlı ıslah (*speed breeding*) koşullarında farklı buğday ve arpa genotiplerinin performansları incelenmiş ve tane veriminin, özellikle su stresi gibi çevresel faktörlerden en fazla etkilenen verim bileşeni olduğu belirlenmiştir. Tam sulu koşullarda elde edilen yüksek verim, kuraklık

stresine maruz kalındığında %40–60 oranında azalmıştır. Bununla birlikte, bazı *bread wheat* genotiplerinin stres altında dahi tatmin edici düzeyde tohum üretimi sağladığı ve bunun hızlı ıslah uygulamaları için yeterli olduğu vurgulanmıştır. Bu durum, kuşak atlatma süreci açısından pratikte büyük avantaj sağlamaktadır.

Golabadi ve arkadaşları (2022) ise *segregant* (F3-F4) buğday popülasyonları üzerinde yürüttükleri deneylerinde, tane veriminin sulama uygulamalarıyla önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Özellikle kuraklık stresi altında, genotip çeşitlilik yüksek olmasına rağmen, genotip x çevre interaksyonu her zaman anlamlı bulunmamıştır. Bu da bazı genotiplerin stres koşullarına benzer tepkiler verdiğini; ancak tolerans gösteren hatların seçilip ıslah programlarına kazandırılabilceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmanın bulguları, ıslah stratejilerinde genotipik stabilitenin önemine işaret etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular da bu literatürle büyük ölçüde örtüşmektedir. Varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü tane verimi üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$). Bu durum, çevresel su desteğinin buğday bitkisinin generatif gelişimini doğrudan etkilediğini ve özellikle kuraklık stresinde verimin ciddi şekilde düştüğünü ortaya koymaktadır. Ayrıca, genotip (G) faktörü de tane verimi açısından anlamlı çıkmıştır ($P \leq 0,01$). Bu, çeşitler arasındaki genotip farkların verim düzeyine yansıdığını göstermekte; farklı genotiplerin potansiyel olarak kuraklık stresine farklı yanıtlar verdiğini işaret etmektedir.

Ancak dikkat çeken nokta, sulama x genotip (S x G) interaksyonun istatistiksel olarak anlamlı olmamasıdır. Bu, Golabadi ve arkadaşlarının bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Yani, genotiplerin stres koşullarında benzer tepki verdiği ve sulama gibi çevresel koşulların verim üzerinde baskın rol oynadığı söylenebilir.

Çizelge 22'ye göre, tam sulu koşullarda ortalama tane verimi 17,9 g/saksı, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer 6,8 g/saksı'ya düşmüştür. Bu düşüş yaklaşık %62'lik bir azalma ile Bayhan ve arkadaşlarının çalışmasındaki %40–60 aralığı ile birebir uyumludur. En yüksek verimi Chil's genotipi göstermiş (tam sulu: 21,9 g), kuraklık koşullarında ise 7,6 g ile yine üst sıralarda yer almıştır. Bu durum, Chil's genotipinin

hem potansiyel verimi hem de kuraklık altında tolerans düzeyi yüksek bir çeşit olduğunu göstermektedir. Bunun yanında 84ÇZT04 x Inqualab91 melez popülasyonu, kurak koşullarda 7,3 g ile Chil's'e oldukça yakın bir performans sergilemiş ve seleksiyon için umut vadeden bir aday olduğunu ortaya koymuştur.

Öte yandan, Inqualab91 genotipi, hem tam sulu (13,9 g) hem de kuraklık stresli (6,1 g) koşullarda düşük performans sergilemiş; bu da bu genotipin stres koşullarında zayıf verim yeteneği taşıdığını göstermektedir.

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, daha önce literatürde farklı koşullarda elde edilen bulgularla örtüşmekte ve genel eğilimleri desteklemektedir. Özellikle sulamanın tane verimi üzerindeki dominant etkisi, genotiplerin ayrışmasından daha belirgin olmuş ve bu da sulama yönetiminin ne kadar kritik olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur. Ancak genotip çeşitliliğinin de göz ardı edilmemesi, özellikle kuraklık stresinde dayanıklılığı artıracak hatların seçimi açısından büyük önem arz etmektedir. Tane verimi üzerine yapılan bu analiz, hızlı ıslah koşullarında kuşak atlatma için yeterli tohum elde edilebileceğini ve kuraklığa dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde sulama-genotip bütünleşmesinin elzem olduğunu açıkça ortaya koymuştur.

4.11 Başakta tane ağırlığı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tane ağırlığı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü biyolojik verim üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Sulama, tane ağırlığı üzerindeki en etkili faktör olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, genotipler (G) faktörü ve sulama x genotip (S x G) interaksyonu tane ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır. Genotip çeşitliliğinin ve genotiplerin sulama koşullarına verdiği tepkilerin tane ağırlığı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Tane ağırlığı üzerindeki temel belirleyici faktör sulama uygulamasıdır. Sulama koşulları, tane ağırlığını artırmada önemli bir etkiye sahipken, genotip farklılıklar ve genotip-sulama interaksiyonları bu özelliği anlamlı şekilde etkilememiştir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde sulama yönetiminin kritik bir rol oynadığını ve genotip çeşitliliğinin tane ağırlığı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.21 Tane Ağırlığı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	73,89	14,77	0,70	öd
Sulama (S)	1	757,65	757,65	35,89	**
Genotipler (G)	4	200,77	50,19	2,37	öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	103,96	25,99	1,23	öd
Hata	25	527,71	21,10		
Değişim Katsayısı (DK): 7,65%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama tane ağırlığı değerleri Çizelge 4.22’de karşılaştırılmıştır.

Tam sulu koşullarda ortalama tane ağırlığı 63,5 g olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda bu değer belirgin şekilde azalarak 54,4 g’a düşmüştür. Bu sonuç, kuraklık stresinin tane ağırlığını önemli ölçüde azalttığını ortaya koymaktadır.

Genotip bazında incelendiğinde, tam sulu koşullarda en yüksek tane ağırlığına 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipi ulaşmış (67,5 g). Bu genotip, kuraklık stresli koşullarda da tane ağırlığında nispeten düşük bir kayıp yaşayarak 55,8 g değeriyle dayanıklılık açısından öne çıkmıştır. Benzer şekilde, Chil's genotipi tam sulu koşullarda 63,7 g, kuraklık stresli koşullarda ise 60,1 g tane ağırlığı ile en yüksek değerlere sahip genotiplerden biri olmuştur. Buna karşılık, Inqualab91 genotipi hem tam sulu (59,1 g) hem de kuraklık stresli (52,4 g) koşullarda daha düşük tane ağırlığı sergilemiştir. 84ÇZT04 ve Inqualab91 x Chil's genotipleri de benzer şekilde, tam sulu

koşullarda yüksek performans göstermiş, ancak kuraklık stresli koşullarda ağırlıkları azalmıştır.

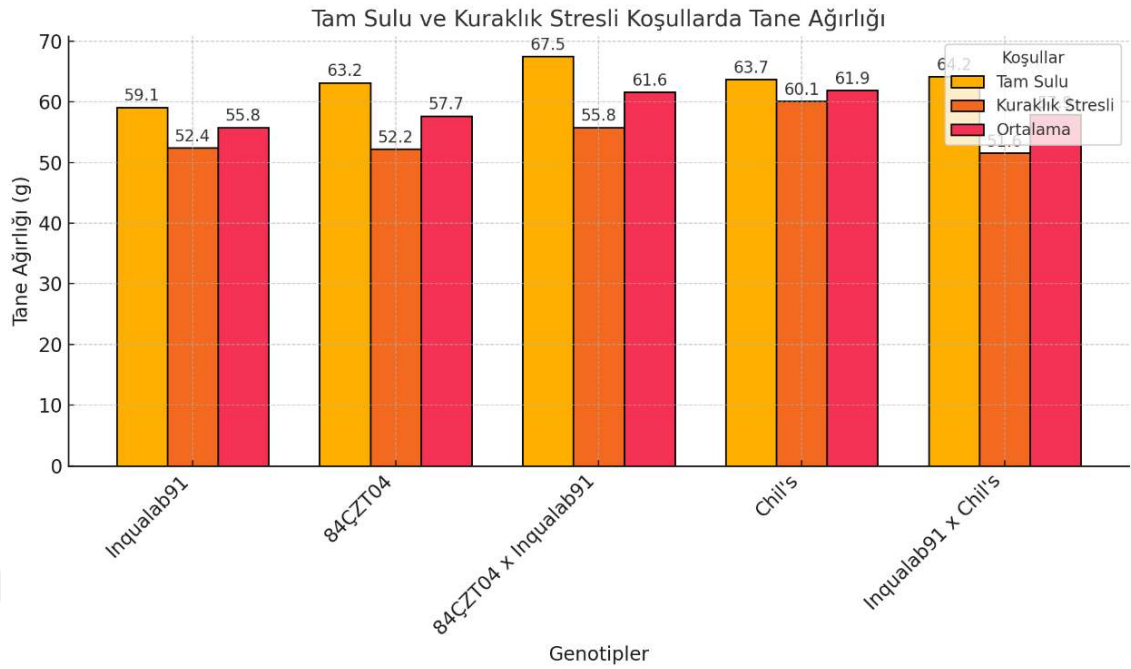
Tam sulu koşullarda genotip çeşitlilik, tane ağırlığı üzerinde belirgin bir fark yaratırken, kuraklık stresli koşullarda bu fark daha sınırlı hale gelmiştir. 84ÇZT04 x Inqualab91 ve Chil's genotipleri, her iki sulama koşulunda da yüksek tane ağırlığı ile dikkat çekmiştir. Bu bulgular, kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek tane ağırlığına sahip genotiplerin belirlenmesinde sulama yönetiminin ve genotip faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.22 Tane Ağırlığına ait Ortalama Değerler (g/saksı)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları: Tam Sulu	Yetiştirme Koşulları: Kurak Stresli	Ortalama
Inqualab91	59,1	52,4	55,8
84ÇZT04	63,2	52,2	57,7
84ÇZT04 × Inqualab91	67,5	55,8	61,6
Chil's	63,7	60,1	61,9
Inqualab91 × Chil's	64,2	51,6	57,9
Ortalama	63,5 A	54,4 B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin farklı sulama koşullarında gösterdikleri ortalama tane ağırlıklarına ilişkin veriler grafiksel olarak da sunulmuştur. Grafik, sulama uygulamasının tane ağırlığı üzerindeki belirleyici etkisini açıkça ortaya koyarken, genotipler arasında gözlenen sınırlı farklılıkları da görsel olarak desteklemektedir. Bu kapsamda hazırlanan grafik, özellikle Chil's ve 84ÇZT04 × Inqualab91 genotiplerinin her iki koşulda da yüksek tane ağırlığı değerlerini koruduğunu ortaya koymak amacıyla Şekil 4.11'de sunulmuştur.



Şekil 4.11 Tane Ağırlığı Değişimlerinin Grafikte Gösterimi

Bu çalışmada, ekmeklik buğday çeşit ve melez popülasyonlarının tane ağırlığı üzerindeki verim performansı, özellikle sulama uygulamaları açısından detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan varyans analizinde, sulama (S) faktörü, tane ağırlığı üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$) ve bu durum, sulamanın bu özelliğin temel belirleyicisi olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık, genotip (G) ve sulama x genotip ($S \times G$) interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır; yani genotip farklılıkları ve genotiplerin çevresel koşullara verdiği yanıtlar tane ağırlığında belirgin farklılıklara yol açmamıştır. Bu da genotipler arasında bu özelliğe dair varyasyonun sınırlı olduğunu ve bu özelliğin öncelikli olarak çevresel faktörlerden etkilendiğini göstermektedir.

Bu sonuçlar, Abd El-Gawad ve arkadaşlarının (2005) çalışmasıyla doğrudan örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada da, özellikle süt olum döneminde uygulanan su kısıtının tane ağırlığını düşürdüğü, bunun nedeninin ise fotosentez ürünlerinin başaklara taşınmasındaki aksama olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmada, normal sulama koşullarında bazı genotiplerin üstün performans gösterdiği; örneğin *Sakha 69* genotipinin tane ağırlığı bakımından olumlu sonuçlar verdiği, *Giza 168*'in ise kurak koşullarda daha düşük verim gösterdiği, ancak bazı dengeleyici özellikler sergilediği aktarılmıştır. Ayrıca, potasyum sülfat gibi destekleyici kimyasalların kullanımıyla

kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin azaltılabileceği vurgulanmıştır. Bu noktada, bu çalışmada yalnızca sulama koşulları değerlendirilmiş olsa da, stresin etkilerinin azaltılmasına yönelik farklı destek uygulamaları gelecekteki araştırmalar için dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada tam sulu koşullarda ortalama tane ağırlığı 63,5 g, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer 54,4 g olarak ölçülmüş ve bu da yaklaşık %14 oranında bir azalmaya karşılık gelmektedir. Bu düşüş, Chil's ve 84ÇZT04 x Inqualab91 genotiplerinde diğerlerine kıyasla daha sınırlı kalmış; özellikle Chil's, hem tam sulu (63,7 g) hem de kuraklık stresli (60,1 g) koşullarda yüksek performans göstererek bu özelliğe karşı dirençli yapısını kanıtlamıştır. 84ÇZT04 x Inqualab91 ise benzer şekilde hem sulu (67,5 g) hem de kurak koşullarda (55,8 g) dayanıklılığını korumuştur. Buna karşılık, Inqualab91 genotipi her iki koşulda da nispeten düşük değerlerle dikkat çekmiştir (tam sulu: 59,1 g – kurak: 52,4 g).

Bu bulgular, genotip farklılıklarının tane ağırlığı üzerinde sınırlı rol oynasa da, belirli genotiplerin sulama koşullarına karşı daha az duyarlılık gösterdiğini ve yüksek performansını sürdürebildiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ıslah çalışmalarında tane ağırlığını belirleyen başlıca unsurun sulama olduğu kabul edilse de, genotipik stabilitenin göz önünde bulundurulması oldukça değerlidir.

Sonuç olarak, hem bu çalışma hem de literatürdeki benzer çalışmalar, tane ağırlığı üzerinde sulamanın baskın etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak bu genel eğilimin içinde Chil's gibi bazı genotiplerin çevresel değişimlere karşı dayanıklılığını sürdürebilmesi, ıslah programları için önemli bir avantaj sunmakta ve kuraklık stresine toleranslı, verimi yüksek genotiplerin seçiminde yol gösterici olmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, sulama uygulamalarıyla birlikte besin takviyesi ve destek uygulamalarının bu verim bileşeni üzerindeki etkilerinin de değerlendirilmesi önerilmektedir.

4.12 Hasat indeksi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının hasat indeksi değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü biyolojik verim üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Bu da sulama yönetiminin hasat verimliliği açısından kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık, genotipler (G) ve sulama x genotip (S x G) interaksiyonları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, genotip farklılıklarının ve sulama-genotip interaksiyonlarının hasat indeksi üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.23 Hasat İndeksi için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	70,95	14,19	2,46	öd
Sulama (S)	1	594,01	594,01	103,34	**
Genotipler (G)	4	51,84	12,96	2,25	öd
Sulama x Genotip (SxG)	4	65,11	16,27	2,83	öd
Hata	25	143,70	5,74		
Değişim Katsayısı (DK): 6,90%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama hasat indeksi değerleri Çizelge 4.24'te karşılaştırılmıştır.

Tam sulu koşullarda ortalama hasat indeksi 39,4% olarak ölçülmüş, kuraklık stresli koşullarda bu değer belirgin şekilde azalarak 31,3%'e düşmüştür. Bu sonuç, kuraklık stresinin hasat indeksini önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, tam sulu koşullarda en yüksek hasat indeksi Chil's genotipine aittir (42,7%). Bu genotip, kuraklık stresli koşullarda da hasat indeksini nispeten yüksek bir seviyede tutarak (32%) dayanıklılık açısından öne çıkmıştır. 84ÇZT04, tam sulu koşullarda 38,4% hasat indeksi ile diğer genotiplere benzer bir

performans sergilerken, kuraklık stresli koşullarda bu değer 34,5%'e düşmüş ve kuraklık koşullarında en yüksek hasat indeksine sahip genotiplerden biri olmuştur. Inqualab91, hem tam sulu (39,9%) hem de kuraklık stresli (28,2%) koşullarda daha düşük hasat indeksine sahip genotiplerden biri olmuştur.

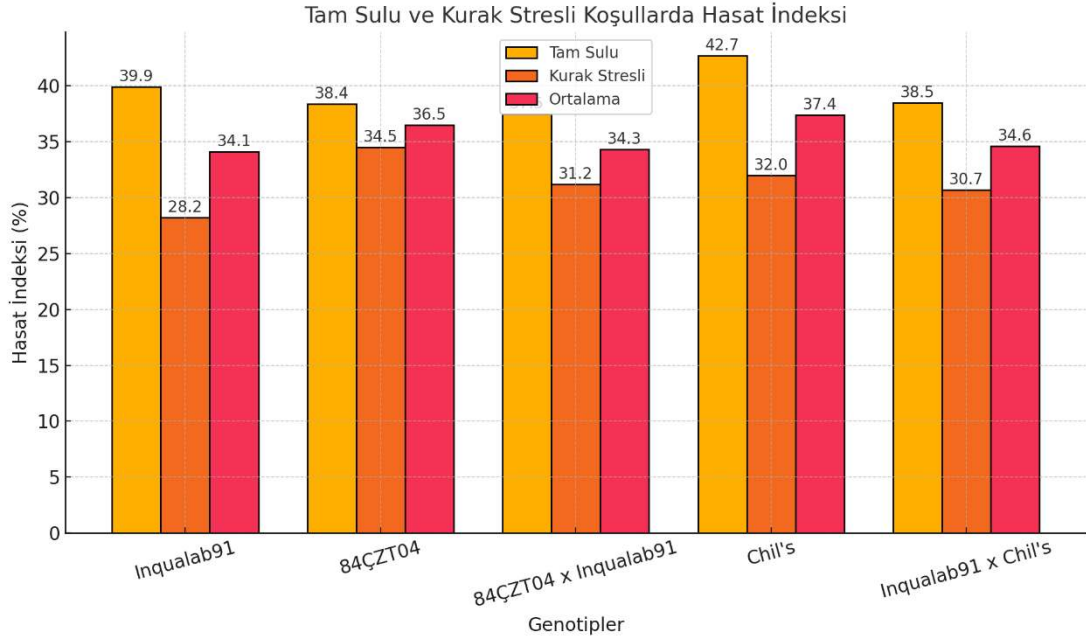
Tam sulu koşullarda genotip çeşitlilik, hasat indeksinde belirgin farklılıklar yaratırken, kuraklık stresli koşullarda bu etki sınırlı kalmıştır. Chil's, her iki koşulda da yüksek hasat indeksi ile öne çıkarken, 84ÇZT04 kuraklık stresine dayanıklılık açısından dikkat çekmiştir. Bu bulgular, hasat indeksinin artırılmasında sulama yönetiminin önemini ve genotip faktörlerin özellikle sulama koşullarında daha etkili olduğunu vurgulamaktadır. Kuraklık stresine dayanıklı ve yüksek hasat verimliliğine sahip genotiplerin geliştirilmesinde sulama stratejilerinin ve genotip özelliklerin birlikte ele alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.24 Hasat İndeksine ait Ortalama Değerler (%)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:	Yetiştirme Koşulları:	Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	39,9	28,2	34,1
84ÇZT04	38,4	34,5	36,5
84ÇZT04 × Inqualab91	37,5	31,2	34,3
Chil's	42,7	32,0	37,4
Inqualab91 × Chil's	38,5	30,7	34,6
Ortalama	39,4 A	31,3 B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin farklı sulama koşullarında gösterdikleri ortalama hasat indeksi değerleri grafiksel olarak da sunulmuştur. Grafik, sulama uygulamasının hasat indeksini artırmada önemli bir etkiye sahip olduğunu net bir şekilde göstermekte; özellikle Chil's ve 84ÇZT04 genotiplerinin her iki koşulda da görece yüksek hasat verimliliği ile dikkat çektiğini ortaya koymak amacıyla Şekil 4.12'de sunulmuştur.



Şekil 4.12 Hasat İndeksi Değişimlerinin Grafikte Gösterimi

Bu çalışmada, ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının hasat indeksi değerleri, hem sulama hem de kuraklık stresli koşullarda detaylı şekilde incelenmiş ve bu özelliğe etki eden temel faktörler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan varyans analizine göre sulama (S) faktörü, hasat indeksi üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$). Bu bulgu, sulama uygulamalarının hasat verimliliğini belirleyen en önemli etken olduğunu göstermektedir. Buna karşın, genotipler (G) ve sulama x genotip (S x G) interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur, yani genotip farklılıklarının ve genotiplerin çevresel koşullara tepkilerinin hasat indeksi üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu durum, Bayhan ve arkadaşlarının (2025) çalışmasındaki bulgularla oldukça paralellik göstermektedir. Söz konusu araştırmada, farklı buğday genotiplerinin sulama eksikliğine karşı gösterdiği hasat indeksi tepkileri analiz edilmiş ve sulama faktörünün hasat indeksi üzerinde en baskın değişken olduğu vurgulanmıştır. Özellikle *Giza 168* ve *Sakha 93* gibi çeşitler karşılaştırıldığında, biyolojik verimi yüksek olan genotiplerin kuraklık stresinde her zaman yüksek hasat indeksine sahip olmadığı, buna karşın bazı genotiplerin kaynak kullanım verimliliğiyle (*source-sink* ilişkisi) öne çıktığı bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca, kuraklık stresinin terminal dönemde

fotosentezdeki düşüş ve karbonhidrat taşınımındaki aksaklıklar nedeniyle hasat indeksini önemli ölçüde azaltabileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmada da bu etkiler net biçimde gözlemlenmiştir. Tam sulu koşullarda ortalama hasat indeksi 39,4% iken, kuraklık stresli koşullarda bu değer 31,3%'e düşmüştür. Bu, yaklaşık %20 oranında bir azalma anlamına gelmekte olup sulama yetersizliğinin doğrudan verim bileşenlerinden biri olan hasat indeksine olumsuz etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Chil's genotipi tam sulu koşullarda en yüksek hasat indeksine (42,7%) ulaşmış ve kuraklık stresinde bu değeri 32%'ye kadar koruyarak stabil bir genotip profili sergilemiştir. Benzer şekilde, 84ÇZT04, kuraklık stresli koşullarda 34,5% ile en yüksek hasat indeksine sahip genotiplerden biri olmuş, bu da onun stres koşullarına daha iyi uyum sağladığını göstermektedir.

Genel olarak incelendiğinde, hasat indeksi üzerine genotip faktörlerin etkisi tam sulu koşullarda bir miktar görünür hale gelse de, kuraklık koşullarında bu etki belirgin şekilde azalmaktadır. Sulama yönetimi, bu verim bileşeni üzerinde belirleyici faktör olarak öne çıkarken, genotipik farklılıklar bu etkinin gölgesinde kalmaktadır. Bu bağlamda, sulama stratejileri, özellikle hızlı ıslah sistemlerinde hasat indeksi gibi kaynak kullanım verimliliğini artırmaya yönelik çalışmalarda öncelikli bir müdahale aracı olarak düşünülmelidir.

Sonuç olarak, hem literatürdeki çalışmalar hem de bizim bulgularımız, hasat indeksinin çevresel stres koşullarına oldukça duyarlı bir özellik olduğunu, ancak genotip temelli dayanıklılığın belirli genotiplerde (örneğin 84ÇZT04 ve Chil's) daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Bu veriler ışığında, kuraklığa toleranslı, yüksek hasat indeksi sergileyen genotiplerin belirlenmesi ve sulama rejimlerinin buna göre optimize edilmesi, ıslah çalışmalarında sürdürülebilir verimlilik hedefi açısından kritik öneme sahiptir.

4.13 Protein oranı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının protein oranı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz

sonuçlarına göre, sulama (S), genotip ve sulama x genotip etkileri interaksyonu önemsiz bulunmuştur.

Genotip (G) faktörü ve sulama x genotip (S x G) interaksyonu etkilerinin protein oranı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir

Protein oranı üzerinde incelenen hiçbir faktör istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratmamıştır. Sulama koşulları, genotip farklılıklar ve genotip-sulama interaksyonları protein oranını etkilememiştir. Bu bulgular, buğdayın protein oranının diğer çevresel veya genotip olmayan faktörler tarafından daha fazla etkilenebileceğini ve bu özellik üzerinde sulama veya genotip çeşitliliğin sınırlı bir rol oynadığını göstermektedir. Bu durum, protein oranını iyileştirmek için farklı yönetim stratejilerinin ve çevresel koşulların araştırılmasını gerektirmektedir.

Çizelge 4.25 Protein Oranı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Tekerrür	5	13,18	2,63	1,25 öd
Sulama (S)	1	0,27	0,27	0,12 öd
Genotipler (G)	4	5,65	1,41	0,67 öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	5,48	1,37	0,65 öd
Hata	25	52,68	2,10	
Değişim Katsayısı (DK): 7,47%				

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama protein oranı değerleri Çizelge 4.26'da karşılaştırılmıştır.

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki protein oranı değerleri incelendiğinde sulama koşulları ve genotip farklılıklarının protein oranı üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı görülmektedir. Bu durum hızlı ıslah koşullarında protein oranı yönünden kuraklık yönünden seleksiyon yapmanın pek başarılı olamayacağını ve hızlı ıslah koşullarında protein oranı

yönünden genotipik farklılıkların değerlendirilmesi için ilave çalışmalar yürütülmesi gerekeceğini göstermektedir.

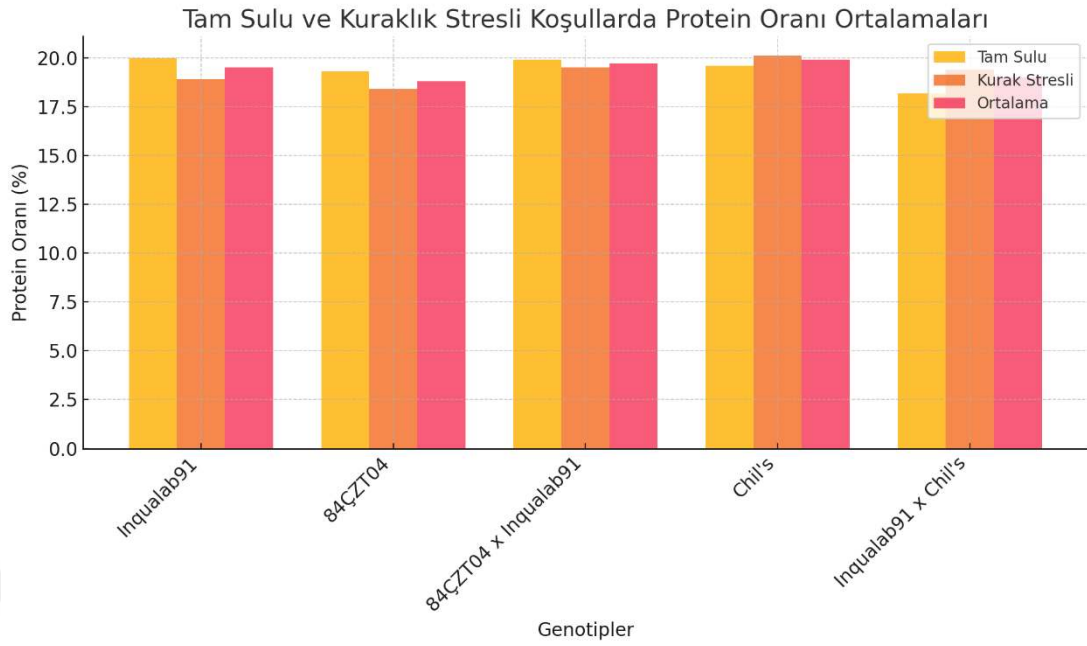
Genotip bazında incelendiğinde, tüm genotiplerin hem tam sulu hem de kuraklık stresli koşullarda protein oranı açısından birbirine yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Chil's genotipi kuraklık stresli koşullarda 20,1% protein oranı ile en yüksek değeri gösterirken, tam sulu koşullarda ise 19,6% protein oranına sahiptir. 84ÇZT04 x Inqualab91, hem tam sulu (19,9%) hem de kuraklık stresli koşullarda (19,5%) yüksek ve tutarlı bir protein oranı göstermiştir. Inqualab91 genotipi ise tam sulu koşullarda 20%, kuraklık stresli koşullarda 18,9% protein oranı ile diğer genotiplerle benzer bir performans sergilemiştir.

Çizelge 4.26 Protein Oranına ait Ortalama Değerler (%)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	20,0	18,9	19,5
84ÇZT04	19,3	18,4	18,8
84ÇZT04 × Inqualab91	19,9	19,5	19,7
Chil's	19,6	20,1	19,9
Inqualab91 × Chil's	18,2	19,4	19,0
Ortalama	20,0	19,0	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Farklı genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama protein oranlarını karşılaştırmalı olarak gösteren grafik, sulama uygulamalarının protein oranı üzerinde belirgin bir etki yaratmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Grafiksel veriler, tüm genotiplerin her iki koşulda da benzer düzeylerde protein oranına sahip olduğunu göstermekte ve varyans analiz bulgularını görsel olarak desteklemek amacıyla Şekil 4.13'te sunulmuştur.



Şekil 4.13 Protein Oranı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bu çalışmada, ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının protein oranı, hem tam sulu hem de kuraklık stresli koşullarda değerlendirilmiş ve varyans analiz sonuçlarına göre sulama (S), genotip (G) ve sulama $\times$ genotip ($S \times G$) interaksiyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgu, protein oranı üzerinde incelenen hiçbir faktörün belirleyici olmadığını ve bu özelliğin büyük oranda çevresel veya yönetimsel diğer faktörlere bağlı olabileceğini göstermektedir.

Protein oranı açısından genotipler arası farklar görünüşte mevcut olsa da, bu farklılıklar istatistiksel güven düzeyine ulaşmamıştır. Örneğin, Chil's genotipi, kuraklık stresli koşullarda %20,1 protein oranı ile en yüksek değeri göstermesine rağmen, bu artış istatistiksel olarak anlamlı kabul edilememektedir. Aynı şekilde, 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipi, her iki sulama koşulunda da tutarlı ve yüksek protein oranı değerleri sergilemiş (%19,9 - %19,5), ancak bu durum varyans analizinde öne çıkmamıştır. Bu bağlamda, hızlı ıslah koşullarında protein oranı yönünden seleksiyon yapılmasının zorlukları ortaya çıkmaktadır.

Bu sonuçlar, El-Ashry ve El-Kholy (2005) tarafından yapılan çalışmanın bulgularıyla büyük oranda örtüşmektedir. İlgili çalışmada da, sulama düzeylerinin protein oranı üzerinde belirgin bir etki yaratmadığı vurgulanmış; farklı buğday genotipleri arasında

gözlenen protein farklılıklarının, istatistiksel olarak anlamlı olmadıkları ifade edilmiştir. Araştırmada ayrıca, besin elementlerinin –özellikle azot ve potasyum– protein oranı üzerinde etkili olabileceği belirtilmiş, ancak sulama-genotip interaksiyonun bu parametreye katkısının oldukça sınırlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgu, bu çalışmadaki verilerle doğrudan uyushmaktadır.

Protein oranının bu denli durağan bir yapıda seyretmesi, bitkideki azot metabolizması, karbon-nitrojen dengesine dayalı biyokimyasal süreçler, toprak yapısı, gübreleme rejimi ve mikroiklim koşulları gibi daha karmaşık etkenlerin rol oynadığını düşündürmektedir. Ayrıca, hızlı ıslah koşullarında kullanılan kontrollü fotoperiyot, ısı ve ışık sistemleri, protein oranında baskın etki gösteren dışsal stres faktörlerini azaltıyor olabilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, protein oranının artırılmasında sulama yönetiminin veya genotip seleksiyonun tek başına yeterli olmadığını, bu alanda besin elementi takviyesi, yetiştirme ortamı koşulları ve fizyolojik süreçlerin detaylı analizini içeren çok yönlü yaklaşımların daha etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Hızlı ıslah sistemlerinde protein oranına yönelik güvenilir seleksiyon yapmak istiyorsak, daha hedefli çevresel düzenlemelere ve entegre tarımsal uygulamalara ihtiyaç olduğu aşikârdır.

4.14 Yağ oranı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının yağ oranı değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü yağ üzerinde son derece anlamlı bir etki göstermiştir ($P \leq 0,01$).

Bu varyans analizi, ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının yağ oranı üzerindeki farklı faktörlerin etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, sulama (S) faktörü yağ oranı üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir ($P \leq 0,01$). F değeri 12,74 olarak hesaplanmış ve sulama uygulamasının yağ oranını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Sulama, yağ oranını belirlemede etkili bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Buna karşılık, genotipler (G) faktörü ve sulama x genotip (S x G) interaksyonu yağ oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır. F değerleri sırasıyla 2,01 ve 0,74 olarak hesaplanmıştır, bu da genotip çeşitliliğin ve genotip-sulama interaksyonunun yağ oranı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Tekerrür için F değeri 1,8 olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Hata varyansı 0,01 olarak belirlenmiş ve değişim katsayısı (DK) 17,39 olarak hesaplanmıştır. DK'nin nispeten yüksek olması, verilerdeki değişkenliğin sulama ve genotip faktörlerden ziyade hata kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir.

Yağ oranı üzerindeki temel belirleyici faktör sulama uygulamasıdır. Sulama, yağ oranını artırmada anlamlı bir etkiye sahipken, genotip farklılıkları ve genotip-sulama interaksyonları bu özelliği anlamlı bir şekilde etkilememiştir. Bu sonuçlar, yağ oranının artırılmasına yönelik çalışmalarda sulama yönetiminin dikkate alınması gerektiğini ve genotip çeşitliliğin bu özelliğe katkısının sınırlı olduğunu göstermektedir. Yağ oranının iyileştirilmesi için sulama dışındaki çevresel ve yönetimsel faktörlerin araştırılması önerilmektedir.

Çizelge 4.27 Yağ Oranı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	
Tekerrür	5	0,16	0,03	1,80	öd
Sulama (S)	1	0,23	0,23	12,74	**
Genotipler (G)	4	0,14	0,03	2,01	öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	0,05	0,01	0,74	öd
Hata	25	0,46	0,01		
Değişim Katsayısı (DK): 17,39%					

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama yağ oranı değerleri Çizelge 4.28'de karşılaştırılmıştır.

Tam sulu koşullarda ortalama yağ oranı 0,88%, kuraklık stresli koşullarda ise 0,72% olarak ölçölmüştür. Bu fark, sulama koşullarının yağ oranını artırmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

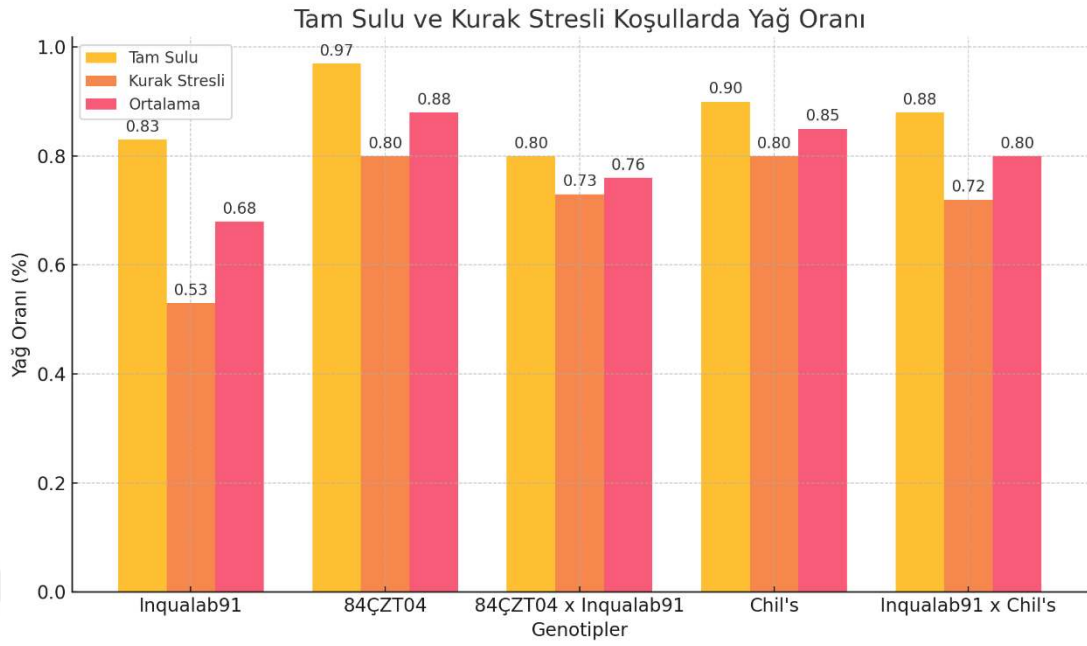
Genotip bazında incelendiğinde, tam sulu koşullarda en yüksek yağ oranına 84ÇZT04 genotipi sahip olmuştur (0,97%). Bu genotip, kuraklık stresli koşullarda da yağ oranını 0,8% seviyesinde korumuş ve her iki koşulda da yüksek performans sergilemiştir. Chil's genotipi de tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda sırasıyla 0,9% ve 0,8% yağ oranı ile benzer bir değer göstermiştir.

Çizelge 4.28 Yağ Oranına ait Ortalama Değerler (%)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları:		Ortalama
	Tam Sulu	Kurak Stresli	
Inqualab91	0,83	0,53	0,68
84ÇZT04	0,97	0,80	0,88
84ÇZT04 × Inqualab91	0,80	0,73	0,76
Chil's	0,90	0,80	0,85
Inqualab91 × Chil's	0,88	0,72	0,80 B
Ortalama	0,88 A	0,72 B	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda genotiplerin ortalama yağ oranlarını karşılaştıran grafik, sulama uygulamasının bu özellik üzerindeki belirgin etkisini görsel olarak da ortaya koymaktadır. Grafik, özellikle tam sulu koşullarda genotiplerin daha yüksek yağ oranlarına ulaştığını ve kuraklık stresinin bu oranı anlamlı şekilde düşürdüğünü göstermek amacıyla şekil 4.14'te sunulmuştur.



Şekil 4.14 Yağ Oranı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bu çalışmada, ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının yağ oranı üzerine yapılan varyans analizinde, sulama (S) faktörünün istatistiksel olarak son derece anlamlı ($P \leq 0,01$) bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, genotipler (G) ve sulama x genotip ($S \times G$) interaksyonu, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, yağ oranının sulama rejiminden güçlü şekilde etkilendiğini, ancak genotipik varyasyonun bu özelliğe katkısının sınırlı kaldığını göstermektedir.

Çizelge 30'daki sonuçlar, tam sulu koşullarda yağ oranının ortalama %0,88 olduğunu, kuraklık stresli koşullarda ise bu değer %0,72'ye düştüğünü ortaya koymuştur. Sulama uygulamasının yağ oranını artırdığı net biçimde görülmektedir. Genotip düzeyinde değerlendirildiğinde, 84ÇZT04 ve Chil's genotipleri hem tam sulu hem de kurak koşullarda yüksek yağ oranları sergilemişlerdir. Özellikle 84ÇZT04, tam sulu koşullarda %0,97 ile en yüksek değeri göstermiştir. Ancak bu genotipler arası farklar istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı için, bu üstünlükler dikkat çekici olmakla birlikte genel anlamda güvenilir seleksiyon kriteri olarak değerlendirilememektedir.

Bulgularımız, El-Ashry ve El-Kholy (2005) ile Eid, Ibrahim ve Kassab (2004) gibi önceki çalışmalarda bulgularla paralellik göstermektedir. El-Ashry ve El-Kholy'nin araştırmalarında, sulama kesintilerinin yağ, protein ve potasyum gibi kimyasal içeriklerde düşüşe neden olduğu; fakat bu düşüşlerin foliar (yapraktan) uygulanan

potasyum sülfat veya magnezyum karbonat gibi bileşiklerle telafi edilebildiği belirtilmiştir. Bu durum, bu çalışmada da gözlemlenen sulamanın yağ oranı üzerindeki etkisini desteklemektedir.

Benzer şekilde, Eid ve arkadaşlarının yürüttüğü araştırmada da, sulama rejimlerinin buğdayın kimyasal bileşimi üzerindeki etkileri vurgulanmış; yağ oranındaki değişimlerin, yalnızca su eksikliğiyle değil, aynı zamanda uygulanan diğer tarımsal yöntemlerle de şekillendiği ifade edilmiştir. Yağ oranının stabil kalabilmesi için yalnızca sulama değil, gübreleme ve dış uygulamalarla birlikte yürütülen bütünsel bir tarım yönetimi gerektiği önerilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada da yağ oranı üzerinde sulamanın belirleyici olduğu, ancak genotipik varyasyonun tek başına yeterli bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Bu bulgular, yağ oranı gibi kalite parametrelerinin iyileştirilmesinde sulama yönetiminin stratejik önemini ortaya koyarken; genotipik seleksiyonun tek başına yeterli olmadığını, bu özelliğin geliştirilmesi için dıştan müdahaleler ve çevresel optimizasyonların da dâhil olduğu çok yönlü yaklaşımların gerekli olduğunu göstermektedir.

4.15 Gluten oranı

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının gluten değerleri üzerindeki farklı faktörlerin etkisini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, sulama (S), genotip ve sulama x genotip etkileri interaksyonu önemsiz bulunmuştur.

Gluten değerlerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmaların, sulama ve genotip çeşitliliğinin ötesinde farklı yönetim stratejileri veya çevresel etkiler üzerine odaklanması gerektiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.29 Gluten Oranı için Varyans Analizine ait Özet Sonuçlar

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Tekerrür	5	70,47	14,09	1,22 öd
Sulama (S)	1	1,28	1,28	0,11 öd
Genotipler (G)	4	30,91	7,72	0,67 öd
Sulama × Genotip (S×G)	4	26,92	6,73	0,58 öd
Hata	25	288,34	11,53	
Değişim Katsayısı (DK): 8,14%				

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

SD: Serbestlik Derecesi

Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki ortalama glüten oranı değerleri Çizelge 4.30'da karşılaştırılmıştır.

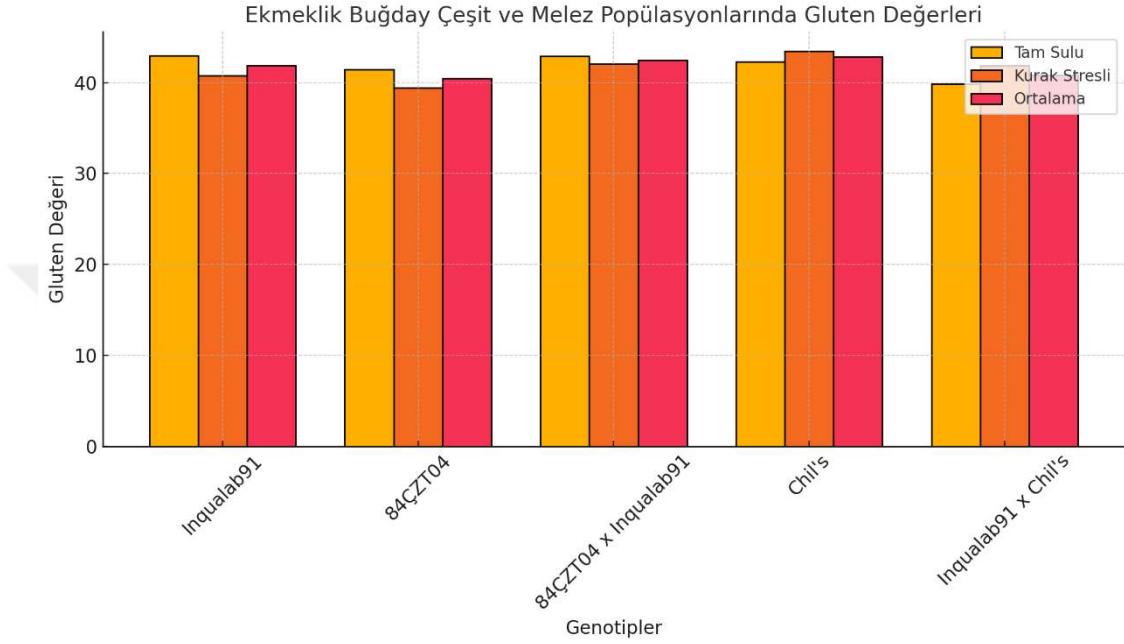
Ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının tam sulu ve kuraklık stresli koşullardaki gluten değerleri incelendiğinde, sulama koşullarının gluten üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Genotipler her iki sulama koşulunda da benzer gluten değerleri göstermiştir. Chil's genotipi, kuraklık stresli koşullarda 43,44 gluten değeri ile en yüksek performansı sergilemiştir ve sulama koşullarından etkilenmediği görülmüştür. 84ÇZT04 x Inqualab91 genotipi, her iki koşulda da yüksek gluten değerleriyle (tam sulu: 42,92, kuraklık stresli: 42,04) dikkat çekmiştir. Buna karşılık, 84ÇZT04 genotipi, tam sulu (41,44) ve kuraklık stresli (39,44) koşullarda daha düşük gluten değerleri göstermiştir.

Çizelge 4.30 Gluten Oranına ait Ortalama Değerler (%)

Genotipler	Yetiştirme Koşulları: Tam Sulu	Yetiştirme Koşulları: Kurak Stresli	Ortalama
Inqualab91	42,94	40,77	41,85
84ÇZT04	41,44	39,44	40,44
84ÇZT04 × Inqualab91	42,92	42,04	42,48
Chil's	42,27	43,44	42,85
Inqualab91 × Chil's	39,85	41,85	40,85
Ortalama	41,88	41,51	

Aynı sütundaki farklı harfler $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerin tam sulu ve kuraklık stresli koşullarda gösterdiği ortalama gluten değerlerini karşılaştıran grafik, sulama uygulamasının bu parametre üzerinde belirgin bir değişiklik oluşturmadığını görsel olarak da desteklemektedir. Grafik, genotiplerin gluten içeriğinde her iki koşulda da benzer düzeylerde performans sergilediğini ortaya koymak amacıyla Şekil 4.15’te sunulmuştur.



Şekil 4.15 Gluten Oranı Değişimlerinin Grafikle Gösterimi

Bu çalışmada, ekmeklik buğday çeşitleri ve melez popülasyonlarının gluten oranları üzerine yapılan varyans analizinde, sulama, genotipler ve sulama × genotip interaksiyonu faktörlerinin hiçbirinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür ($P>0.05$). Bu durum, gluten miktarının değerlendirilmesinde sulama yönetiminin ya da genotip çeşitliliğin tek başına belirleyici olmadığını göstermektedir. Gluten değerlerinin geliştirilmesi için, genotipik seçim ve çevre interaksiyonlarının ötesinde, özellikle besin elementleri yönetimi, toprak yapısı, mineral dengesi gibi tarımsal ve çevresel koşulların dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 32’ye göre, tam sulu koşullarda ortalama gluten değeri %41,88, kuraklık stresli koşullarda ise %41,51 olarak ölçülmüş olup, bu farkın istatistiksel olarak anlamsız olması, sulama eksikliğinin gluten içeriğini önemli ölçüde değiştirmedini

göstermektedir. Bu durum, gluten oranının hızlı ıslah koşullarında güvenilir bir seleksiyon kriteri olmayabileceğini işaret etmektedir.

Genotip bazında değerlendirildiğinde, Chil's genotipi kuraklık stresli koşullarda %43,44 ile en yüksek gluten değerine ulaşarak çevresel stresten en az etkilenen genotip olmuştur. Yine, 84ÇZT04 × Inqualab91 genotipi hem tam sulu (%42,92) hem de kuraklık stresli (%42,04) koşullarda yüksek ve dengeli gluten performansı sergilemiştir. Bu genotiplerin gluten yönünden istikrarlı yapıları, kalite odaklı ıslah programları açısından dikkate değer bulunabilir. Ancak, genotipler arasında görülen bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için, yalnızca ortalama değerler üzerinden bir üstünlük yorumu yapılabilmektedir.

Bu bulgular, Bayhan ve arkadaşları (2025) tarafından yürütülen araştırmanın sonuçlarıyla tam bir uyum içindedir. Bahsi geçen çalışmada da sulama, genotip ve interaksiyon etkilerinin gluten değeri üzerinde anlamlı olmadığı, gluten içeriğinin daha çok biyokimyasal süreçler, toprak-besin dengesi ya da dolum dönemi çevresel koşulları gibi unsurlara bağlı olduğu ifade edilmiştir. Özellikle terminal dönemdeki sıcaklık değişimleri, karbon/nitrojen dengesizlikleri ve bitki içi fizyolojik kaynak-yük ilişkisi, gluten miktarını dolaylı olarak etkileyebilecek başlıca faktörler olarak tanımlanmıştır.

Sonuç olarak, gluten oranı gibi kalite parametrelerinin geliştirilmesi için genotip seleksiyonunun yanı sıra agronomik uygulamaların optimize edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Kuraklık stresine karşı gluten stabilitesini koruyan genotiplerin varlığı umut verici olsa da, bu özelliğin anlamlı seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi için daha geniş popülasyon ve uzun dönemli çevre gözlemlerine dayalı araştırmalar gerekmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ekmeklik buğday melez ve anaç popülasyonlarının hızlı ıslah sistemi altında kuraklık stresine toleransları fizyolojik, morfolojik ve tane verimi yönünden değerlendirilmiş ve önemli bulgular elde edilmiştir. Araştırma kapsamında, genotiplerin agronomik, fizyolojik ve kalite özellikleri üzerinde sulama koşullarının ve genotip çeşitliliğinin etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Kuraklık stresi, başaklanma süresini önemli ölçüde kısaltmıştır. Genotipler arasında başaklanma süresi açısından anlamlı farklılıklar gözlenmiş, özellikle 84ÇZT04 x Inqualab91 melez popülasyonu en kısa başaklanma süresini göstermiştir. Bu durum, kuraklık stresinin bitkilerin fenolojik gelişimini hızlandırdığını ortaya koymaktadır.

Sulama koşulları bitki boyu üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmuştur. Kuraklık stresi, bitki boyunu önemli ölçüde azaltmıştır. Genotipler arasında bitki boyu açısından anlamlı farklılıklar gözlenmemiş, kuraklık stresinin ortalama bitki boyunu 66.4 cm'den 59.6 cm'ye düşürdüğü gözlemlenmiştir. Inqualab91 genotipi kuraklık koşullarında nispeten daha az etkilenmiştir.

Kuraklık stresi altında SPAD değerleri artmış, bu da bitkilerin kuraklığa karşı fizyolojik bir adaptasyon geliştirdiğini göstermiştir. 84ÇZT04 ve Inqualab91 genotipleri, kuraklık koşullarında en yüksek SPAD değerlerini sergileyerek tolerans potansiyellerini ortaya koymuştur.

Kuraklık stresi, biyolojik verim ve başak ağırlığını önemli ölçüde azaltmıştır. Kuraklık stresi altında ise genotipler arasındaki farklılıklar azalmıştır. Melez popülasyonların (84ÇZT04 x Inqualab91 ve Inqualab91 x Chil's) heterosis etkisiyle anaçlardan daha yüksek performans sergilediği gözlemlenmiştir. Chil's anacı ve 84ÇZT04 x Inqualab91 popülasyonu, tam sulu koşullarda en yüksek verim değerlerine ulaşmıştır.

Sap ağırlığı ve başak sayısı üzerinde sulama koşullarının etkisi belirgin olmuştur. Kuraklık stresi, bu özelliklerde ciddi düşüslere neden olmuştur. Genotipler arasında

sap ağırlığı açısından farklılıklar gözlenirken, başak sayısı üzerinde genotip etkisi sınırlı kalmıştır.

Protein, gluten ve yağ içeriği gibi kalite parametreleri üzerinde sulama ve genotip etkileri değerlendirilmiş, kuraklık stresinin bu özellikleri etkilediği gözlemlenmiştir.

Sonuçlar hızlı ıslah sistemlerinin kuraklık toleransı yüksek genotiplerin belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, genotip ve çevre interaksiyonlarının anlaşılmasına katkı sağlamış ve kuraklık toleransı ıslahı için önemli veriler sunmuştur. Gelecekte, bu bulguların desteklenmesi amacıyla daha geniş genotip havuzları ve farklı stres koşulları altında çalışmalar yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alahmad, S., Dinglasan, E., Leung, K. M., Riaz, A., Derbal, N., Voss-Fels, K. P., ... ve Hickey, L. T. (2018). Speed breeding for multiple quantitative traits in durum wheat. *Plant Methods*, 14(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0302-y>
- Avcıoğlu, R., Demiroğlu, G., Khalvati, M. A., ve Geren, H. (2003). Ozmotik Basıncın Bazı Kültür Bitkilerinin Erken Gelişme Dönemindeki Etkileri: II. Prolin, Klorofil Birikimi ve Zar Dayanıklılığı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 9–16.
- Aydın, M., Çelik, Ö., Yıldırım, M., ve Akıncı, C. (2022). Hızlı Islah Sisteminin Optimizasyonu: İdeal Hasat Zamanı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(3), 565–573. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1055794>
- Batista, L. A., Bandillo, N., Friskop, A., ve Green, A. (2024). Accelerating genetic gain through strategic speed breeding in spring wheat. *Crop Science*, 64(6), 3311–3322. <https://doi.org/10.1002/csc2.21380>
- Bayhan, M., ve Özkan, R. (2023). Hızlı Islah Koşullarında Farklı Işık Kaynaklarının Arpanın (*Hordeum vulgare* L.) Bitki Boyuna Etkisi. *EGE 10th International Conference on Applied Sciences*, İzmir, Türkiye, 1750–1754. <https://www.researchgate.net/publication/378041453>
- Bayhan, M., Özkan, R., Yorulmaz, L., Albayrak, Ö., ve Akıncı, C. (2022a). Hızlı Islah Sisteminin Optimizasyonu: Bitki Yetiştirme Tekniklerinin Etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(3), 541–556. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1055794>
- Bayhan, M., Özkan, R., Yorulmaz, L., ve Akıncı, C. (2024). Hızlı Islah Sisteminin Optimizasyonu: İdeal Hasat Zamanı. *Akademik Ziraat Dergisi*, 13(2), 310–318. <https://doi.org/10.29278/azd.1557055>
- Cha, J.-K., Park, H., Kwon, Y., Lee, S.-M., Jang, S.-G., Kwon, S.-W., ve Lee, J.-H. (2024). Synergizing breeding strategies via combining speed breeding, phenotypic selection, and marker-assisted backcrossing for the introgression of Glu-B1i in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1402709. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1402709>
- Chaudhary, N., ve Sandhu, R. (2024a). A comprehensive review on speed breeding methods and applications. *Euphytica*, 220, 42. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03300-x>
- Chaudhary, N., ve Sandhu, R. (2024b). A comprehensive review on speed breeding methods and applications. *Euphytica*, 220, 42. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03300-x>
- Chhabra, B., Thrasu, S., Wallace, S., Schoen, A., Shahoveisi, F., Dong, Y., Tiwari, V., ve Rawat, N. (2024). Evaluation of speed breeding conditions for accelerating

- Fusarium head blight and deoxynivalenol screening in wheat. *Crop Science*, 64(3), 1586–1594. <https://doi.org/10.1002/csc2.21226>
- Christopher, J., Richard, C., Chenu, K., Christopher, M., Borrell, A., ve Hickey, L. (2015). Integrating rapid phenotyping and speed breeding to improve stay-green and root adaptation of wheat in changing, water-limited, Australian environments. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 175–176. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.246>
- Demir, B., Karaduman, Y., ve Aydın, N. (2022). Hızlı Islah Teknolojisi Kullanılarak Ekmeklik Buğdayda Rekombinant Kendilenmiş Hat Popülasyonunun Geliştirilmesi. *Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(1), 36–57. <https://doi.org/10.55205/joctensa.12202269>
- El-Ashry, M. S., ve El-Kholy, M. A. (2005). Response of Wheat Cultivars to Chemical Desiccants under Water Stress Conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 1(2), 253–262.
- Erdemci, I. (2018). Evaluation of drought tolerance selection indices using grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). <https://core.ac.uk/download/201568605.pdf>
- Ghosh, S., Watson, A., Gonzalez-Navarro, O. E., Ramirez-Gonzalez, R. H., Yanes, L., Mendoza-Suárez, M., ... ve Hickey, L. T. (2018). Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. *Nature Protocols*, 13(12), 2944–2963. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0072-z>
- Golabadi, M., Arzani, A., ve Mirmohammadi Maibody, S. A. M. (2006). Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 1(5), 162–171. <http://www.academicjournals.org/AJAR>
- Gönülal, E. (2013). Dane mısırda farklı fenolojik dönemlerdeki kısıtlı su uygulamalarının verim ve verim öğelerine etkilerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Filek, W., ve Stabryla, J. (2003). Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant triticale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack). *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(1), 29–37.
- Keçeli, A., ve Ünver İkincikarakaya, S. (2013). The effects of different pre-crops on yield and yield components of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. <https://www.researchgate.net/publication/277323519>
- Keçeli, A., Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Şanal, T., ve Ünver İkincikarakaya, S. (2009). The effects of short-term vernalization applications to protein. <https://www.researchgate.net/publication/278019392>

- Kara, M., Karasu, A., Ünlü, M., ve Çetin, M. (2022). Mısır Bitkisinin Bitki Su Tüketimi ve Kısıtlı Sulama Uygulamaları. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 36(2), 101–108. <https://doi.org/10.15316/SUTAGID.2022.57>
- Kutlu, İ. (2010). Tahıllarda Kuraklık Stresi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 3(1), 35–41. <https://www.nobel.gen.tr>
- Outoukarte, I., El Keroumi, A., Dihazi, A., ve Naamani, K. (1970). Use of morpho-physiological parameters and biochemical markers to select drought tolerant genotypes of durum wheat. <https://core.ac.uk/download/236019034.pdf>
- Özer, H., Karadoğan, T., ve Oral, E. (1997). Bitkilerde su stresi ve dayanıklılık mekanizması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3), 488–495.
- Özkan, R., ve Bayhan, M. (2022). Tarla Bitkilerinde Hızlı Islah Yönteminin Kullanılabilirliği ve Uygulama Teknikleri. *Tarla Bitkilerinde Ekonomik Öneme Sahip Stratejik Ürünlerin Araştırılması*, Bölüm 5, 101–109. <https://www.researchgate.net/publication/365468692>
- Özkan, R., Bayhan, M., Yorulmaz, L., Albayrak, Ö., ve Akıncı, C. (2022). Hızlı Islah Uygulamasına Makarnalık Buğday Genotiplerinin Morfolojik Tepkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 671–681. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1065647>
- Özkan, R., Bayhan, M., Yorulmaz, L., Öner, M., Albayrak, Ö., Yıldırım, M., ve Akıncı, C. (2024). Genotypic Responses of Some Cereal Species to Speed Breeding Conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 62(1), 9–18. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/25.45>
- Özkan, R., Bayhan, M., Yıldırım, M., ve Akıncı, C. (2022). Makarnalık Buğdayda (*Triticum durum* L.) Generasyon Süresinin Kısaltılmasında Hızlı Islah Tekniğinin Uygulanabilirliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 292–298. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1065647>
- Öztürk, A., ve Akten, Ş. (1996). Buğday ve kuraklık stresi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 163–176.
- Pandey, P., Prasad, P. V. V., Gill, R. A., Gupta, D. K., ve Raza, A. (2022). Combining speed breeding with traditional and genomics - assisted breeding for crop improvement. *Plant Breeding*, 141(6), 607–625. <https://doi.org/10.1111/pbr.13075>
- Rai, K. K. (2022). Integrating speed breeding with artificial intelligence for developing climate-smart crops. *Molecular Biology Reports*, 49, 11385–11402.
- Rubel, F., ve Kotteck, M. (2010). Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification.

Meteorologische Zeitschrift, 19(2), 135–141. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2010/0430>

Singh, I., Sheoran, S., Kumar, B., Kumar, K., ve Rakshit, S. (2021). Speed breeding in maize (*Zea mays*) vis-à-vis in other crops: Status and prospects. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 91(9), 1267–1273. <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i9.116059>

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., ve Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98(3), 222–229.

Turfan, N., ve Mutlu, E. (2018). Determination of resistance Cumhuriyet-75 and Selimiye-95 wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties against to some abiotic stress factors. <https://core.ac.uk/download/201805325.pdf>

Watson, A., Ghosh, S., Williams, M. J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M. D., ... ve Hickey, L. T. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*, 4(1), 23–29. <https://doi.org/10.1038/s41477-017-0083-8>

Wang, G., Sun, Z., Yang, J., Ma, Q., Wang, X., Ke, H., Huang, X., Zhang, L., Wang, G., Gu, Q., Zhang, D., Wu, J., Zhang, Y., Wu, L., Zhang, G., Ma, Z., ve Wang, X. (2025). The speed breeding technology of five generations per year in cotton. *Theoretical and Applied Genetics*, 138, 79. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04837-8>

Yayla, E., Güleç, T., Sönmez, M. E., Demir, B., Mut, Z., ve Aydın, N. (2021). Hızlı Islah Teknolojisi ve Markör Destekli Geriye Melez Yöntemiyle Hasat Öncesi Başakta Çimlenmeye Toleranslı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Geliştirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 369–377. <https://doi.org/10.33202/comuagri.927986>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

ÜNAL, Şengül

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	
Lisans	Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü	2020
Lise		

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1.

2.

3.

4.

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Şengül ÜNAL		
Öğrenci No	22811007		
Ana Bilim Dalı	TARLA BİTKİLERİ		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	-		
Tez Başlığı	Ekmeklik Buğday Melez ve Anaçlarının Hızlı Islah Sisteminde Kuraklık Stresine Toleranslarının Belirlenmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	97		
Raporlama Tarihi	% 13		
Benzerlik Oranı (%)	23/06/ 2025		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 97 sayfalık kısmına ilişkin, 23/06/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☐Kaynaklar hariç
☐Alıntılar hariç/dâhil
☒Diğer (Her şey dâhil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Tez benzerlik oranı üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Şengül ÜNAL

Tarih: 23/06/2025

İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM

Tarih:23/06/2025

İmza:

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Cuma AKINCI

Tarih:23/06/2025

İmza: